

Тема:
Углеводы, липиды

Задачи:
Изучить строение, свойства и функции
углеводов и липидов в клетке.

Пименов А.В.

1. Характеристика углеводов

Углеводы, или **сахариды**, — органические вещества, в состав которых входит углерод, кислород, водород. Углеводы составляют около 1% массы сухого вещества в животных клетках, а в клетках печени и мышц — до 5%. Наиболее богаты углеводами растительные клетки (до 90% сухой массы).

Химический состав углеводов характеризуется их общей формулой $C_m(H_2O)_n$, где $m \geq n$. Количество атомов водорода в молекулах углеводов, как правило, в два раза больше атомов кислорода (то есть как в молекуле воды). Отсюда и название — углеводы.

Содержание в клетках химических соединений (в % от сырой массы)			
Неорганические соединения		Органические соединения	
Вода	75 - 85 %	Белки	10 - 15 %
Неорганические вещества	1,0 - 1,5 %	Жиры	1 - 5 %
		Углеводы	0,2 - 2,0 %
		Нуклеиновые кислоты	1 - 2 %
		Низкомолекулярные органические соединения	0,1 - 0,5 %

1. Характеристика углеводов

Различают две группы углеводов: простые сахара и сложные сахара, образованные остатками простых сахаров. Простые углеводы называют *моносахаридами*. Общая формула простых сахаров $(\text{CH}_2\text{O})_n$, где $n \geq 3$

Простые углеводы

Простые углеводы называют *моносахаридами*. В зависимости от числа атомов углерода в молекуле моносахаридов различают: *триозы (3C)*, *тетрозы (4C)*, *пентозы (5C)*, *гексозы (6C)*, *гептозы (7C)*.

Сложные углеводы

Сложными называют углеводы, молекулы которых при гидролизе распадаются с образованием простых углеводов. Среди сложных углеводов различают *олигосахариды* и *полисахариды*.

Характеристика углеводов

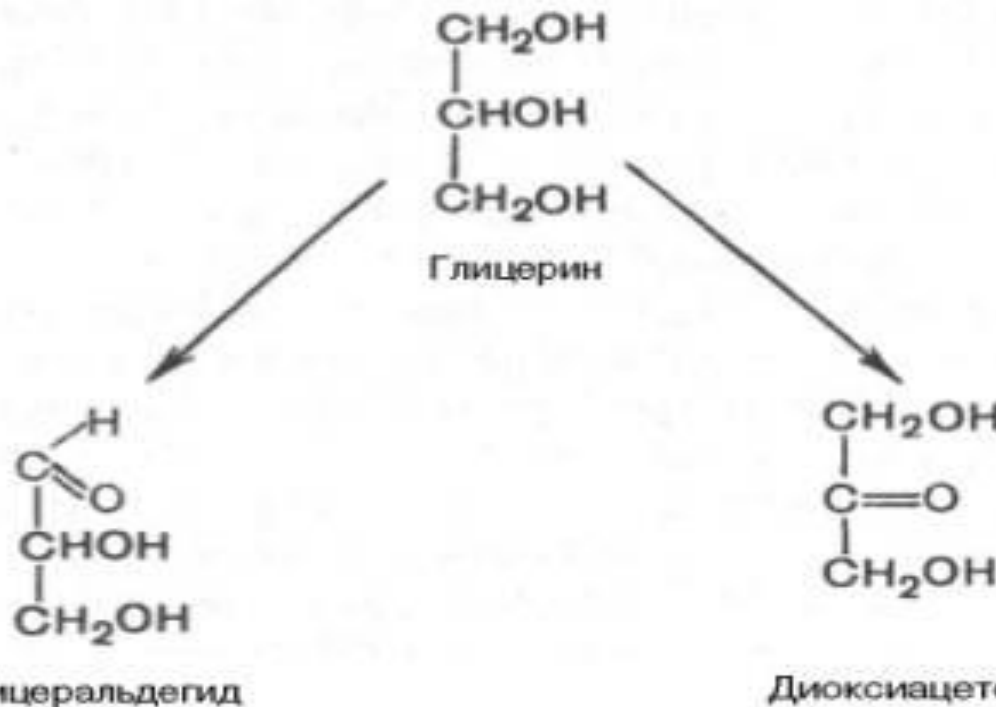
- Углеводы можно определить как альдегидные или кетонные производные полиатомных (содержащих более одной ОН-группы) спиртов Углеводы можно определить как альдегидные или кетонные производные полиатомных (содержащих более одной ОН-группы) спиртов или как соединения, при гидролизе которых образуются эти производные.
- Согласно принятой в настоящее время классификации Согласно принятой в настоящее время классификации, углеводы Согласно принятой в настоящее время классификации, углеводы подразделяются на три

я



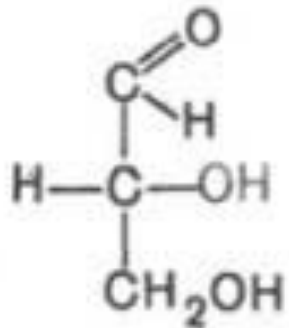
Монозы

- Моносахара можно рассматривать как производные многоатомных спиртов, содержащие карбонильную (альдегидную или кетонную) группу. Если карбонильная группа находится в конце цепи, то моносахарид можно рассматривать как производные многоатомных спиртов, содержащие карбонильную (альдегидную или кетонную) группу. Если карбонильная группа находится в конце цепи, то моносахарид представляет собой альдегид. Моносахара можно рассматривать как производные многоатомных спиртов, содержащие карбонильную (альдегидную или кетонную) группу. Если карбонильная группа находится в конце цепи, то моносахарид представляет собой альдегид или кетон.
- Простые моносахариды можно рассматривать как производные многоатомных спиртов, содержащие карбонильную (альдегидную или кетонную) группу. Если карбонильная группа находится в конце цепи, то моносахарид представляет собой альдегид или кетон.

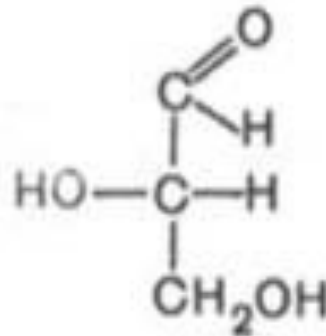


Стереоизомерия (Оптическая изомерия)

- Все моносахариды содержат асимметричные атомы углерода. Все моносахариды содержат асимметричные атомы углерода: альдотриозы – один центр асимметрии, альдо-тетрозы – 2, альдопентозы – 3, альдогексозы – 4 и т.д. Кетозы содержат на один асимметричный атом меньше, чем альдозы. Все моносахариды содержат асимметричные атомы углерода: альдотриозы – один центр асимметрии, альдо-тетрозы – 2, альдопентозы – 3, альдогексозы – 4 и т.д. Кетозы содержат на один асимметричный атом меньше, чем альдозы. Все моносахариды содержат асимметричные атомы углерода: альдотриозы – один центр асимметрии, альдо-тетрозы – 2, альдопентозы – 3, альдогексозы – 4 и т.д.



D-глицеральдегид



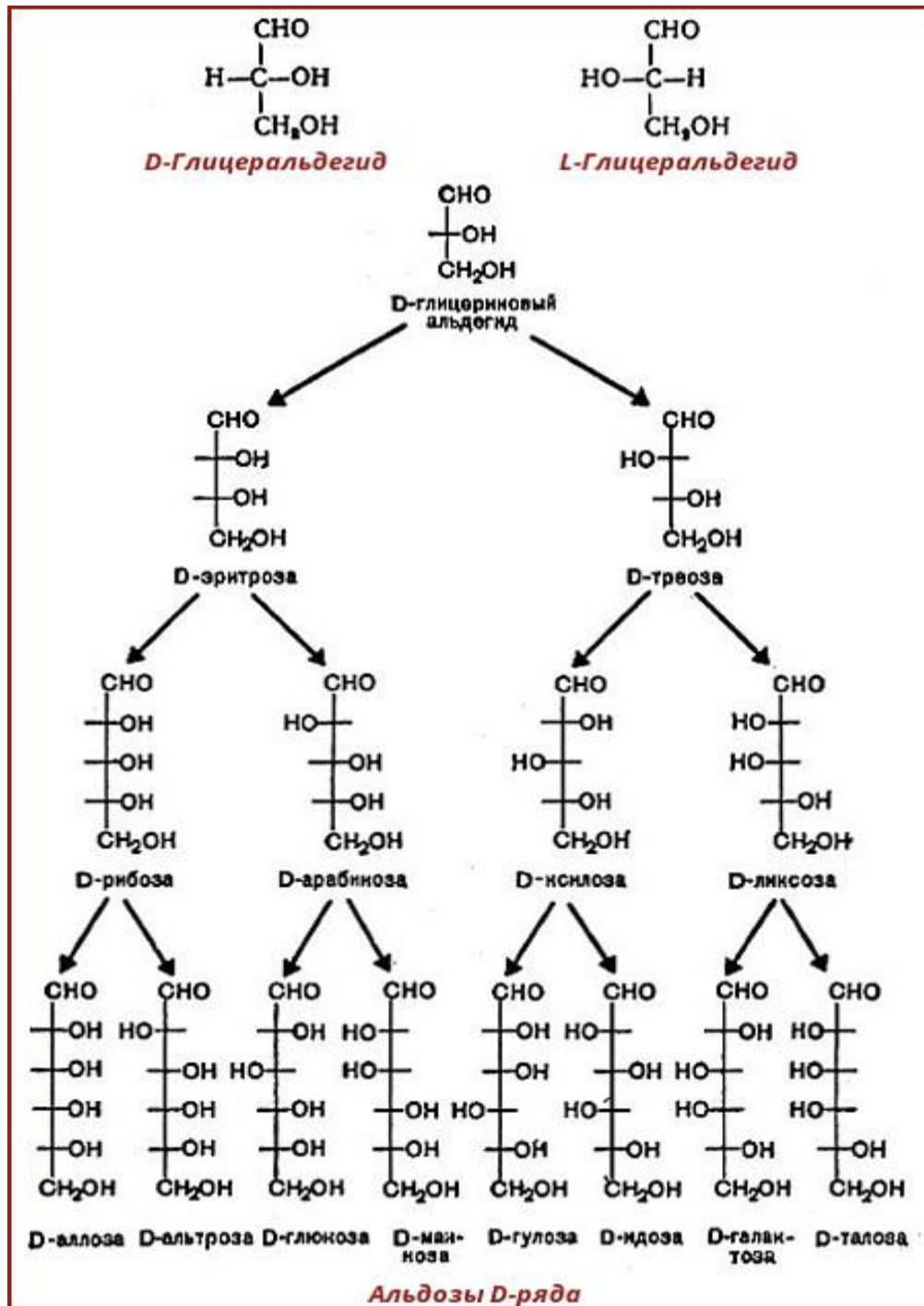
L-глицеральдегид

альдогексозы – 4 и т.д. альдозы с тем же числом асимметричных атомов углерода: альдотриозы – 2, альдопентозы – 3, альдогексозы – 4 и т.д. Кетозы содержат на один асимметричный атом меньше, чем альдозы с тем же числом углеродных атомов. Следовательно, кетотриоза диоксиацетон не содержит асимметричных атомов углерода.

Следовательно, кетотриоза диоксиацетон не содержит асимметричных атомов углерода. Все моносахариды содержат асимметричные атомы углерода: альдотриозы – один центр

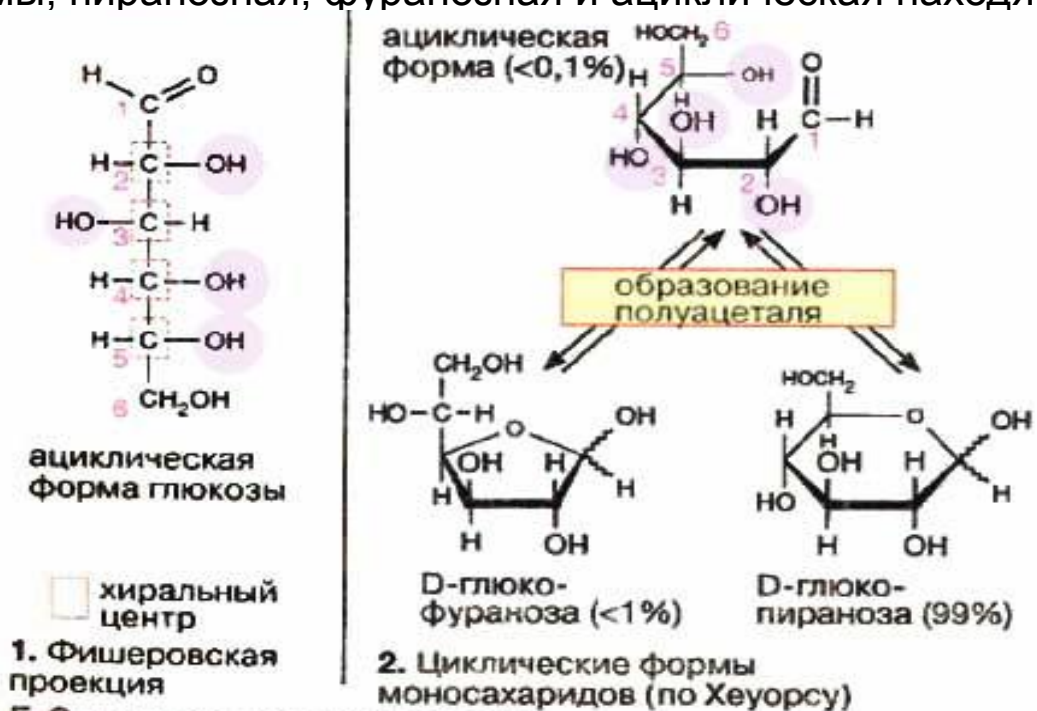
Стереоизомерия (Оптическая изомерия)

- Все изомеры Все изомеры моносахаридов Все изомеры моносахаридов подразделяются на D- и L-формы (D-и L-конфигурация) по сходству расположения групп атомов Все изомеры моносахаридов подразделяются на D- и L-формы (D-и L-конфигурация) по сходству расположения групп атомов у последнего центра асимметрии с расположением групп у D- и L-глицеральдегида. Природные гексозы Все изомеры моносахаридов подразделяются на D- и L-формы (D-и L-конфигурация) по сходству расположения групп атомов у последнего центра асимметрии с расположением групп у D- и L-глицеральдегида. Природные



Структура моносахаров

- В нейтральном растворе менее 0,1% молекул глюкозы находятся в ациклической форме (1), Подавляющая часть глюкозы присутствует в форме циклического **полуацетала** (2), образованного в результате взаимодействия карбонильной группы с одной из гидроксильных групп. В альдогексозах реакция идет главным образом по гидроксильной группе C-5 с образованием шестичленного пиранового цикла. Сахара с шестичленным циклом называются **пиранозами**. Замыкание кольца с участием гидроксильной группы C-4 дает фурановый цикл, а сахара с таким циклом называются **фуранозами**. В растворе все три формы, пиранозная, фуранозная и ациклическая находятся в динамическ



СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ ГЛЮКОЗЫ



α - форма

D - глюкозы

Схема 2

альдегидная

форма

D - глюкозы

β - форма

D - глюкозы

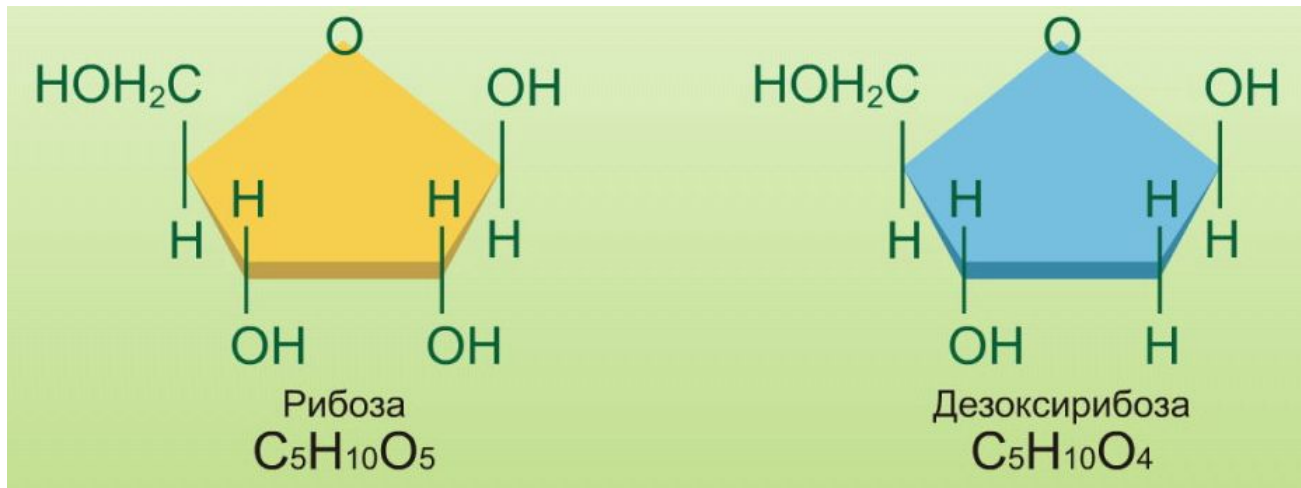


1. Характеристика углеводов

Свойства моносахаридов: низкая молекулярная масса; сладкий вкус; легко растворяются в воде; кристаллизуются; относятся к редуцирующим (восстанавливающим) сахарам.

Важнейшие моносахариды:

Пентозы — **рибоза и дезоксирибоза**, входящие в состав ДНК, РНК. Дезоксирибоза ($C_5H_{10}O_4$) отличается от рибозы ($C_5H_{10}O_5$) тем, что при втором атоме углерода имеет атом водорода, а не гидроксильную группу как у рибозы.



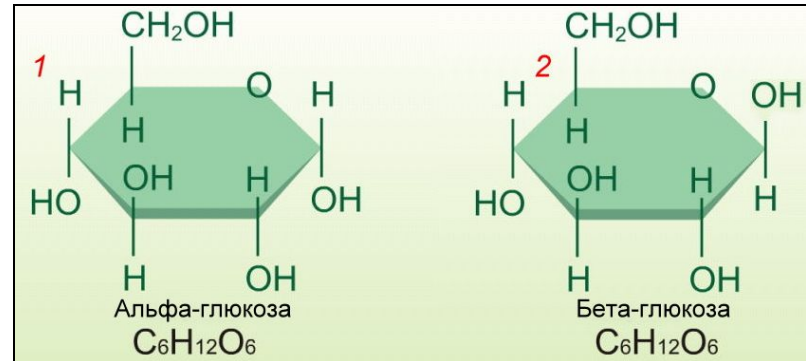
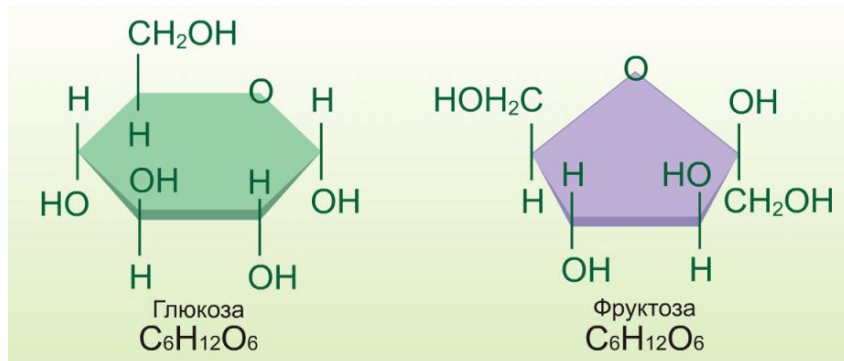
1. Характеристика углеводов

Из гексоз наиболее распространены глюкоза, фруктоза и галактоза (общая формула $C_6H_{12}O_6$).

Глюкоза (виноградный сахар). В свободном виде встречается и у растений, и у животных. Глюкоза — это первичный источник энергии для клеток.

Фруктоза. Широко распространена в природе. В свободном виде встречается в плодах. Особенно много ее в меде, фруктах. Значительно слаще глюкозы и других сахаров. Входит в состав олиго- и полисахаридов, участвует в поддержании тургора растительных клеток. Поскольку метаболизм фруктозы не регулируется инсулином, имеет важное значение при питании больных сахарным диабетом.

Моносахариды могут быть представлены в форме α - и β -изомеров. Гидроксильная группа при первом атоме углерода может располагаться как под плоскостью цикла (α -изомер), так и над ней (β -изомер).



1. Характеристика углеводов

Сложными называют углеводы, молекулы которых при гидролизе распадаются с образованием простых углеводов. Их состав выражается общей формулой $C_m(H_2O)_n$, где $m > n$. Среди сложных углеводов различают олигосахариды и полисахариды.

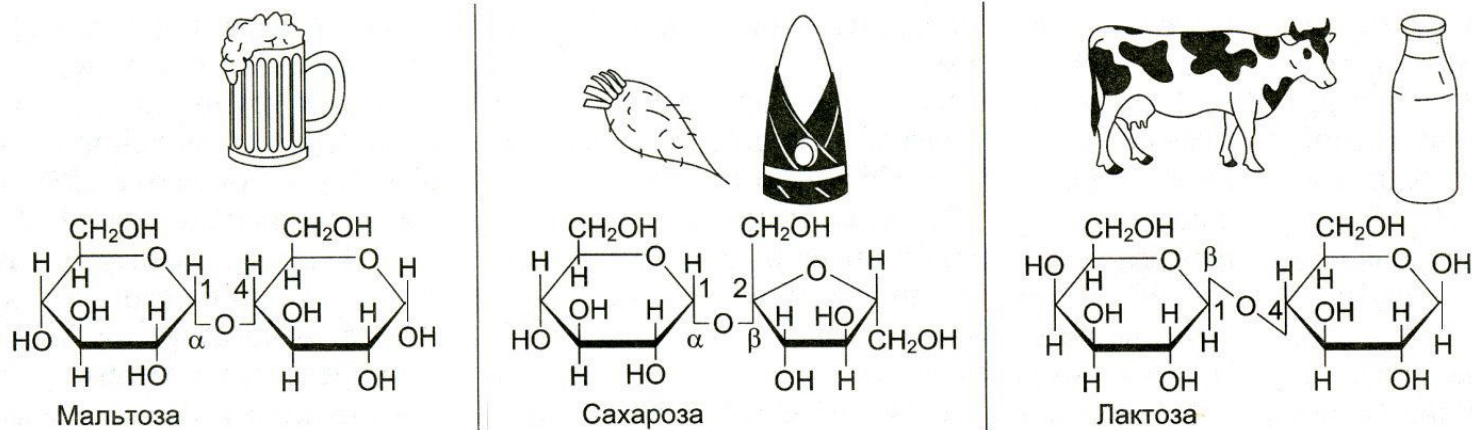
Олигосахариды.

Олигосахаридами называют сложные углеводы, содержащие от 2 до 10 моносахаридных остатков.

В зависимости от количества остатков моносахаридов, входящих в молекулы олигосахаридов, различают дисахариды, трисахариды, тетрасахариды и т.д. Наиболее широко распространены в природе дисахариды.

У олигосахаридов хорошая растворимость в воде, они легко кристаллизуются, обладают, как правило, сладким вкусом, могут быть как редуцирующими, так и нередуцирующими.

1. Характеристика углеводов

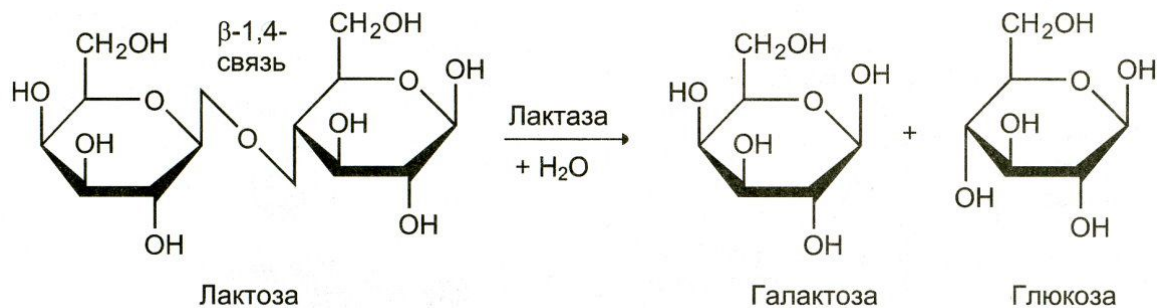


Наиболее широко распространены в природе **дисахариды**:

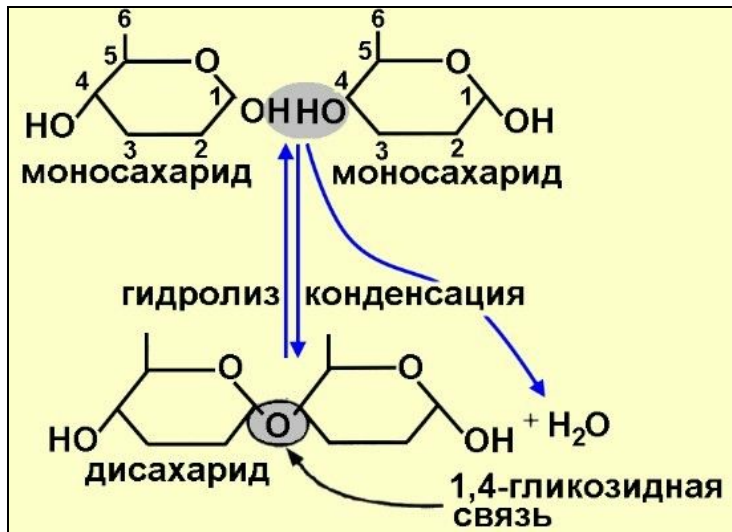
мальтоза, состоящая из двух остатков α -глюкозы;

сахароза – свекловичный сахар (α -глюкоза + фруктоза);

лактоза – молочный сахар (β -глюкоза + галактоза).



1. Характеристика углеводов



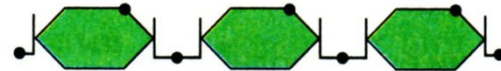
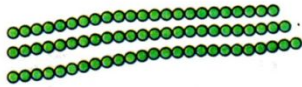
Дисахариды образуются в результате конденсации двух моносакхаридов (чаще всего гексоз).

Связь, возникающую между двумя моносакhariдами, называют *гликозидной*. Обычно она образуется между 1-м и 4-м углеродными атомами соседних моносакхаридных единиц (1,4-гликозидная связь).

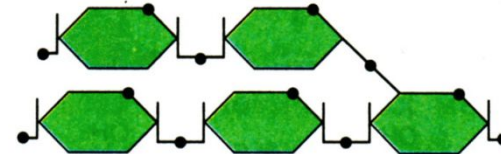
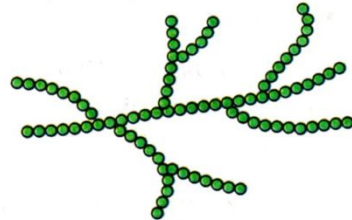
1. Характеристика углеводов



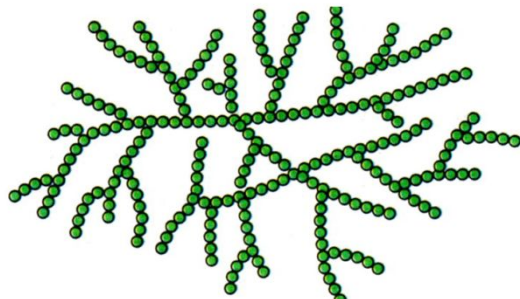
Целлюлоза



Крахмал



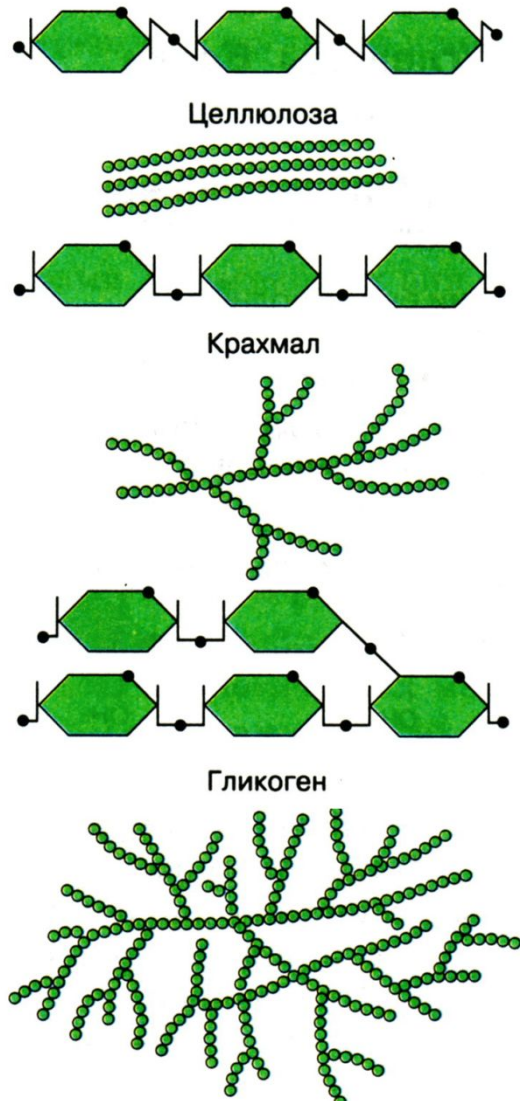
Гликоген



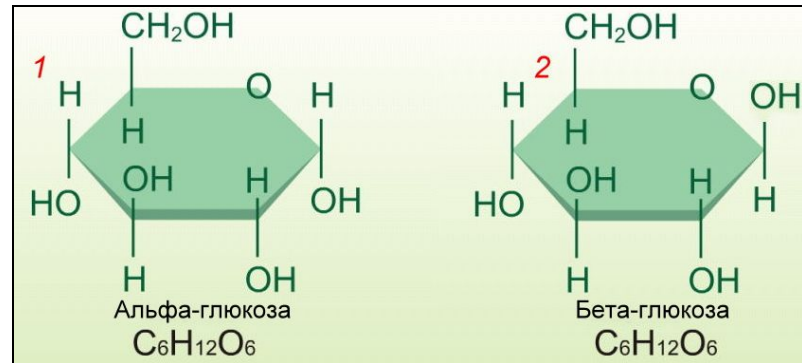
Полисахариды (греч. poly – много) являются полимерами и состоят из неопределенно большого (до нескольких сотен или тысяч) числа остатков молекул моносахаридов, соединенных ковалентными связями. К ним относятся:

- крахмал (запасной углевод растений);
- гликоген (запасной углевод животных);
- целлюлоза (клеточная стенка растений);
- хитин (клеточная стенка грибов);
- муреин (клеточная стенка бактерий).

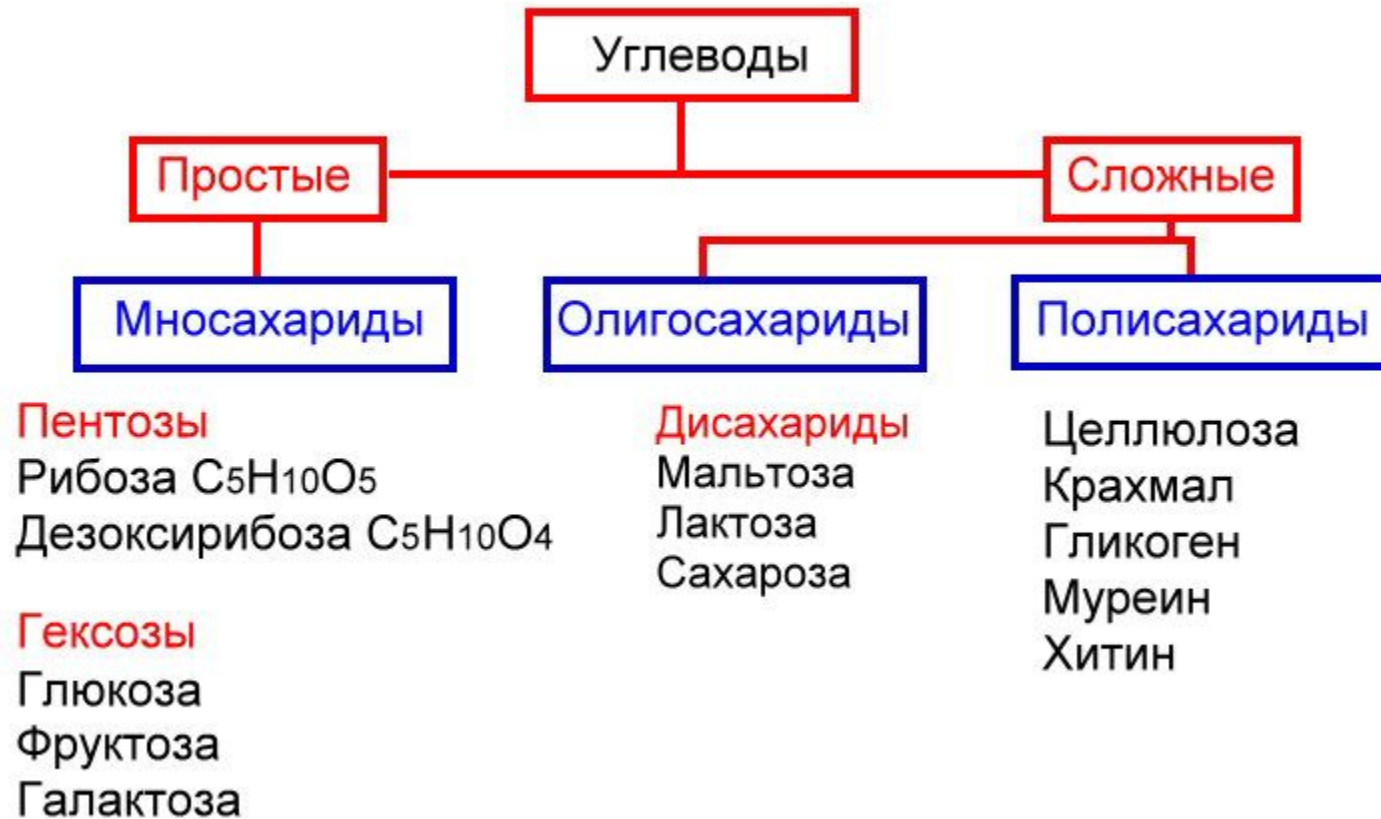
1. Характеристика углеводов



Молекулы крахмала и гликогена состоят из остатков α -глюкозы, целлюлозы — из остатков β -глюкозы. Кроме того, у целлюлозы цепи не ветвятся, а у гликогена они ветвятся сильнее, чем у крахмала. С увеличением количества мономеров растворимость полисахаридов уменьшается и исчезает сладкий вкус.



1. Характеристика углеводов

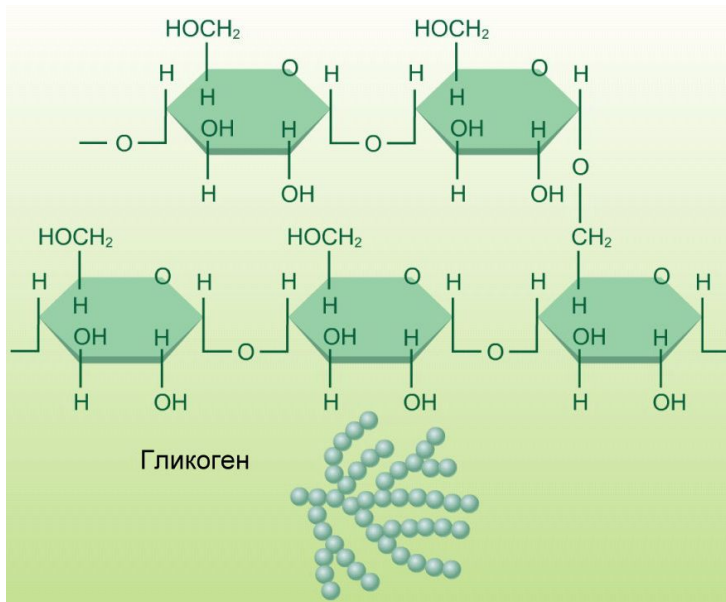
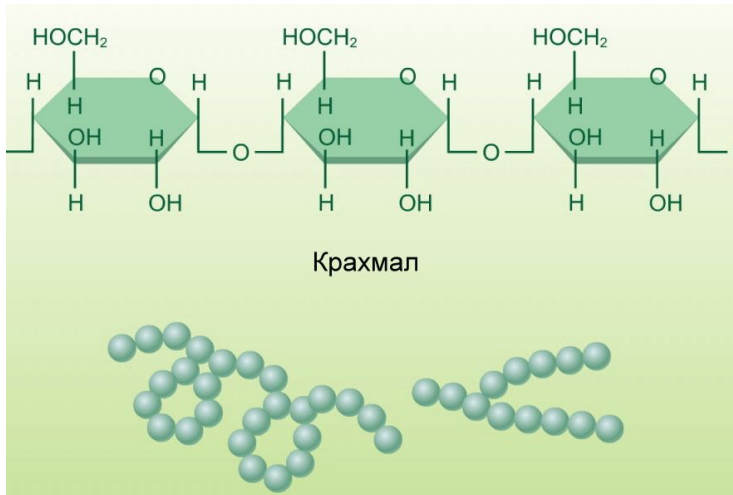


1. Характеристика углеводов



Основная функция углеводов – **энергетическая**. При их ферментативном расщеплении и окислении молекул углеводов выделяется энергия, которая обеспечивает жизнедеятельность организма. При полном расщеплении 1 г углеводов освобождается 17,6 кДж.

1. Характеристика углеводов



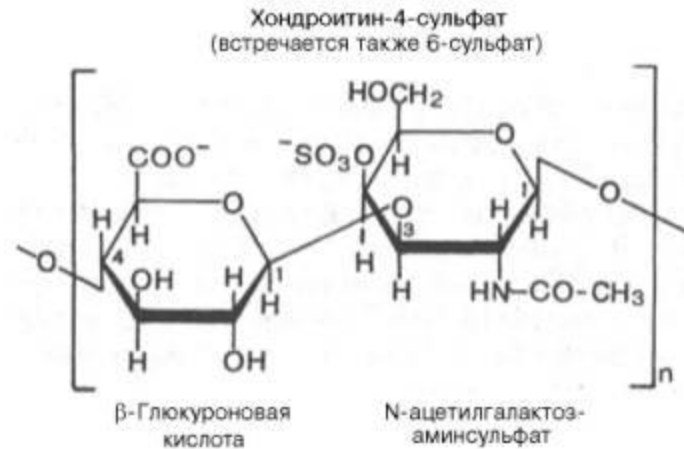
Углеводы выполняют **запасующую** функцию. При избытке они накапливаются в клетке в качестве запасующих веществ (**крахмал в клетках растений, гликоген в клетках животных**) и при необходимости используются организмом как источник энергии.

Усиленное расщепление углеводов происходит, например, при прорастании семян, интенсивной мышечной работе, длительном голодании.

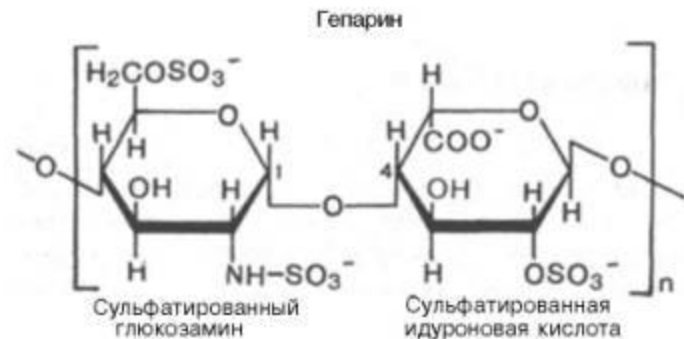
Гетерополисахариды



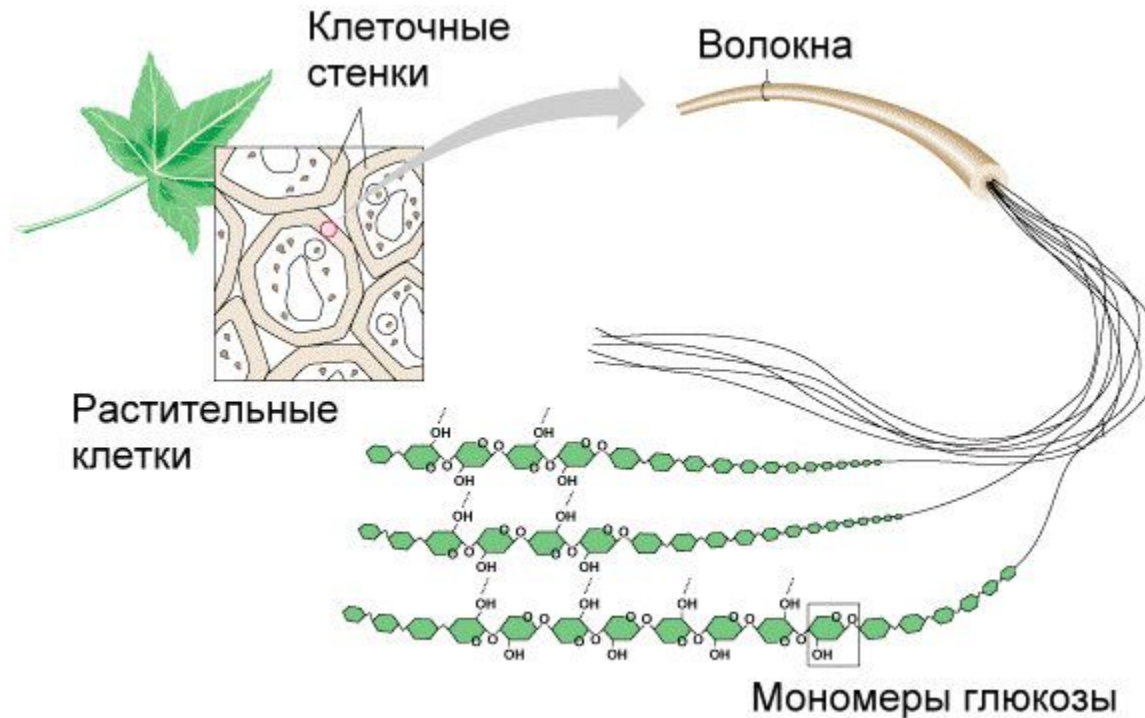
Гиалуроновая кислота—важнейшая составная часть межклеточного вещества тканей животных и человека. Особенно много ее содержат кожа, сухожилия, стекловидное тело глаза и т. п. Этому полисахариду свойственны многие разнообразные функции. Так, гиалуроновая кислота выполняет роль смазки, поэтому ее много в сухожилиях, коже и хрящах.



Гепарин—гетерополисахарид, который можно обнаружить в малых количествах в различных тканях организма животного и человека – в печени, крови, легких, селезенке и др. Главная функция гепарина – предотвращение свертывания крови. В частности он прекращает действие тромбина и подавляет образование фибрина из фибриногена. В качестве антикоагулянта (от греч. *anti* – против, лат. *coagulatio* – свертывание, затверждение) гепарин широко применяют в медицине и ветеринарии как лекарственное средство для предупреждения образования тромбов в сосудах.



1. Характеристика углеводов



Очень важной является **структурная**, или **строительная**, функция углеводов. Они используются в качестве строительного материала. Так, **целлюлоза** благодаря особому строению нерастворима в воде и обладает высокой прочностью. В среднем 20—40% материала клеточных стенок растений составляет целлюлоза, а волокна хлопка – почти чистая целлюлоза, и именно поэтому они используются для изготовления тканей.

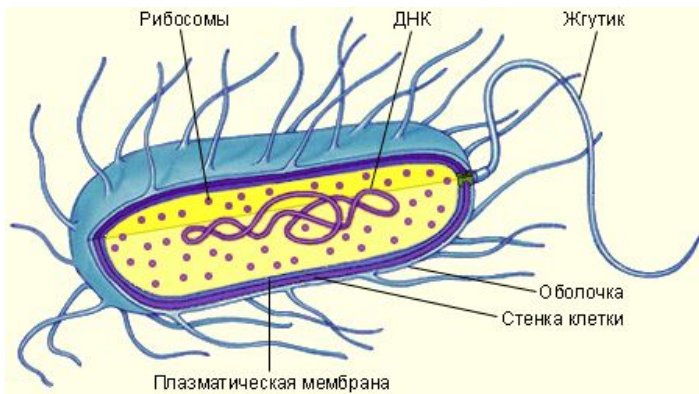
1. Характеристика углеводов



Хитин входит в состав клеточных стенок грибов.

В качестве важного компонента наружного скелета хитин встречается у отдельных групп животных, например у членистоногих.

Муреин образует клеточную стенку бактерий.



Подведем итоги:

Какие элементы входят в состав углеводов? Какова общая формула углеводов?

Углерод, водород и кислород. $C_x(H_2O)_y$, где $x \geq y$.

Дайте определение углеводам.

Какие классы углеводов различают?

Различают три основных класса углеводов: простые – моносахариды, и сложные – олигосахариды и полисахариды.

Назовите важнейшие моносахариды:

Из моносахаридов наибольшее значение для живых организмов имеют рибоза, дезоксирибоза, глюкоза, фруктоза, галактоза.

Назовите важнейшие дисахариды:

Сахароза (тростниковый сахар), мальтоза (солодовый сахар), лактоза (молочный сахар).

Назовите важнейшие полисахариды:

Крахмал (запасной углевод растений), гликоген (запасной углевод животных), целлюлоза (клеточная стенка растений), хитин (клеточная стенка грибов), муреин (клеточная стенка бактерий).

Чем отличаются альфа и бета-изомеры глюкозы?

Гидроксильная группа при первом атоме углерода может располагаться как под плоскостью цикла (α -изомер), так и над ней (β -изомер).

Подведем итоги:

Что известно об энергетической функции углеводов?

Это основная функция, при полном окислении 1 г выделяется 17,6 кДж. Энергии.

В какой форме запасают углеводы растения и животные?

Растения – в форме крахмала, животные – в форме гликогена.

Что известно о структурной функции углеводов?

Клеточная стенка растений состоит из целлюлозы, грибов – из хитина, бактерий – из муреина.

2. Характеристика липидов

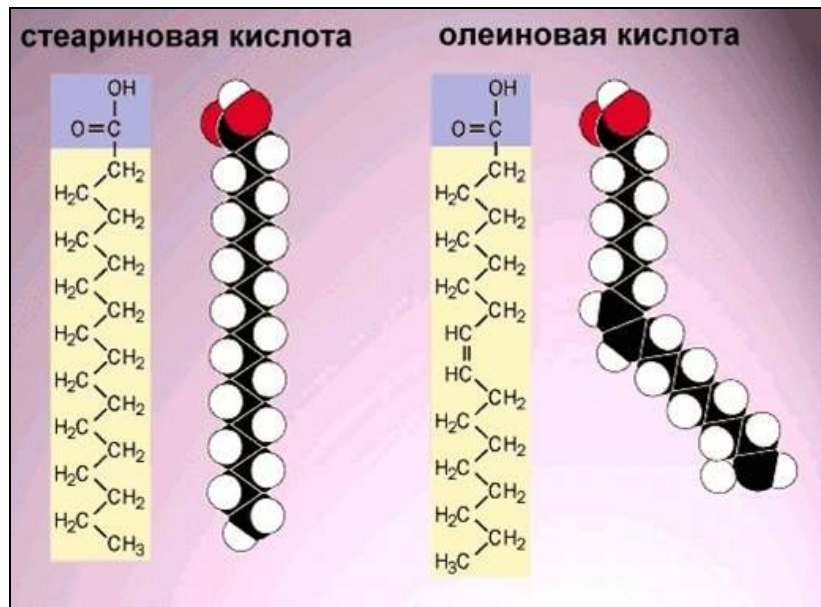
Липиды (от греч. lípos – жир) – обширная группа жиров и жироподобных веществ, которые содержатся во всех живых клетках. Большинство их неполярны и, следовательно, гидрофобны. Они практически нерастворимы в воде, но хорошо растворимы в органических растворителях (бензин, хлороформ, эфир и др.).

В некоторых клетках липидов очень мало, всего несколько процентов, а вот в клетках подкожной жировой клетчатки млекопитающих их содержание достигает 90%. По химическому строению липиды весьма разнообразны.



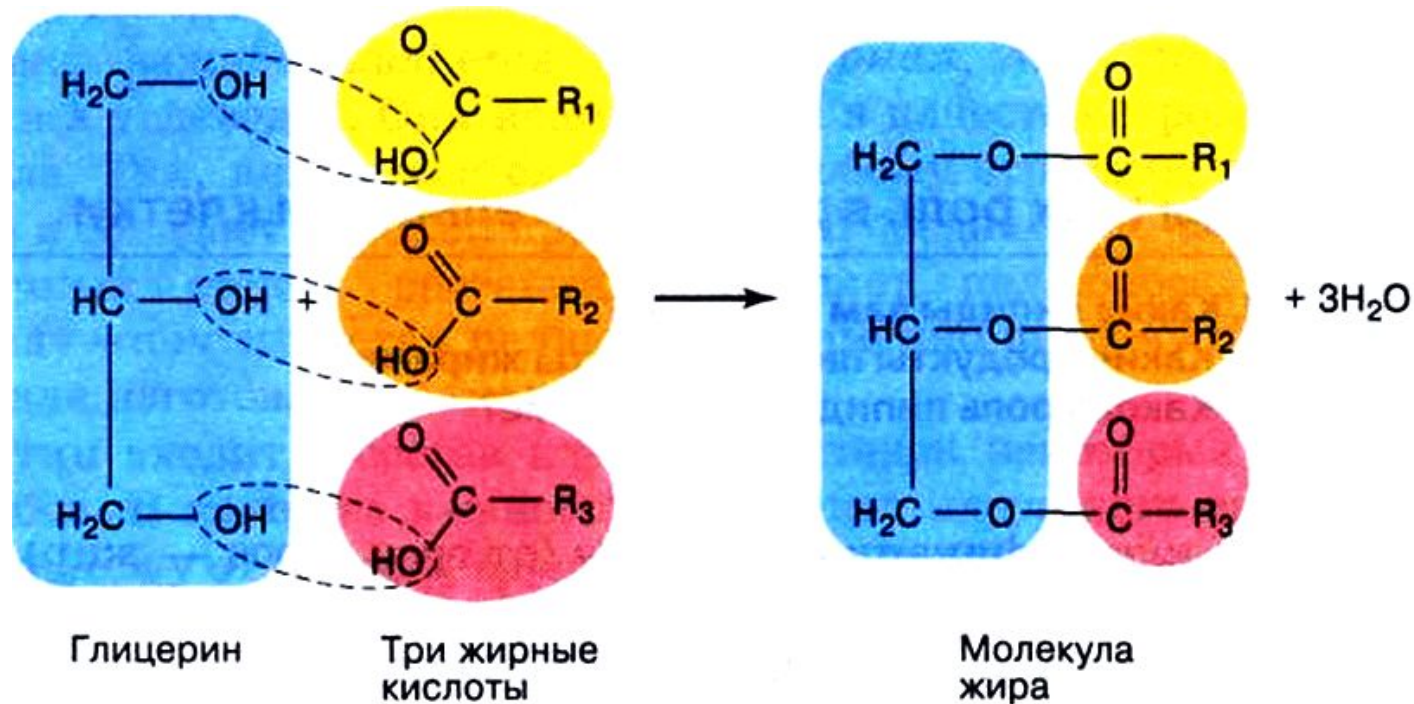
2. Характеристика липидов

1. Простые липиды – жиры и воска. Жиры – наиболее простые и широко распространенные липиды. Их молекулы образуются в результате присоединения трех остатков высокомолекулярных жирных кислот к одной молекуле трехатомного спирта глицерина. Среди соединений этой группы различают жиры, остающиеся твердыми при температуре 20 °С, и масла, которые в этих условиях становятся жидкими. Масла более типичны для растений, но могут встречаться и у животных.



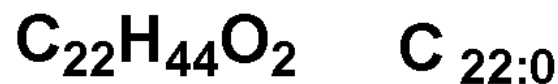
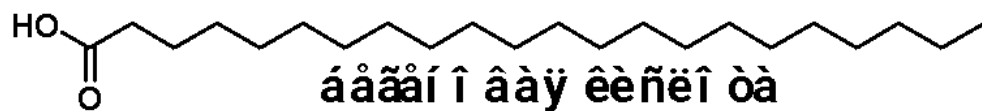
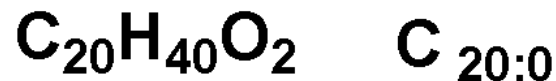
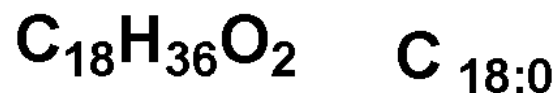
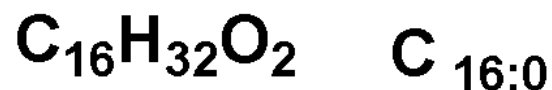
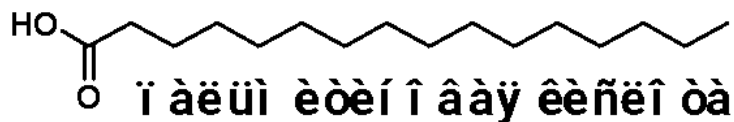
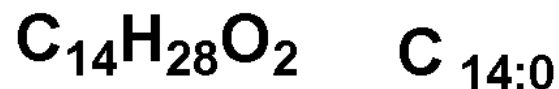
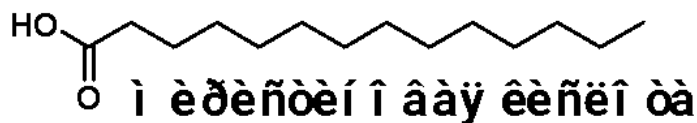
Жирные кислоты представляют собой карбоксильную группу и углеводородный хвост, отличающийся у разных жирных кислот количеством группировок $-\text{CH}_2$. «Хвост» неполярен, поэтому гидрофобен. Большая часть жирных кислот содержит в "хвосте" четное число атомов углерода, от 14 до 22.

2. Характеристика липидов



Кроме того, углеводородный хвост может содержать различное количество двойных связей. По наличию или отсутствию двойных связей в углеводородном хвосте различают: *насыщенные жирные кислоты* и *ненасыщенные жирные кислоты*, имеющие двойные связи между атомами углерода (-CH=CH-).

Í àñû ù áí í û á æèđí û á êèñěî òû

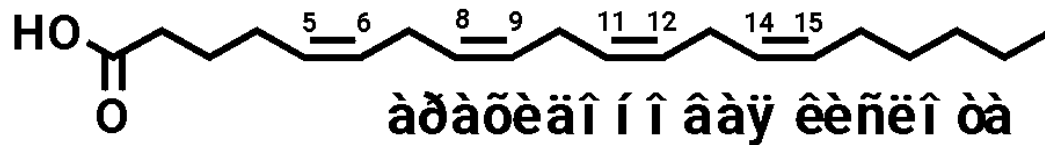
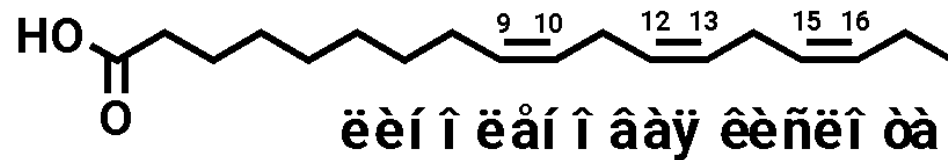
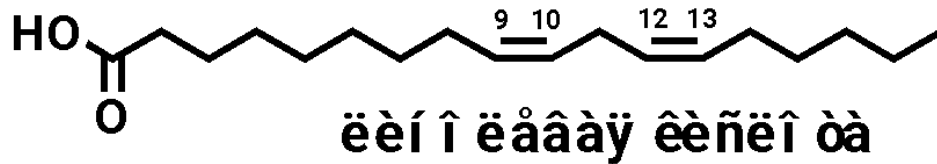


Насыщенные жирные кислоты

Название кислоты		Число атомов углерода	Формула	Т. пл., °C
тривиальное	систематическое			
Масляная	Бутановая	4	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	−8
Капроновая	Гексановая	6	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	−2
Каприловая	Октановая	8	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	16
Каприновая	Декановая	10	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	31,5
Лауриновая	Додекановая	12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	44
Миристиновая	Тетрадекановая	14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	54
Пальмитиновая	Гексадекановая	16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	64
Стеариновая	Октадекановая	18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	70
Арахидиновая	Эйкозановая	20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	78,5

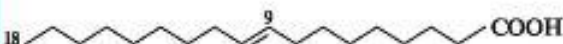
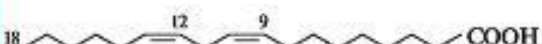
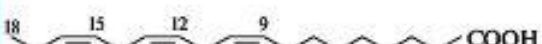
Составные части липидов - жирные кислоты

î î ëäí î âü ä



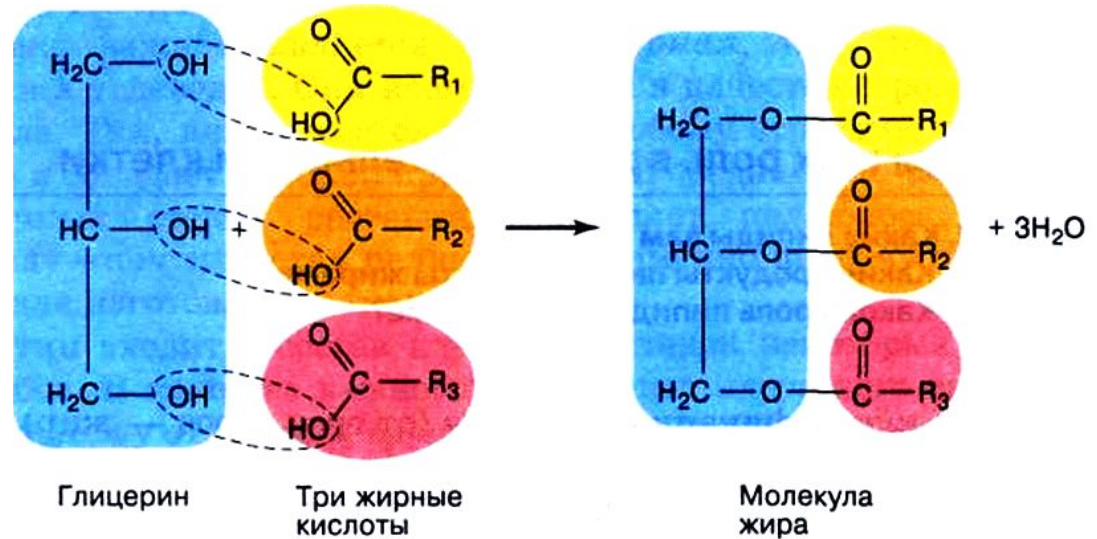
î ëäèí î âü è ëèí î ëäâü ëèñëî òü ñî ñòàäëþ ò î ëî ëî 60%
 âñâõ ÆË ðàñòèòàëüí ù õ ì àñä.

Ненасыщенные жирные кислоты

Название кислоты		Число атомов углерода и двойных связей	Тип кислоты	Формула	Т. пл., °C
тривиальное	систематическое**				
Пальмит-олеиновая	Гексадецен-9-овая	C _{16:1}	омега-7		-0,5
Олеиновая	Октадецен-9-овая	C _{18:1}	омега-9		14
Элаидиновая*	транс-Октадецен-9-овая	C _{18:1}	омега-9		52
Линолевая	Октадекадиен-9,12-овая	C _{18:2}	омега-6		-5
Линоленовая	Октадекатриен-9,12,15-овая	C _{18:3}	омега-3		-11
Арахидоновая	Эйкозатетраен-5,8,11,14-овая	C _{20:4}	омега-6		-49,5

2. Характеристика липидов

При образовании молекулы триглицерида каждая из трех гидроксильных ($-OH$) групп глицерина вступает в реакцию конденсации с жирной кислотой. В ходе реакции возникают три сложноэфирные связи, поэтому образовавшееся соединение называют сложным эфиром.



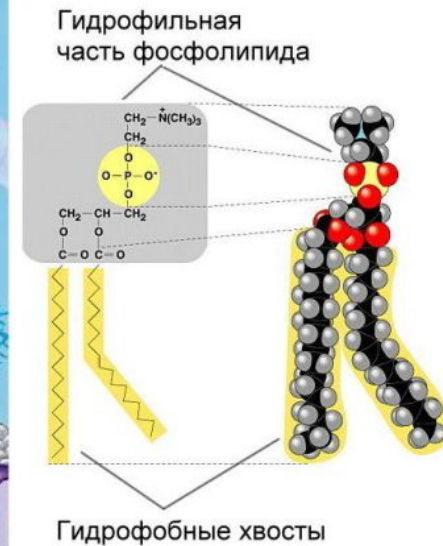
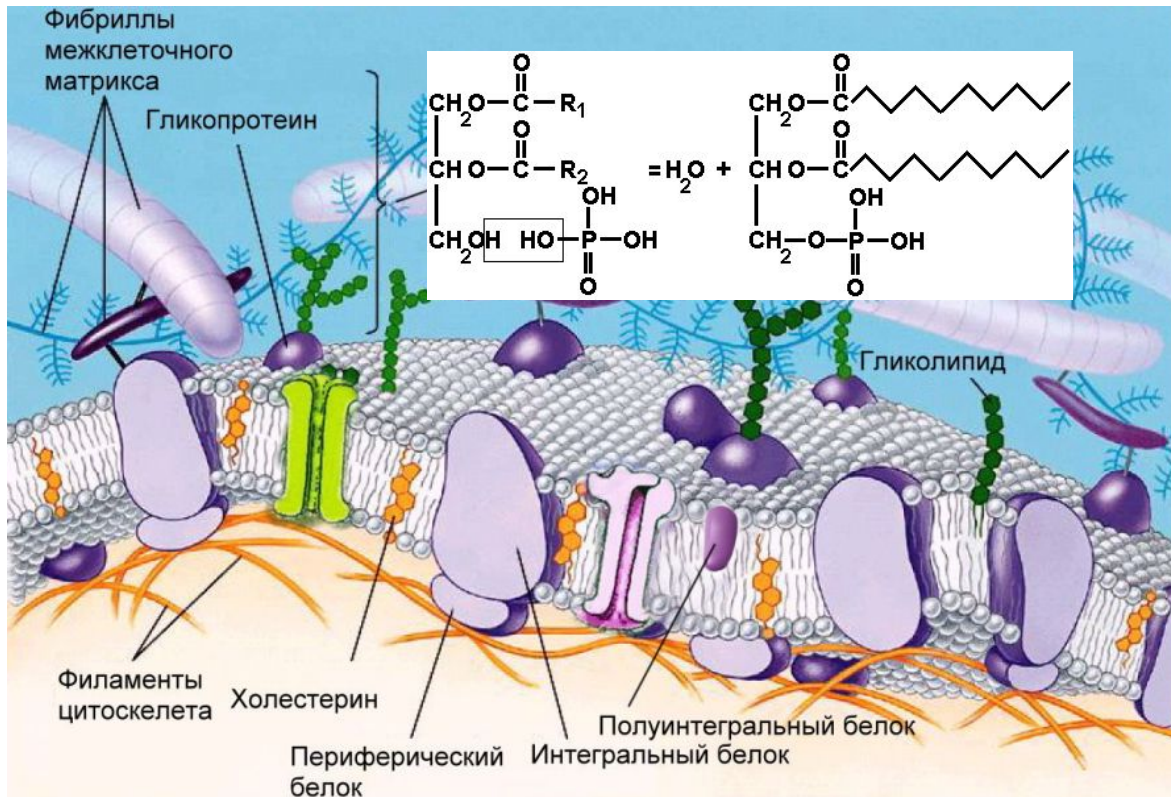
Обычно в реакцию вступают все три гидроксильные группы глицерина, поэтому продукт реакции называется триглицеридом. Физические свойства зависят от состава их молекул. Если в триглицеридах преобладают насыщенные жирные кислоты, то они твердые (жиры), если ненасыщенные — жидкие (масла). Плотность жиров ниже, чем у воды, поэтому в воде они всплывают и находятся на поверхности.

2. Характеристика липидов

2. Сложные липиды – фосфолипиды, гликолипиды и липопротеины.

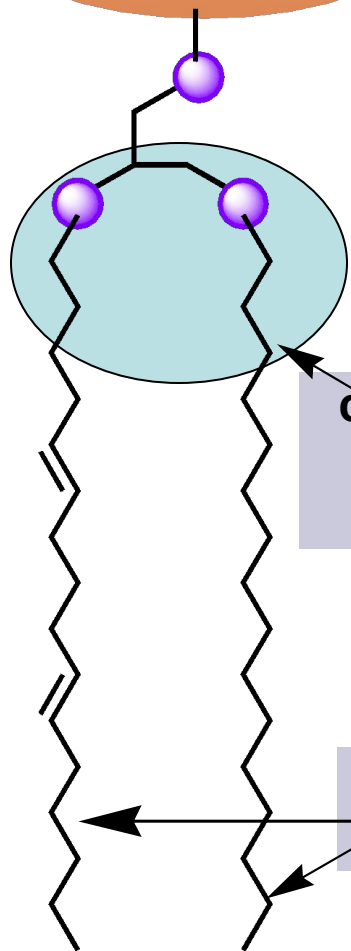
Фосфолипиды по своей структуре сходны с жирами, но в их молекуле один или два остатка жирных кислот замещены остатком фосфорной кислоты. Фосфолипиды являются составным компонентом клеточных мембран.

Липиды могут образовывать сложные соединения с веществами других классов, например с белками – **липопротеиды** и с углеводами – **гликолипиды**.



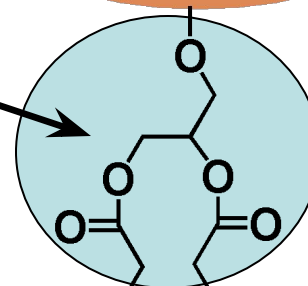
Глицериды и сфингозиды биологических мембран

Гидрофильная
полярная головка



остаток
глицерина

Гидрофильная
полярная головка



соединительное звено
(определяющий
признак)

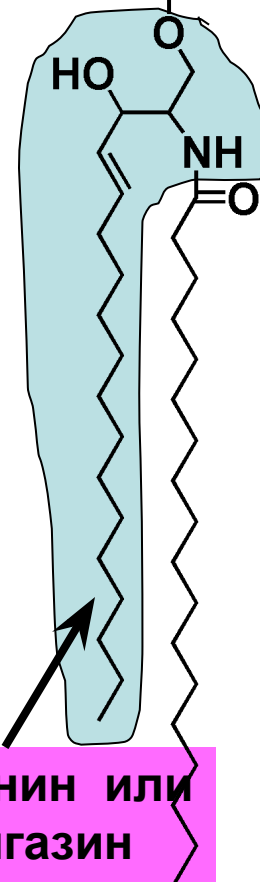
остатки олеиновой
 C_{18} и пальмитиновой
 C_{16} кислот

гидрофобные
хвосты

Общее
строение

глицеролипиды
(глицериды или ацилглицерины)

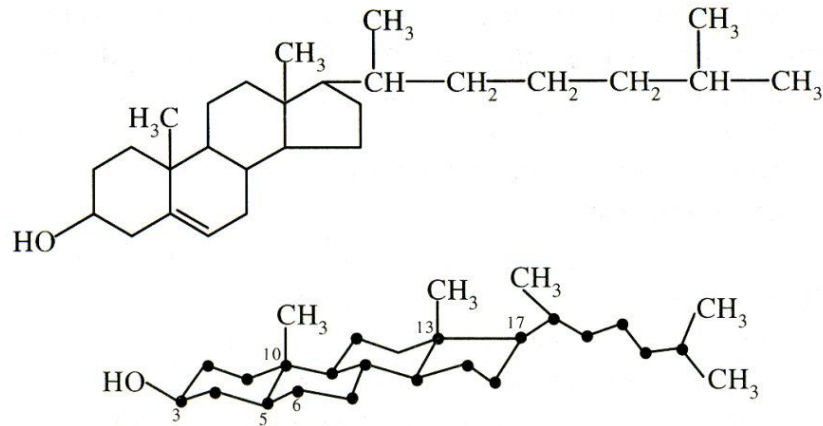
Гидрофильная
полярная
головка



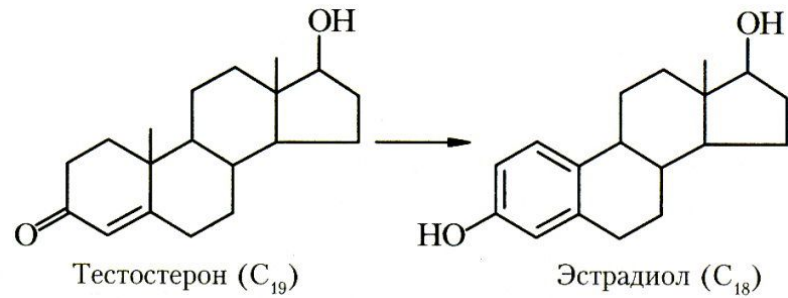
сфинганин или
сфингазин

сфинголипиды

2. Характеристика липидов



Форма молекулы холестерина



3. Стероиды – это липиды, не содержащие жирных кислот и имеющие особую структуру. К стероидам относятся гормоны, в частности кортизон, вырабатываемый корой надпочечников, различные половые гормоны, витамины А, D, Е, К и ростовые вещества растений. Стероид холестерин – важный компонент клеточных мембран.

2. Характеристика липидов

Жиры являются основным **запасающим веществом** у животных, а также у некоторых растений.

Они могут использоваться также в качестве **источника воды** (при окислении 1 кг жира образуется 1 кг 100 г воды). Это особенно ценно для пустынных животных, обитающих в условиях дефицита воды. Помимо воды, находящейся в пище, они используют **метаболическую** воду.



Жировой запас в горбе верблюда позволяет ему выжить в сухом и жарком климате пустыни.

2. Характеристика липидов

Одна из основных функций – **энергетическая**. При полном окислении 1 г жира выделяется 38,9 кДж энергии. То есть жиры дают более чем в 2 раза больше энергии по сравнению с углеводами. У позвоночных животных примерно половина энергии, потребляемой клетками в состоянии покоя, образуется за счет окисления жиров.



2. Характеристика липидов

Благодаря низкой теплопроводности липиды выполняют **защитную функцию**, т. е. служат для теплоизоляции организмов. Например, у многих позвоночных животных хорошо выражен подкожный жировой слой, что позволяет им жить в условиях холодного климата, а у китообразных он играет еще и другую роль – способствует **плавучести**.

Восковой налет на различных частях растений препятствует излишнему испарению воды, у животных он играет роль водоотталкивающего покрытия.



Пингвинов защищает от переохлаждения толстый слой подкожного жира.

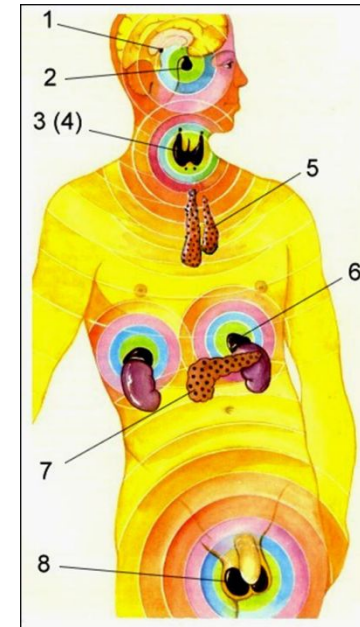
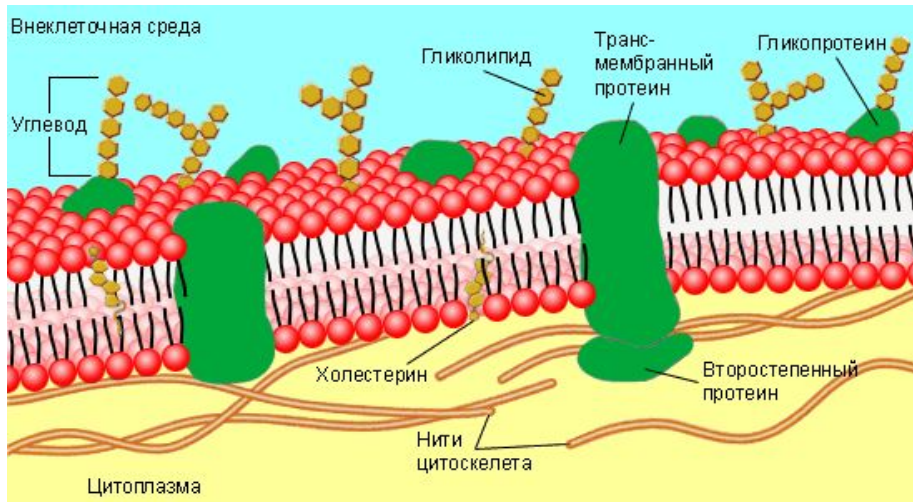


Запасы жира под кожей у тюленей защищают животных от переохлаждения и механических повреждений их тела.

2. Характеристика липидов

Липиды выполняют и *строительную функцию*, так как нерастворимость в воде делает их важнейшими компонентами клеточных мембран (фосфолипиды, липопротеины, гликолипиды, холестерин).

Многие производные липидов (например, гормоны коры надпочечников, половых желез, витамины А, D, Е, К) участвуют в обменных процессах, происходящих в организме. Следовательно, этим веществам присуща и *регуляторная функция*.



Подведем итоги:

Какие органические молекулы можно назвать липидами?

Вещества, молекулы которых неполярны и, следовательно, гидрофобны. Они практически нерастворимы в воде, но хорошо растворимы в органических растворителях (бензин, хлороформ, эфир).

Что можно сказать о строении жиров?

Жиры состоят из трех остатков высокомолекулярных жирных кислот, присоединенных к одной молекуле трехатомного спирта глицерина.

Что можно сказать о фосфолипидах?

Фосфолипиды по своей структуре сходны с жирами, но в их молекуле один или два остатка жирных кислот замещены остатком фосфорной кислоты. Фосфолипиды являются составным компонентом клеточных мембран.

Что можно сказать о стероидах?

Стероиды – это липиды, не содержащие жирных кислот и имеющие особую структуру. К стероидам относятся гормоны, в частности кортизон, вырабатываемый корой надпочечников, различные половые гормоны, витамины А, D, Е, К и ростовые вещества растений.

Подведем итоги:

Почему жиры являются основным запасющим веществом у живых организмов?

При полном окислении 1 г жира выделяется 38,9 кДж энергии. То есть жиры дают более чем в 2 раза больше энергии по сравнению с углеводами.

Кенгуровая крыса не пьет всю жизнь. Как ей это удастся?

Использует метаболическую воду. При окислении 1 г жира образуется более 1 г воды. Кроме этого вода есть в пище.

Какие гормоны относятся к липидам?

Кортизон, вырабатываемый корой надпочечников, различные половые гормоны.

Какие липиды выполняют строительную функцию?

Компоненты клеточных мембран: фосфолипиды, липопротеины, гликолипиды, холестерин.