

Глава I.
Химический состав клетки

Тема:
Углеводы, липиды

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

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 %

Характеристика углеводов

Различают две группы углеводов: простые сахара и сложные сахара, образованные остатками простых сахаров. Простые углеводы называют *моносахаридами*. Общая формула простых сахаров $(CH_2O)_n$, 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).*

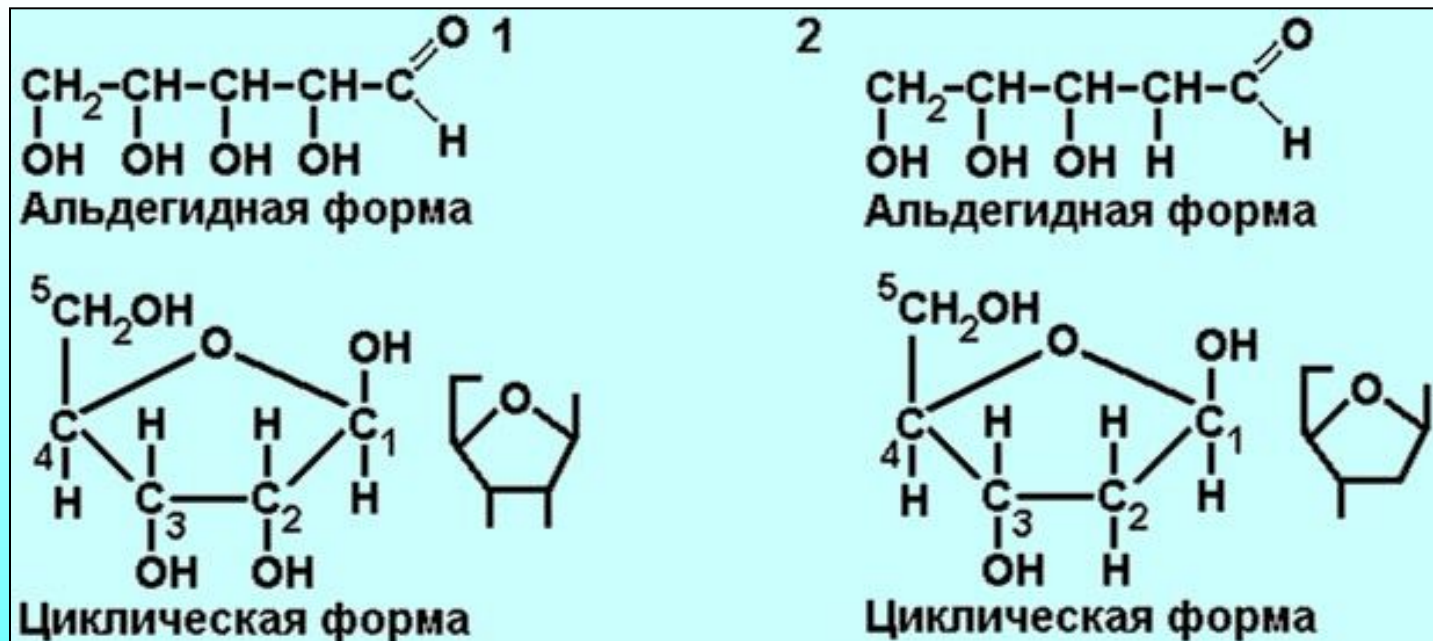
Сложные углеводы

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

Характеристика углеводов

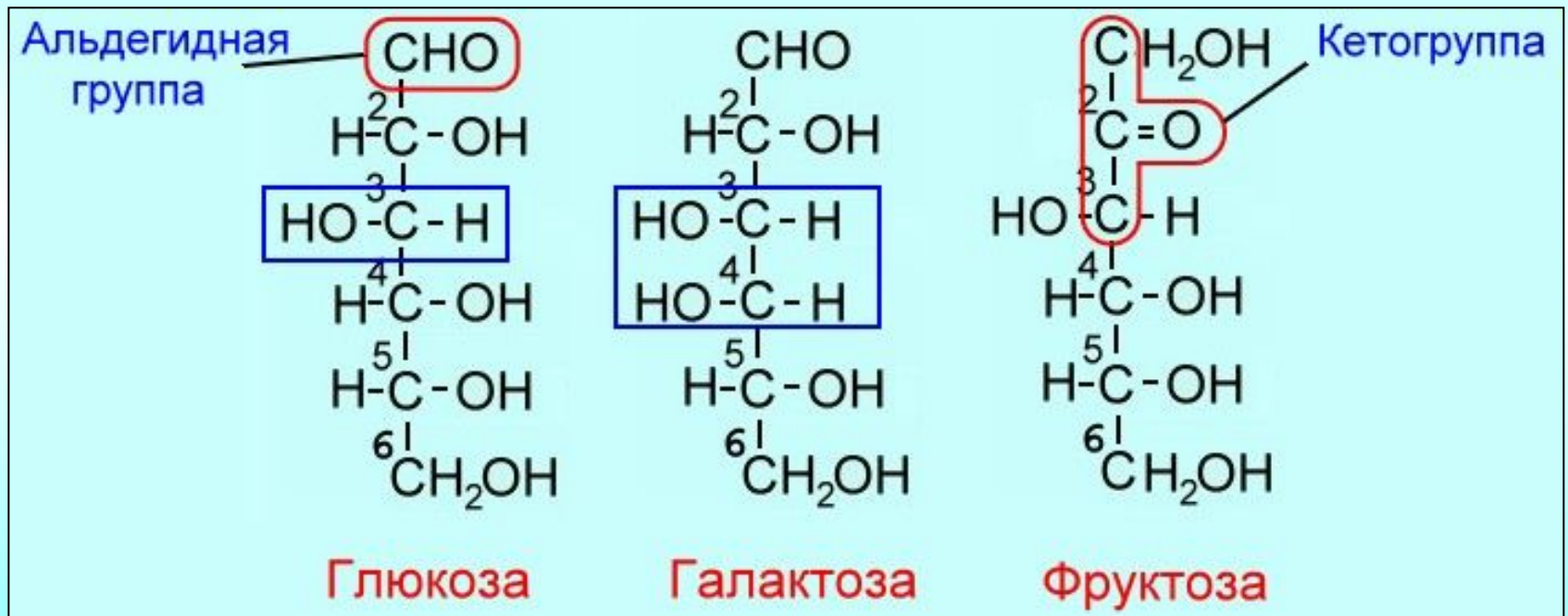
Свойства моносахаридов: низкая молекулярная масса; сладкий вкус; легко растворяются в воде; кристаллизуются; относятся к редуцирующим (восстанавливающим) сахарам.

Важнейшие моносахариды: из пентоз — **рибоза и дезоксирибоза**, входящие в состав ДНК, РНК, некоторых коферментов, АМФ, АДФ, АТФ. 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.



Характеристика углеводов

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

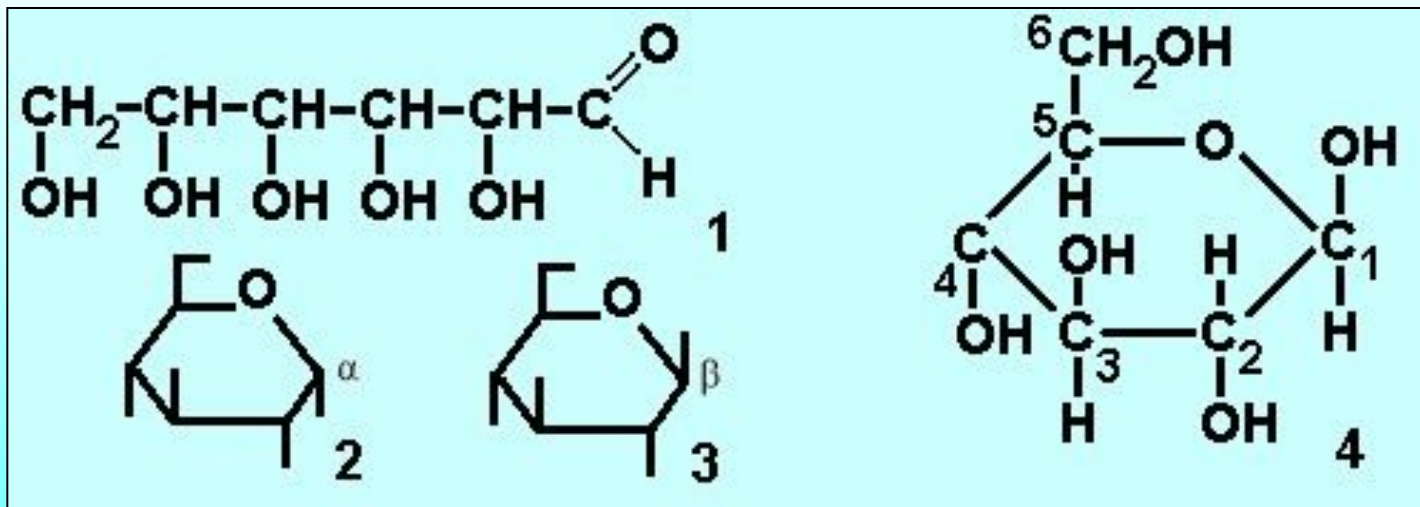


Характеристика углеводов

Молекулы моносахаридов могут иметь вид прямолинейных цепочек или циклических структур.

Для пентоз и гексоз — наиболее характерна именно циклическая структура, линейные молекулы встречаются очень редко.

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). Данные α - и β -изомеры играют важную роль, например, в образовании крахмала (α -изомеры) или целлюлозы (β -изомеры).

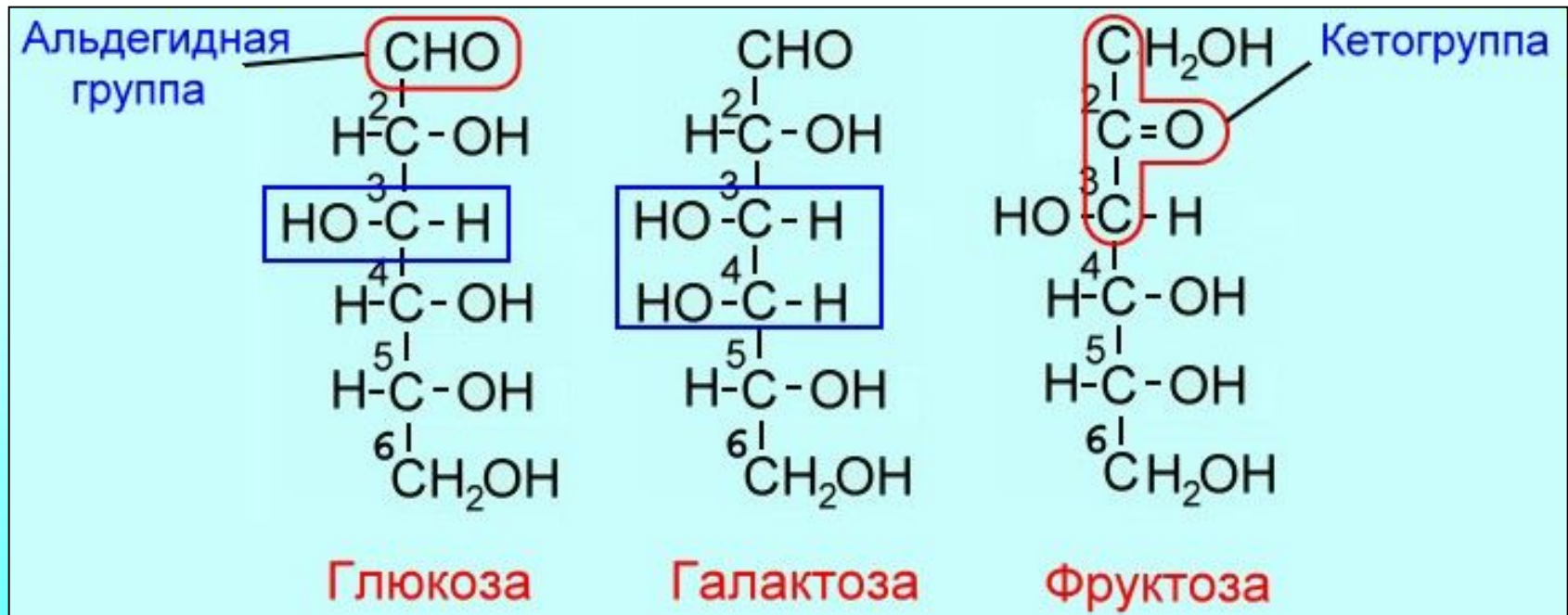


Характеристика углеводов

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

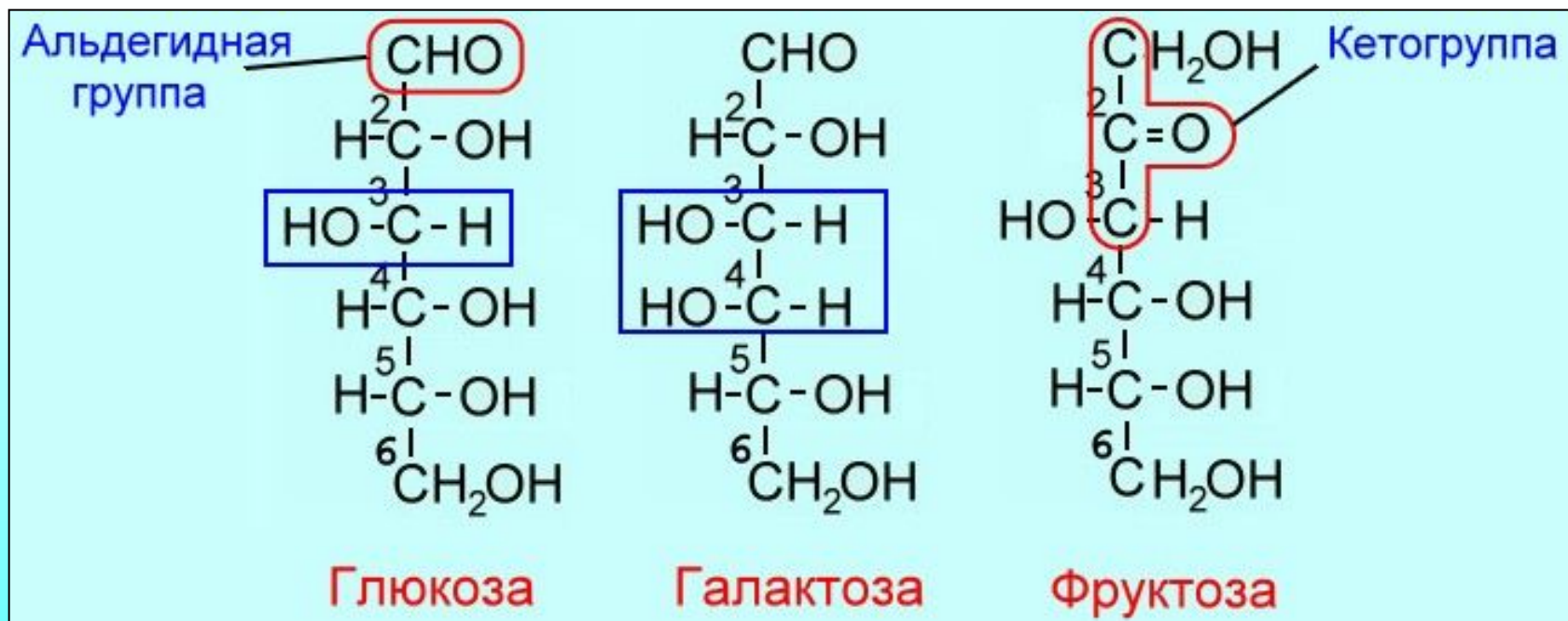
Входит в состав важнейших ди- и полисахаридов. Обязательный компонент крови. Снижение ее количества приводит к немедленному нарушению жизнедеятельности нервных и мышечных клеток.

Находясь в клетках, регулирует осмотическое давление.



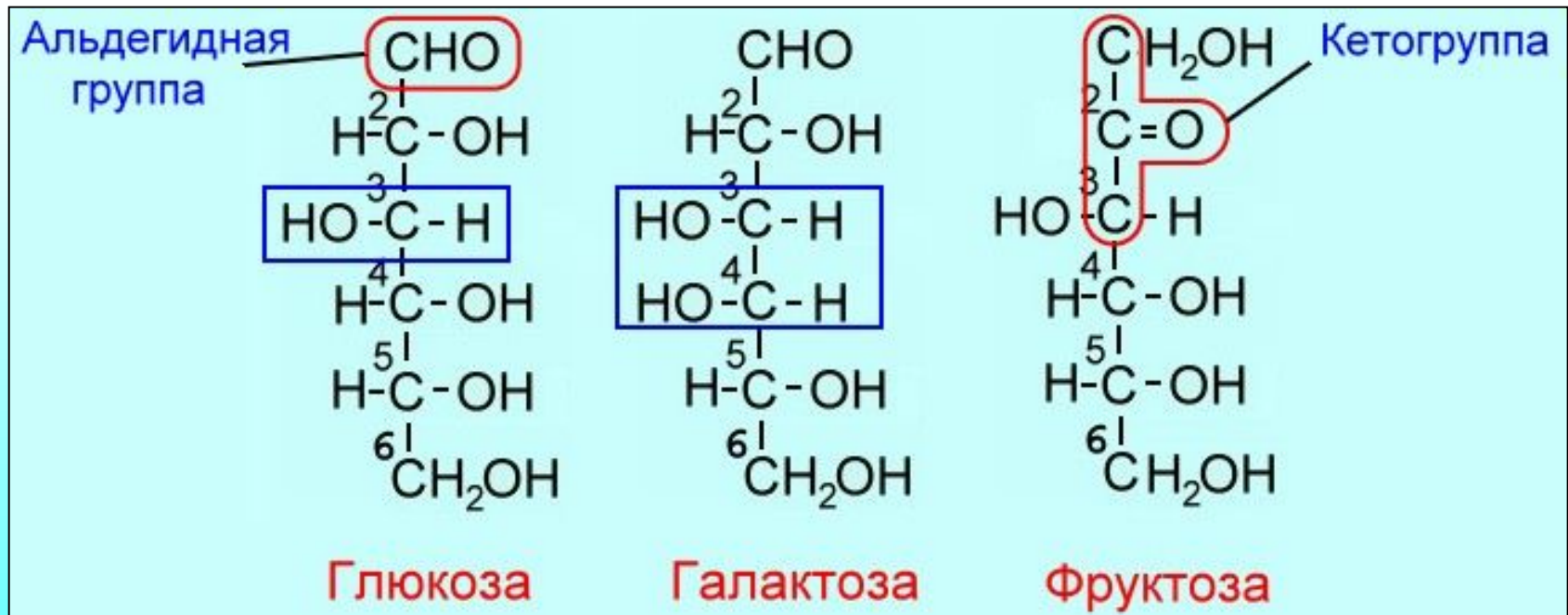
Характеристика углеводов

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.



Характеристика углеводов

Галактоза. Пространственный изомер глюкозы. Входит в состав олигосахаридов, растительных и бактериальных полисахаридов. Вместе с глюкозой образуют важнейший дисахарид молока — лактозу, называемую молочным сахаром. Легко превращается в глюкозу.



Сложные углеводы

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.

Олигосахариды

Наиболее широко распространены в природе **дисахариды**:

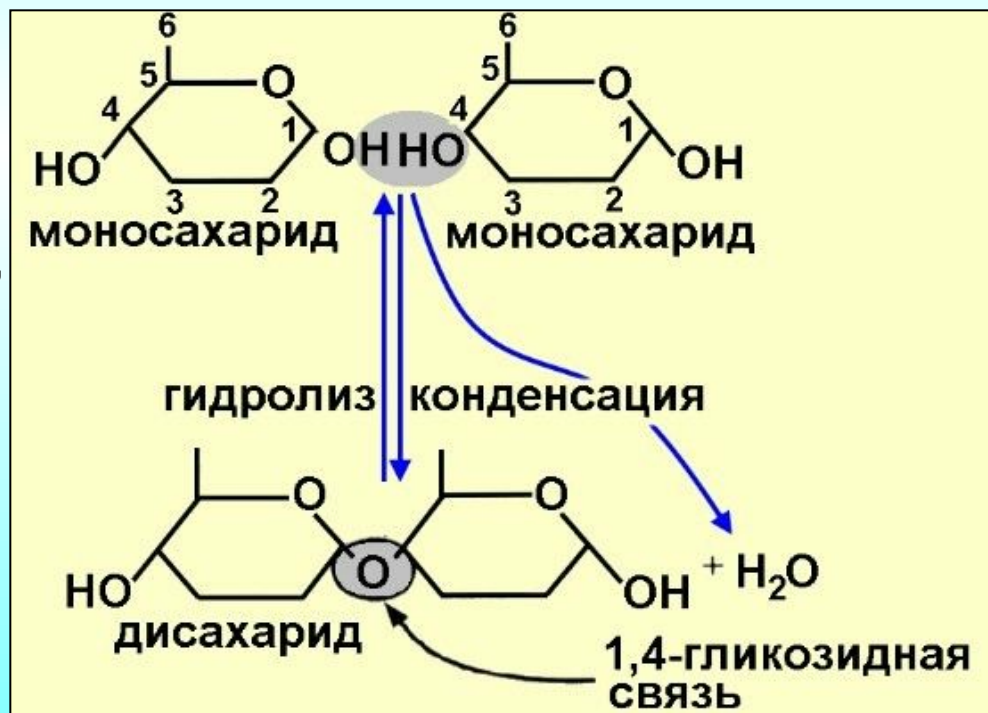
мальтоза, состоящая из двух остатков α -глюкозы;

лактоза – молочный сахар (α -глюкоза + галактоза);

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

Дисахариды образуются в результате конденсации двух моносахаридов (чаще всего гексоз). Связь, возникающую между двумя моносахаридами, называют **гликозидной**.

Обычно она образуется между 1-м и 4-м углеродными атомами соседних моносахаридных единиц (1,4-гликозидная связь).



Олигосахариды

Сахароза (тростниковый сахар). Состоит из остатков глюкозы и фруктозы. Легко растворима в воде. Широко распространена в растениях. Углеводы, образовавшиеся в процессе фотосинтеза, в виде сахарозы оттекают из листьев. Сахароза легко превращается в крахмал и гликоген. Играет огромную роль в питании животных и человека. В основном сахарозу получают из **сахарной свеклы и сахарного тростника**.

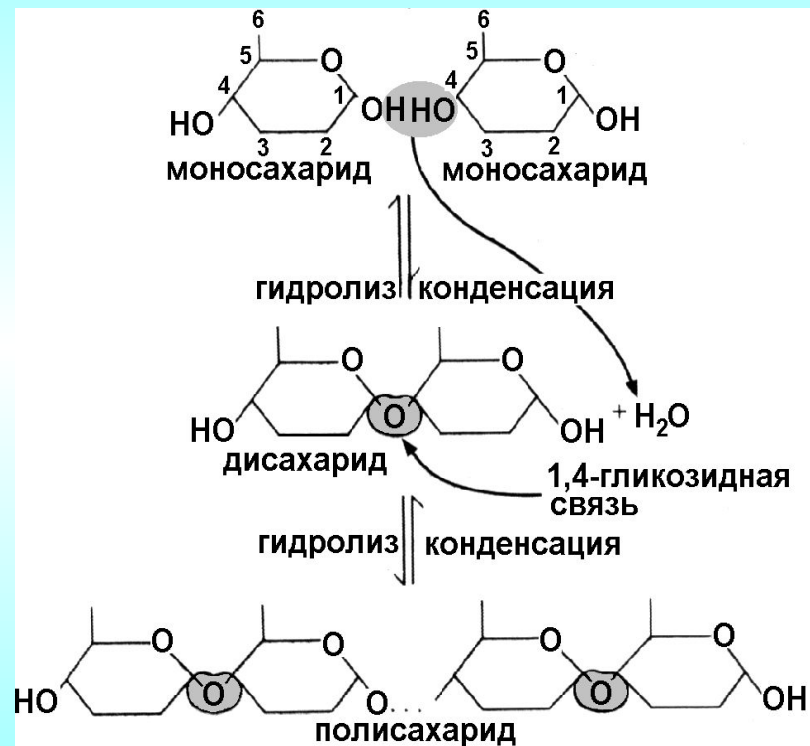
Лактоза (молочный сахар). Образована остатками глюкозы и галактозы. Плохо растворима в воде. Входит в состав молока. Является источником энергии для детенышей млекопитающих. В свободном виде обнаружена у некоторых растений. Используется в микробиологической промышленности для приготовления питательных сред.

Мальтоза (солодовый сахар). Состоит из двух остатков глюкозы. Хорошо растворима в воде. Легко гидролизруется ферментом *мальтаза* с образованием двух молекул глюкозы.

Полисахариды

Высокомолекулярные органические вещества, мономерами которых являются простые углеводы. Чаще всего мономером полисахаридов является глюкоза, иногда манноза, галактоза и другие сахара. Как правило, в состав полисахаридов входит **несколько сотен мономерных единиц**.

Свойства полисахаридов: большая молекулярная масса (обычно сотни тысяч); не дают ясно оформленных кристаллов; либо нерастворимы в воде, либо образуют растворы, напоминающие по свойствам коллоидные; сладкий вкус не характерен; нередуцирующие углеводы.

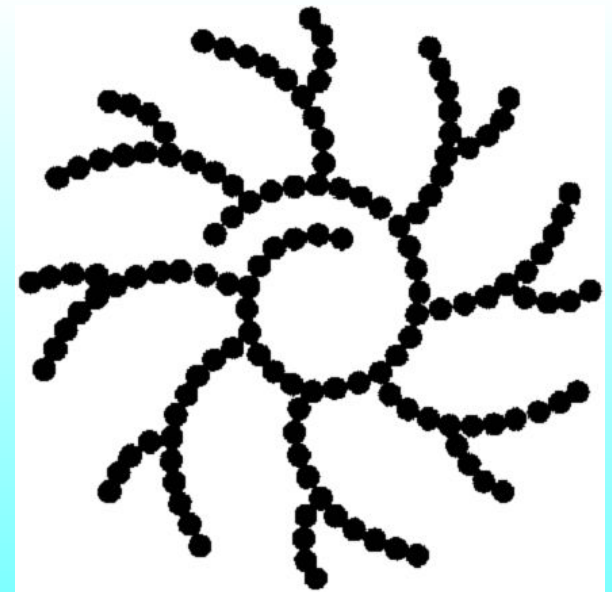
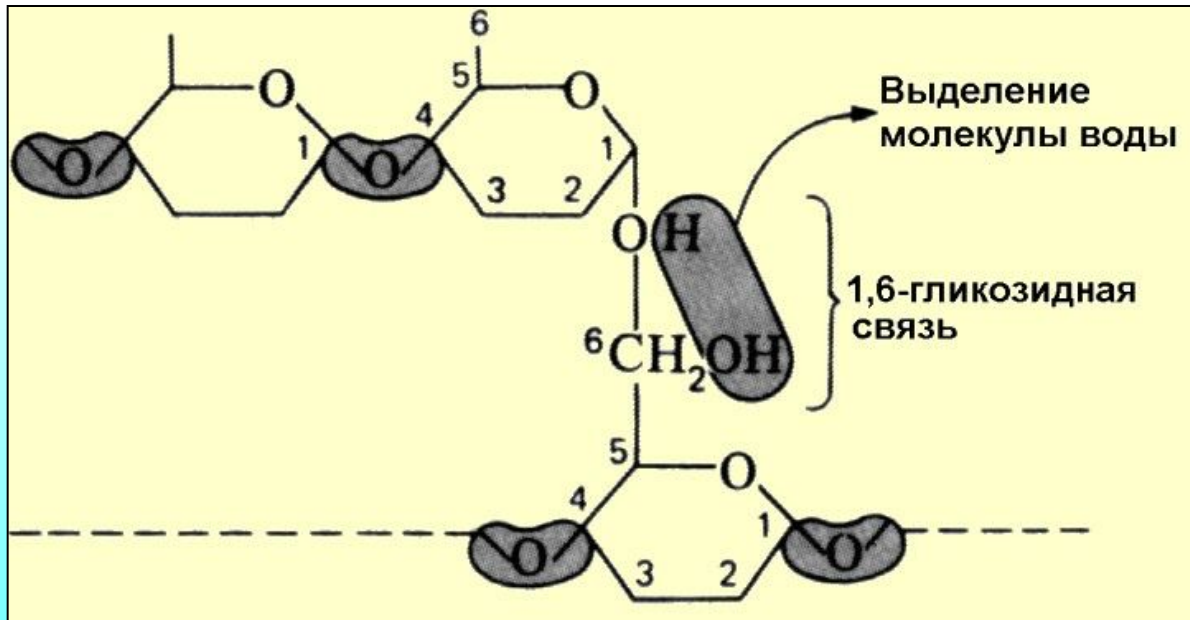


Полисахариды

Полисахариды образуются в результате реакции *поликонденсации*. Если в молекуле полисахарида присутствуют только 1,4-гликозидные связи, то образуется линейный, неразветвленный полимер (целлюлоза).

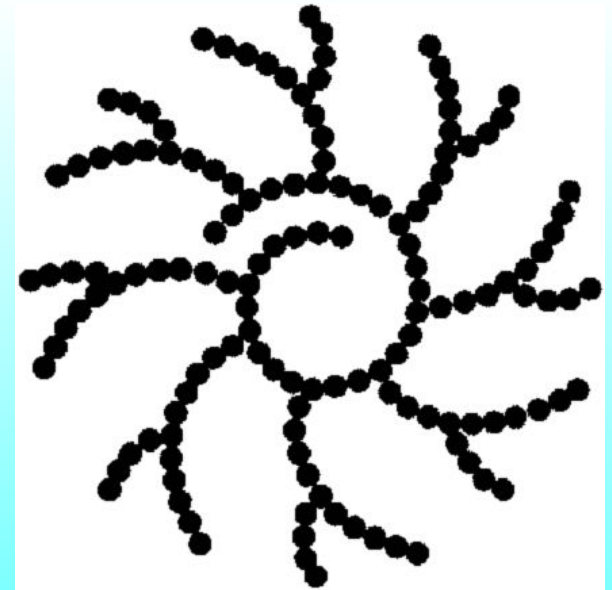
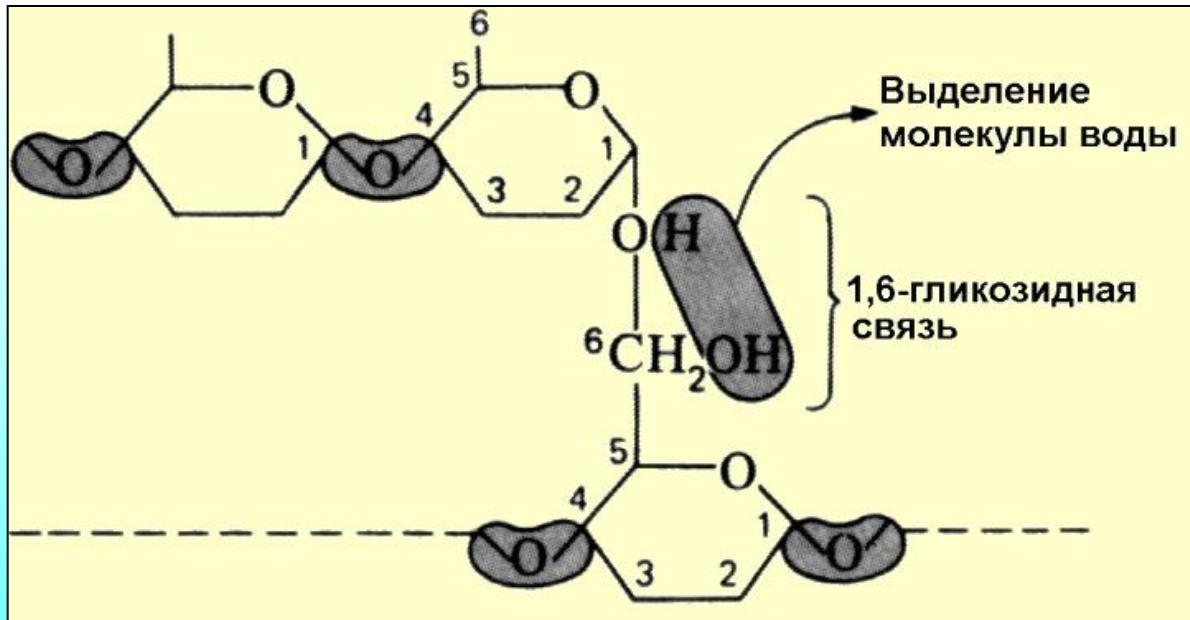
Если присутствуют как 1,4, так и 1,6-гликозидные связи, полимер будет разветвленным (гликоген).

1,6-гликозидная связь образуется между остатками моносахаридов, входящих в состав разных линейных цепей.



Полисахариды

Крахмал. Общая формула $(C_6H_{10}O_5)_n$, где n - количество остатков α -глюкозы. Нерастворим в холодной воде. Молекула крахмала примерно на 20% состоит из **амилозы** и на 80% из **амилопектина**. Линейные цепи амилозы состоят из нескольких тысяч остатков глюкозы и способны спирально свертываться, принимая более компактную форму. Амилопектин интенсивно ветвится, и за счет этого обеспечивается его компактность.

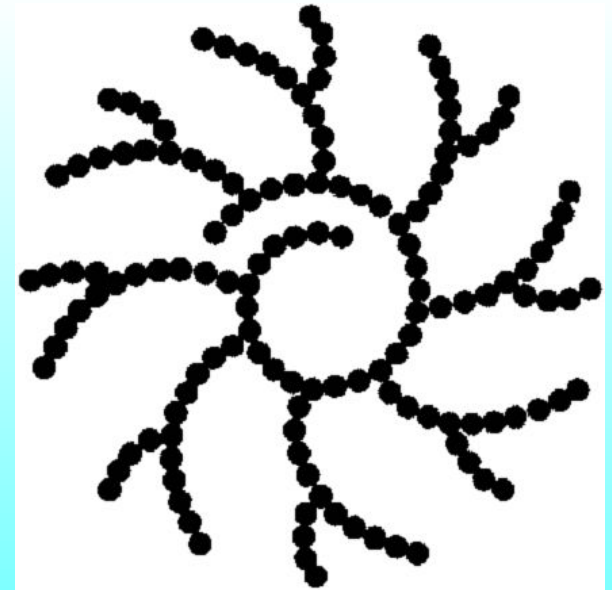
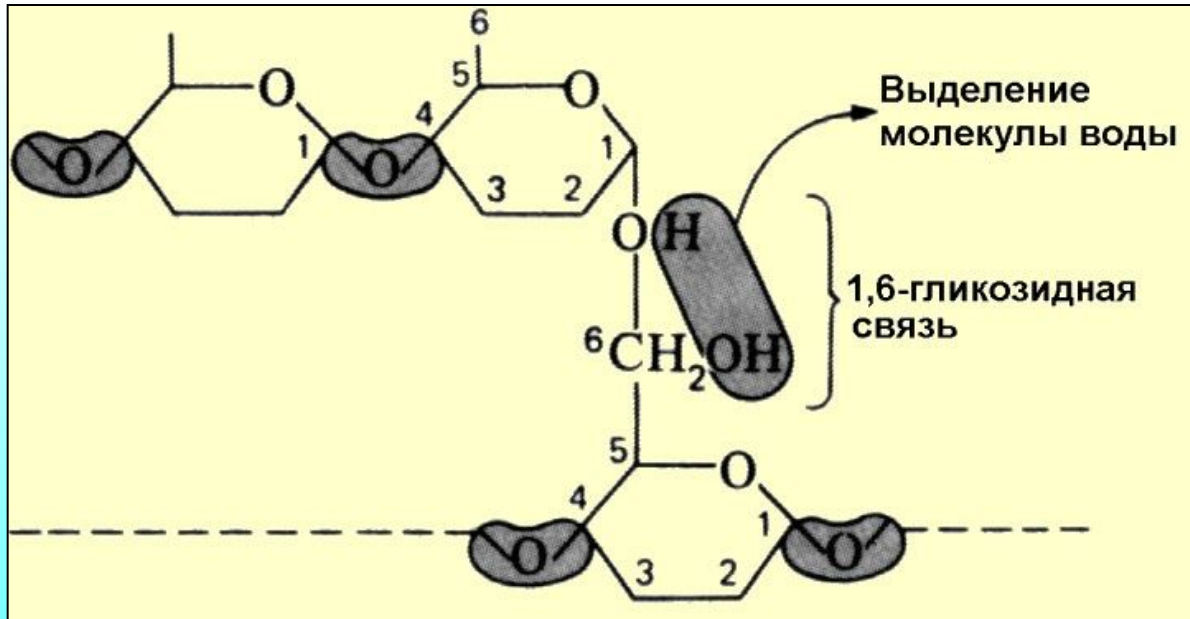


Полисахариды

Гликоген. Содержится главным образом в печени (20%) и мышцах (4%). Служит источником глюкозы. Молекула сходна с молекулой амилопектина, но сильнее ветвится. Гликоген сравнительно хорошо растворим в горячей воде.

Целлюлоза (клетчатка). Целлюлоза нерастворима в воде, лишь набухает в ней. Является линейным полимером β -глюкозы.

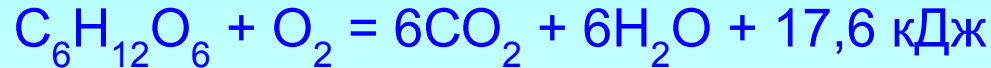
Муреин. Полисахарид, характерный для стенок бактериальных клеток.



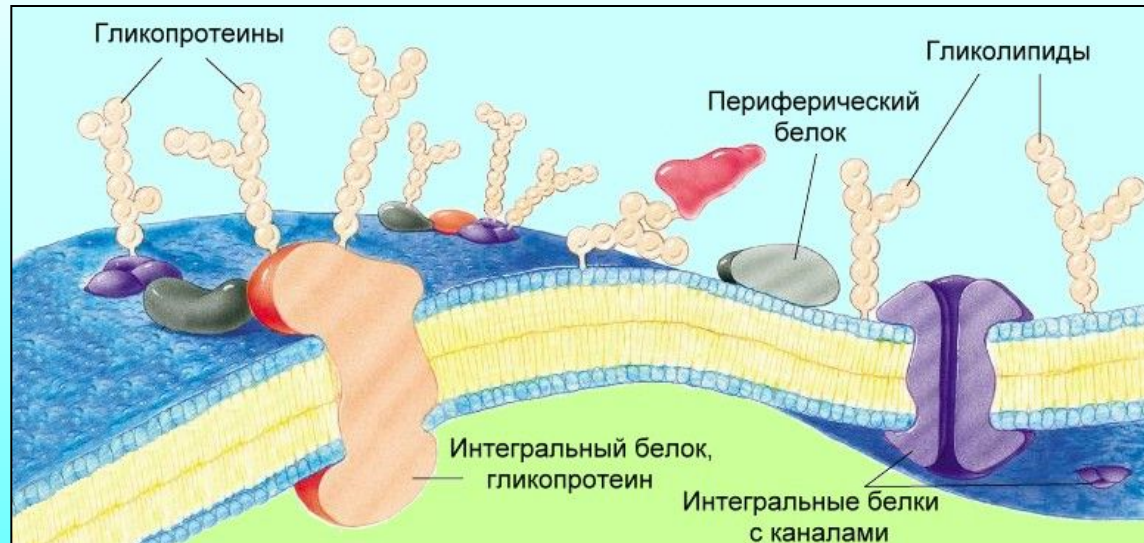
Полисахариды

Функции углеводов.

1. **Энергетическая.** Одна из основных функций углеводов. Углеводы — основные источники энергии в животном организме. При расщеплении 1 г углевода выделяется 17,6 кДж.

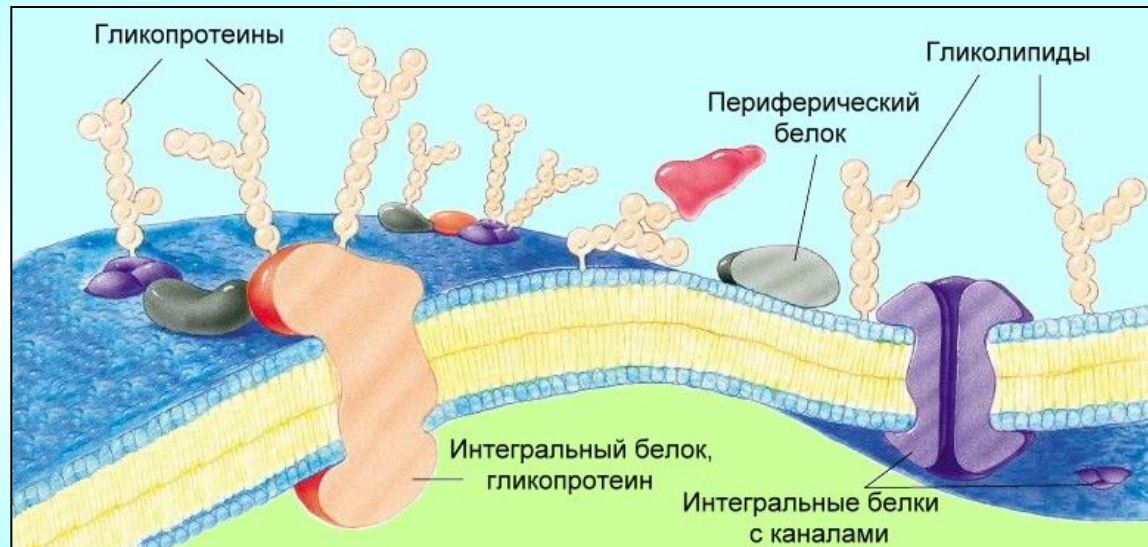


2. **Запасающая.** Выражается в накоплении крахмала клетками растений и гликогена клетками животных.
3. **Опорно-строительная.** Углеводы входят в состав клеточных мембран и клеточных стенок (гликокаликс, целлюлоза, хитин, муреин). Соединяясь с липидами и белками, образуют гликолипиды и гликопротеины.



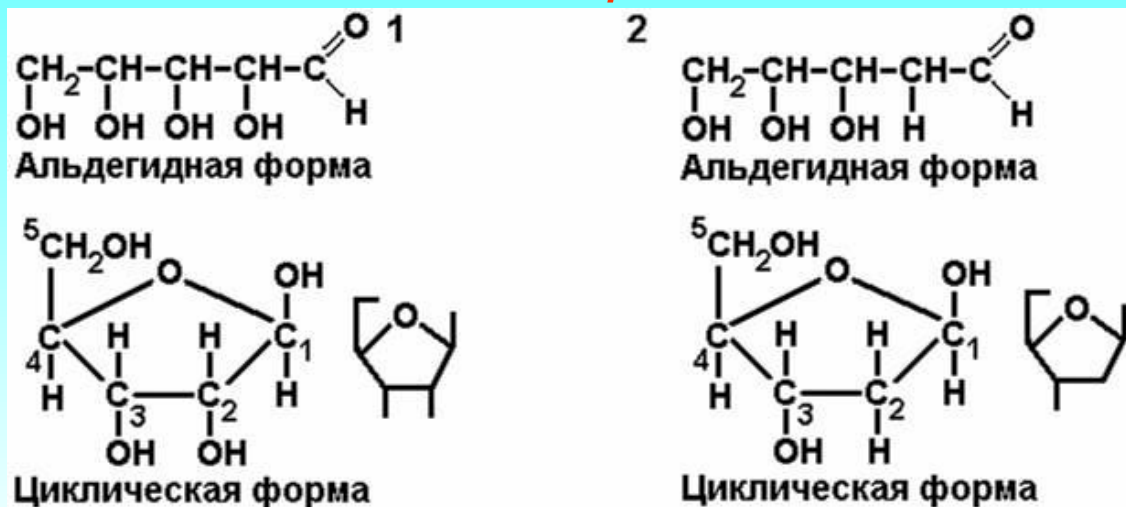
Полисахариды

4. Рибоза и дезоксирибоза входят в состав мономеров нуклеотидов ДНК, РНК и АТФ.
5. **Рецепторная.** Олигосахаридные фрагменты гликопротеинов и гликолипидов клеточных стенок выполняют рецепторную функцию.

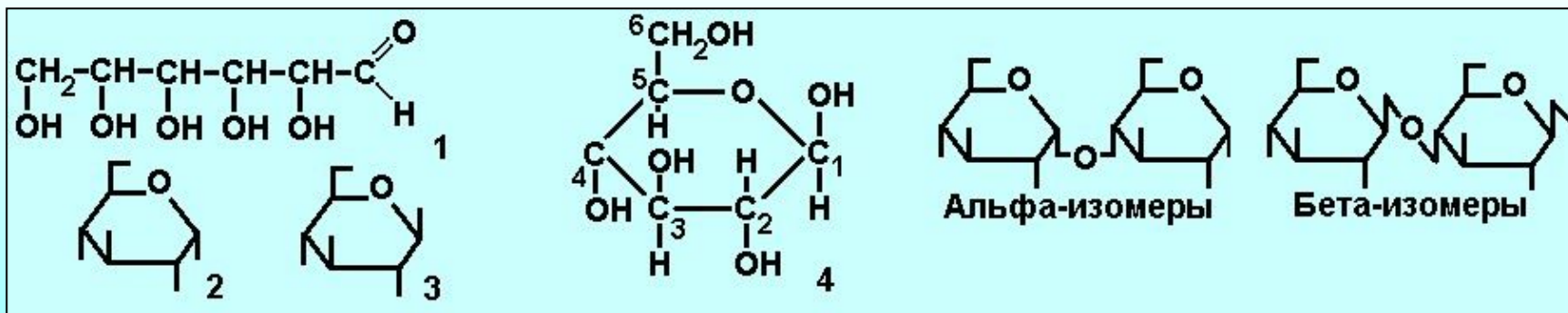


6. **Защитная.** Слизь, выделяемая различными железами, богата углеводами и их производными (например, гликопротеинами). Они предохраняют пищевод, кишечник, желудок, бронхи от механических повреждений, препятствуют проникновению в организм бактерий и вирусов.

Повторение:



1. Какие углеводы изображены на рисунке цифрами 1 — 2?
2. В состав каких органических молекул входят данные углеводы?



1. Какие формы глюкозы изображены на рисунке цифрами 1 — 4?
2. Как называется изомер глюкозы, входящий в состав целлюлозы? Гликогена? Крахмала?

Характеристика липидов

Липиды — сборная группа органических соединений, не имеющих единой химической характеристики. Их объединяет то, что все они являются производными высших жирных кислот, нерастворимы в воде, но хорошо растворимы в органических растворителях (эфире, хлороформе, бензине).

Липиды содержатся во всех клетках животных и растений. Содержание липидов в клетках составляет 5 - 15% сухой массы, но в жировой ткани может иногда достигать 90%.

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 %

Характеристика липидов

В зависимости от особенности строения молекул различают:

Простые липиды, представляющие собой двухкомпонентные вещества, являющиеся сложными эфирами высших жирных кислот и какого-либо спирта.

Сложные липиды, имеющие многокомпонентные молекулы: фосфолипиды, липопротеины, гликолипиды.

Липоиды, к которым относится **стероиды** – полициклический спирт холестерин и его производные.

Содержание в клетках химических соединений (в % от сырой массы)

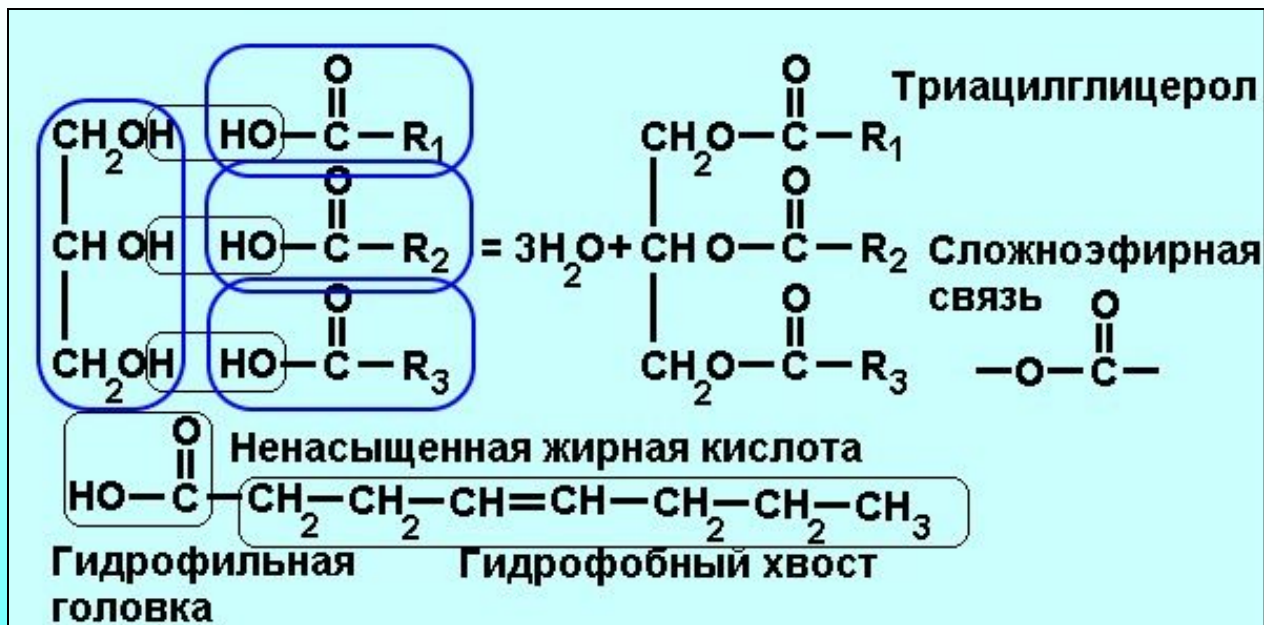
Неорганические соединения		Органические соединения	
Вода	75 - 85 %	Белки	10 - 15 %
Неорганические вещества	1,0 - 1,5 %	Жиры	1 - 5 %
		Углеводы	0,2 - 2,0 %
		Нуклеиновые кислоты	1 - 2 %
		Низкомолекулярные органические соединения	0,1 - 0,5 %

Характеристика липидов

Простые липиды.

Жиры. Жиры широко распространены в природе. Они входят в состав организма человека, животных, растений, микробов, некоторых вирусов. Содержание жиров в биологических объектах, тканях и органах может достигать 90%.

Жиры — это сложные эфиры высших жирных кислот и трехатомного спирта — глицерина. В химии эту группу органических соединений принято называть *триглицеридами*. Триглицериды — самые распространенные в природе липиды.

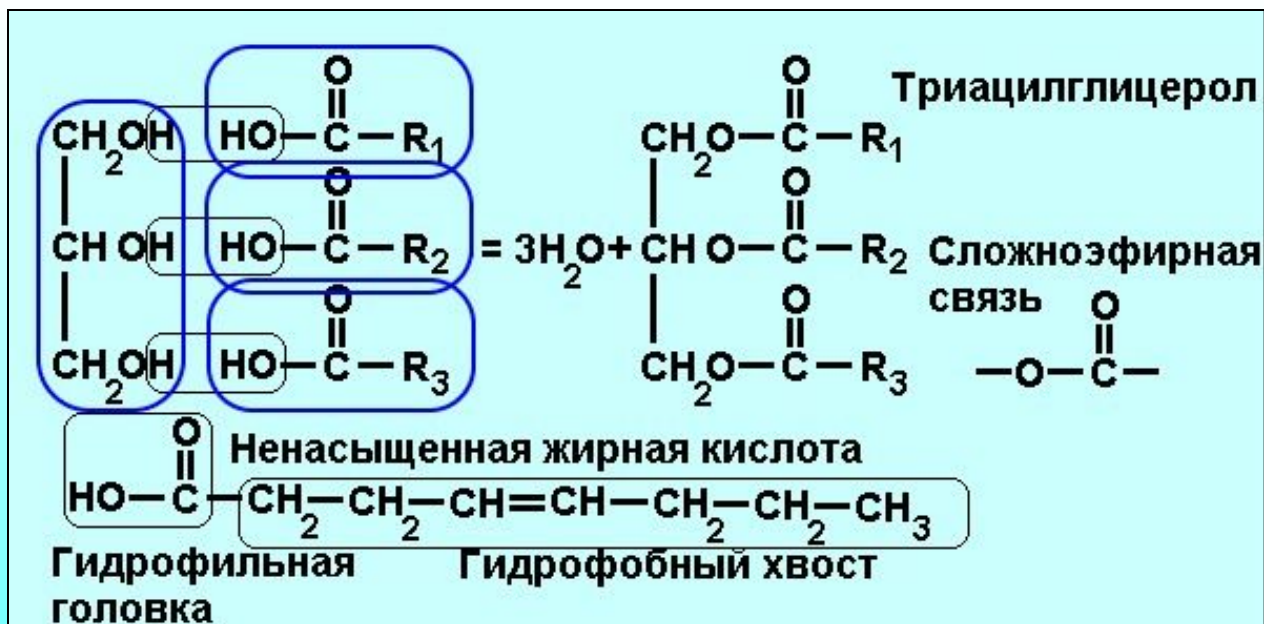


Характеристика липидов

Простые липиды.

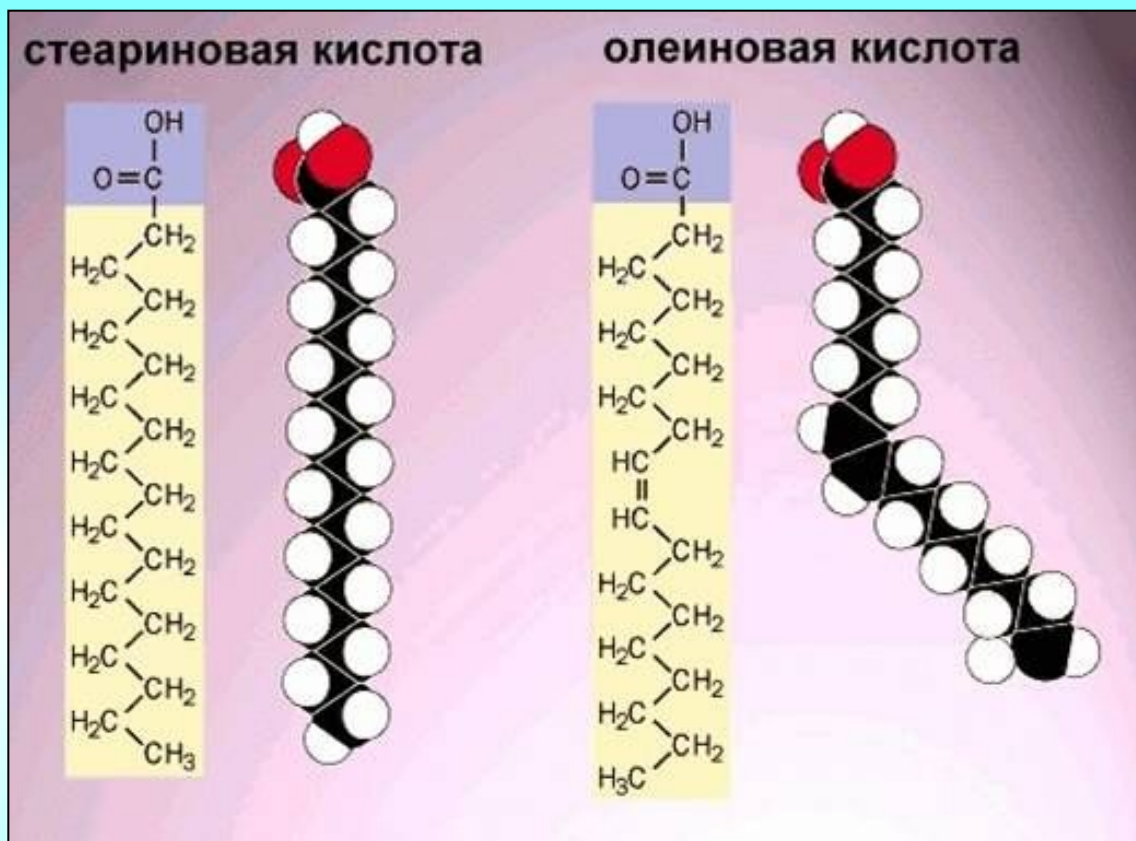
Жирные кислоты. В составе триглицеридов обнаружено более 500 жирных кислот, молекулы которых имеют сходное строение. Жирные кислоты имеют одинаковую для всех кислот группировку — карбоксильную группу ($-\text{COOH}$) и радикал, которым они отличаются друг от друга.

Поэтому общая формула жирных кислот имеет вид $\text{R}-\text{COOH}$. Карбоксильная группа образует головку жирной кислоты. Она полярна, поэтому гидрофильна.



Характеристика липидов

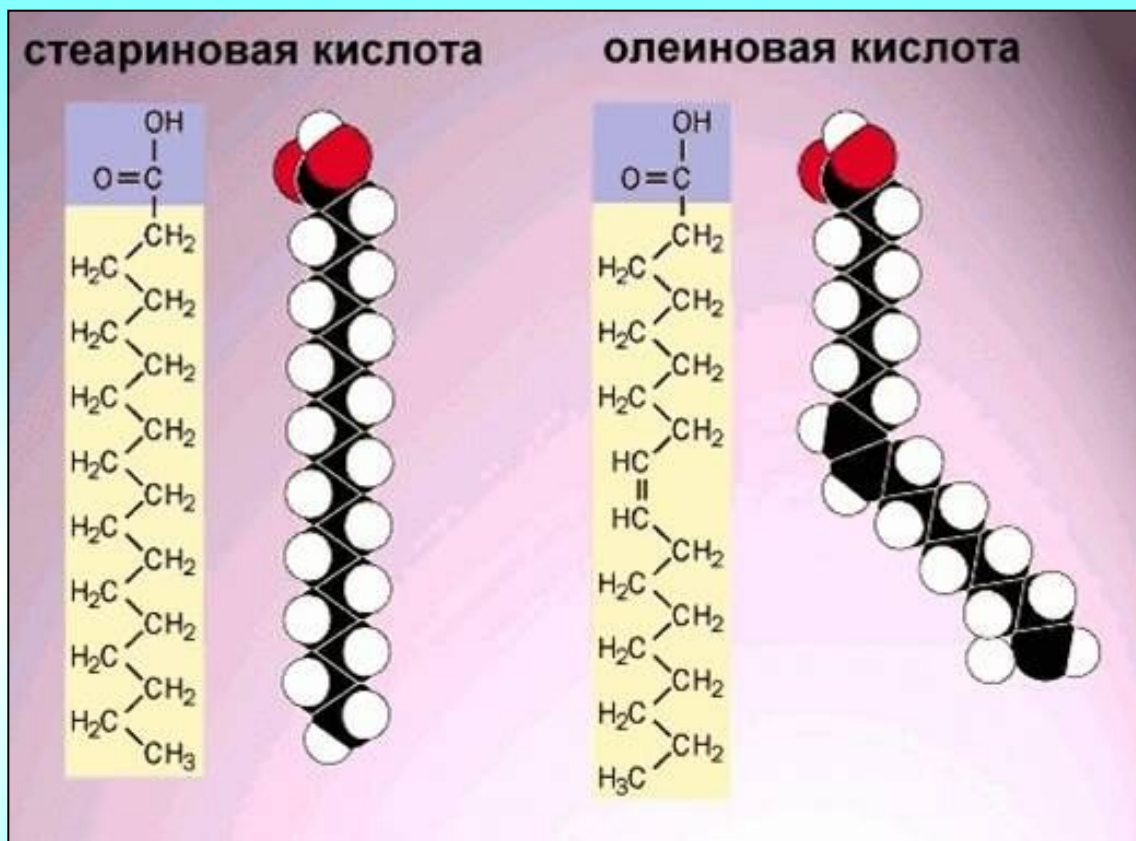
Радикал представляет собой углеводородный хвост, отличающийся у разных жирных кислот количеством группировок $-\text{CH}_2$. Он неполярен, поэтому гидрофобен. Большая часть жирных кислот содержит в "хвосте" четное число атомов углерода, от 14 до 22.



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 ($-\text{CH}=\text{CH}-$).

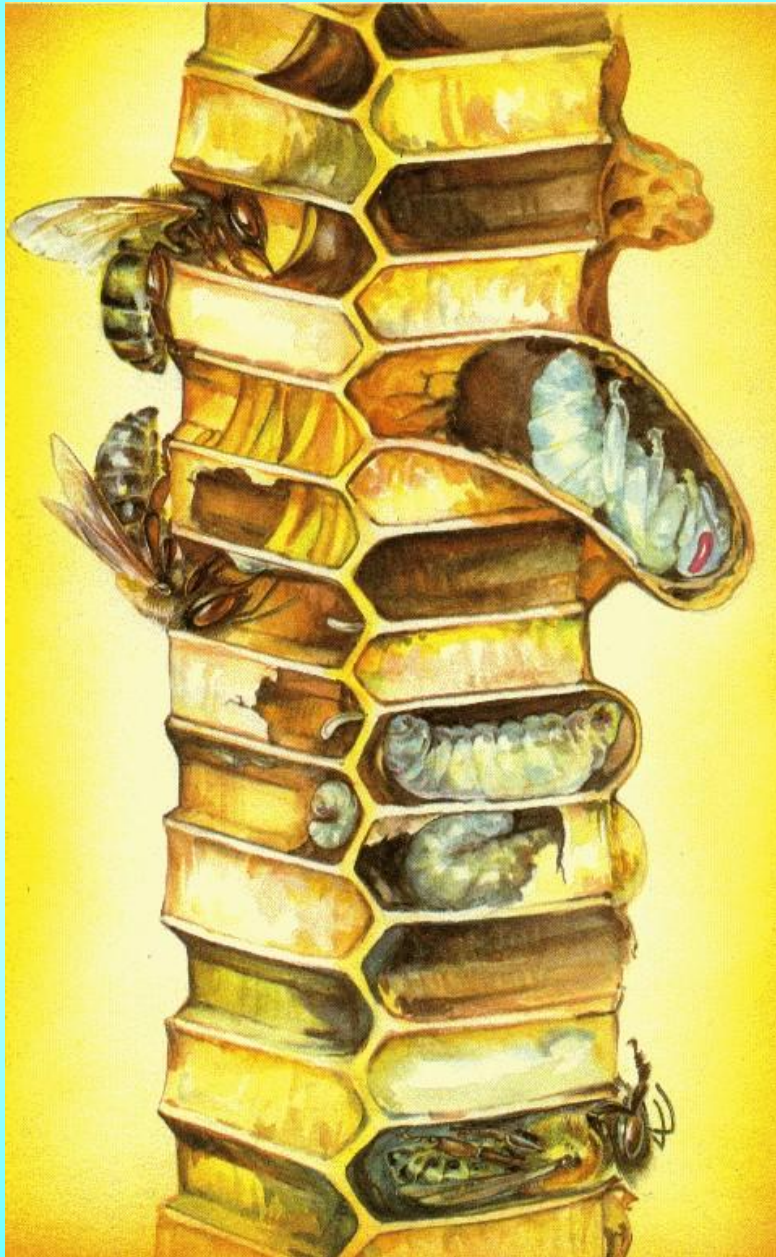
Характеристика липидов

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



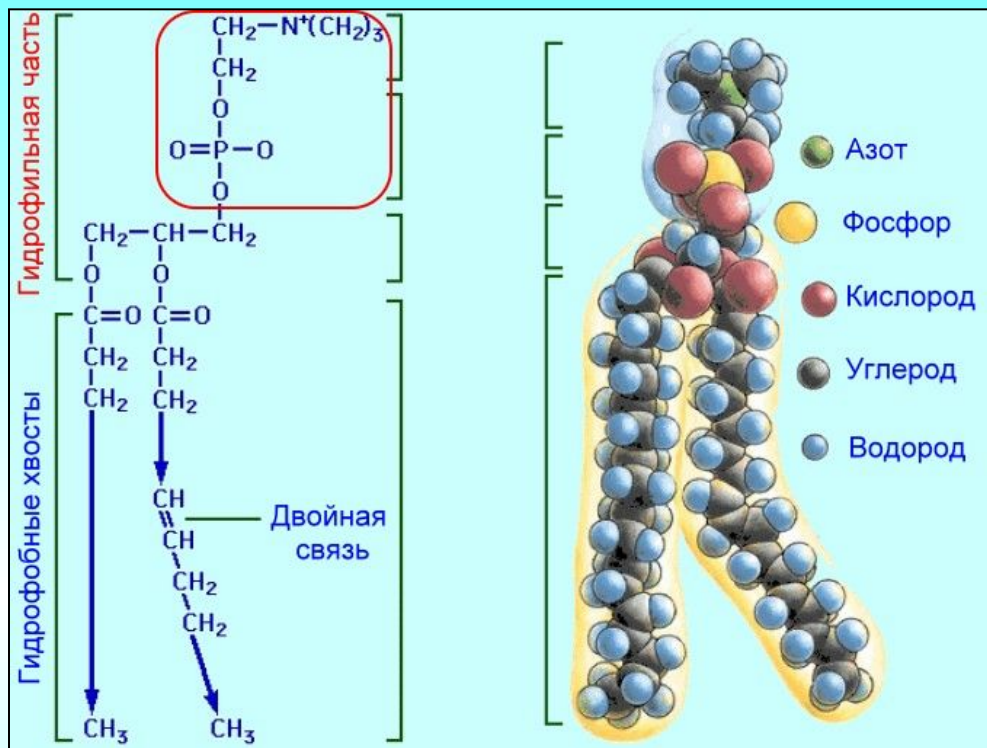
Обычно в реакцию вступают все три гидроксильные группы глицерина, поэтому продукт реакции называется триглицеридом. Физические свойства зависят от состава их молекул. Если в триглицеридах преобладают насыщенные жирные кислоты, то они твердые (жиры), если ненасыщенные — жидкие (масла). Плотность жиров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

Характеристика липидов



Воски — группа простых липидов, представляющих собой сложные эфиры высших жирных кислот и высших высокомолекулярных спиртов. Воски встречаются как в животном, так и в растительном царстве, где выполняют главным образом защитные функции. У растений они, например, покрывают тонким слоем листья, стебли и плоды, предохраняя их от смачивания водой и проникновения микроорганизмов. От качества воскового покрытия зависят сроки хранения фруктов. Под покровом пчелиного воска хранится мед и развиваются личинки. Другие виды животного воска (ланолин) предохраняют волосы и кожу от действия воды.

Характеристика липидов

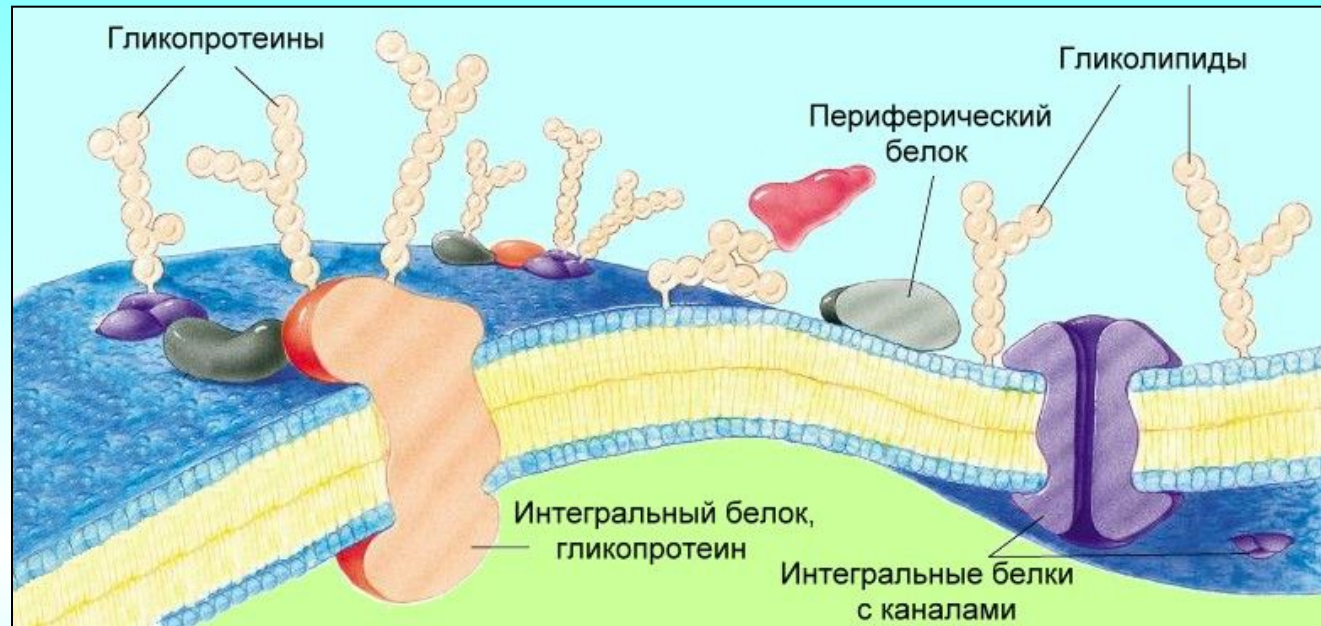
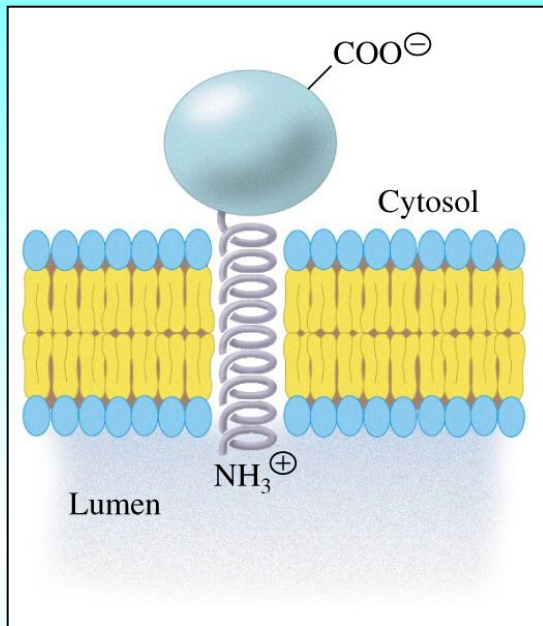


Сложные липиды.

Фосфолипиды — сложные эфиры многоатомных спиртов с высшими жирными кислотами, содержащие остаток фосфорной кислоты. Иногда с ней могут быть связаны добавочные группировки (азотистые основания, аминокислоты, глицерин и др.).

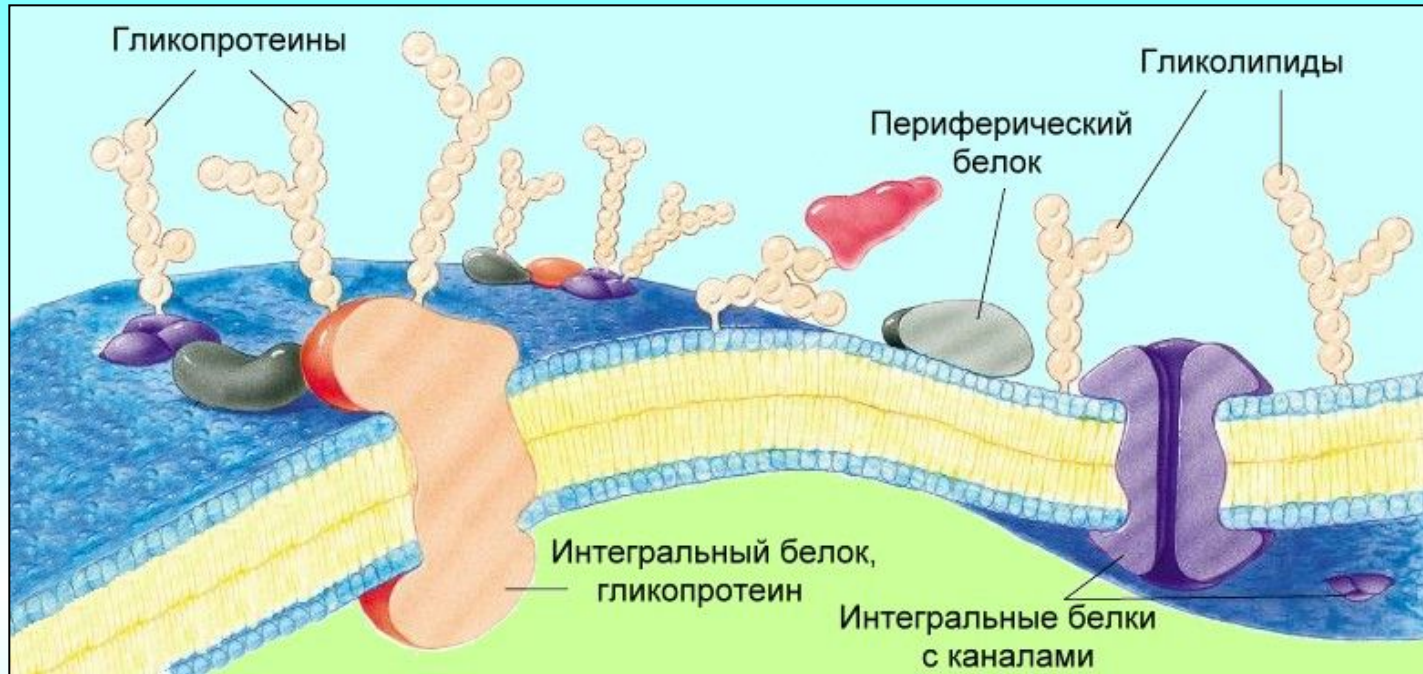
Как правило, в молекуле фосфолипидов имеется два остатка высших жирных и один остаток фосфорной кислоты. Фосфолипиды найдены и в животных, и в растительных организмах. Фосфолипиды присутствуют во всех клетках живых существ, участвуя главным образом в формировании клеточных мембран.

Характеристика липидов



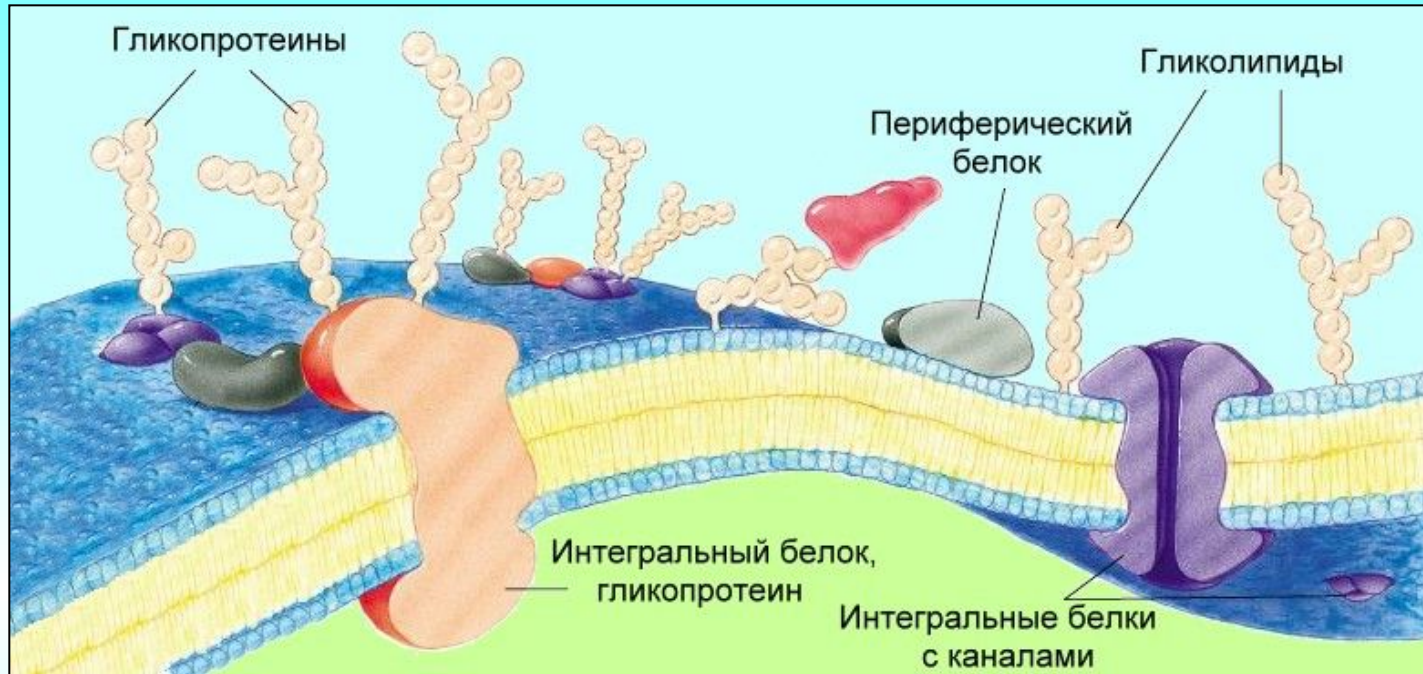
Липопротеины — производные липидов с различными белками. Одни белки пронизывают мембрану — **интегральные** белки, другие погружены в мембрану на различную глубину — **полуинтегральные** белки, третьи находятся на внешней или внутренней поверхности мембраны — **периферические** белки.

Характеристика липидов



Гликолипиды — это углеводные производные липидов. В состав их молекул наряду с многоатомным спиртом и высшими жирными кислотами входят также углеводы (обычно глюкоза или галактоза). Они локализованы преимущественно на наружной поверхности плазматической мембраны, где их углеводные компоненты входят в число других углеводов клеточной поверхности.

Характеристика липидов

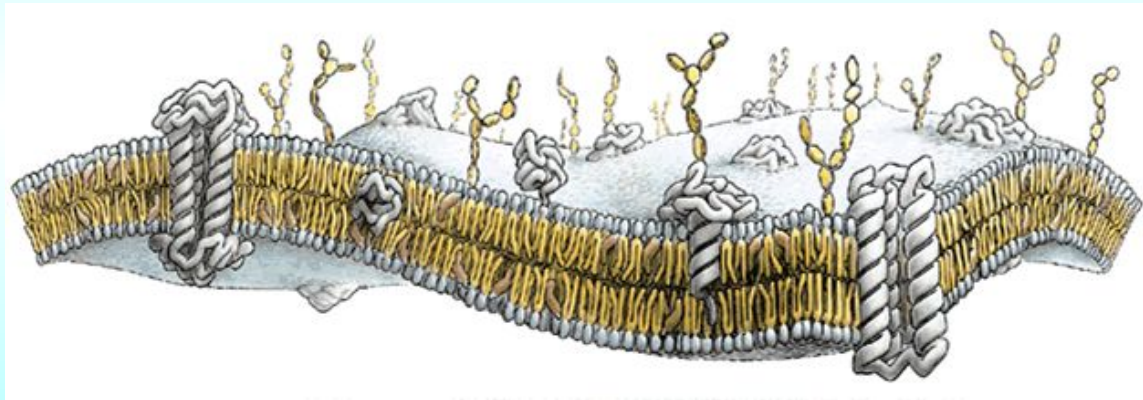


Липиды — жироподобные вещества. К ним относятся стероиды (широко распространенный в животных тканях **холестерин**, его **производные** — **эстрадиол** и **тестостерон** — соответственно женский и мужской половые гормоны), **терпены** (эфирные масла, от которых зависит запах растений), **гиббереллины** (ростовые вещества растений), **некоторые пигменты** (хлорофилл, билирубин), **часть витаминов** (A, D, E, K) и др.

Характеристика липидов

Функции липидов.

1. Основная функция липидов — **энергетическая**. Калорийность липидов выше, чем у углеводов. В ходе расщепления 1 г жиров до CO_2 и H_2O освобождается 38,9 кДж.
2. **Структурная**. Липиды принимают участие в образовании клеточных мембран. В составе мембран находятся фосфолипиды, гликолипиды, липопротеины.



3. **Запасающая**. Это особенно важно для животных, впадающих в холодное время года в спячку или совершающих длительные переходы через местность, где нет источников питания. Семена многих растений содержат жир, необходимый для обеспечения энергией развивающееся растение.

Характеристика липидов

4. **Терморегуляторная.** Жиры являются хорошими термоизоляторами вследствие плохой теплопроводимости. Они откладываются под кожей, образуя у некоторых животных толстые прослойки. Например, у китов слой подкожного жира достигает толщины 1 м.
5. **Защитно-механическая.** Скапливаясь в подкожном слое, жиры защищают организм от механических воздействий.



Характеристика липидов



6. **Каталитическая.** Эта функция связана с жирорастворимыми витаминами (А, D, Е, К). Сами по себе витамины не обладают каталитической активностью. Но они являются коферментами, без них ферменты не могут выполнять свои функции.
7. **Источник метаболический воды.** Одним из продуктов окисления жиров является вода. Эта метаболическая вода очень важна для обитателей пустынь. Так, жир, которым заполнен горб верблюда, служит в первую очередь не источником энергии, а источником воды (при окислении 1 кг жира выделяется 1,1 кг воды).
8. **Повышение плавучести.** Запасы жира повышают плавучесть водных животных.

Повторение:

****Тест 1. К моносахаридам относятся:**

- | | |
|---|--|
| 1. Крахмал. | 5. Свекловичный сахар (сахароза). |
| 2. Гликоген. | 6. Мальтоза. |
| 3. Глюкоза.  | 7. Молочный сахар (лактоза). |
| 4. Дезоксирибоза.  | 8. Рибоза.  |

****Тест 2. К полисахаридам относятся:**

- | | |
|--|---|
| 1. Крахмал.  | 5. Рибоза. |
| 2. Гликоген.  | 6. Мальтоза. |
| 3. Глюкоза. | 7. Молочный сахар (лактоза). |
| 4. Дезоксирибоза. | 8. Целлюлоза.  |

****Тест 3. К дисахаридам относятся:**

- | | |
|---|--|
| 1. Крахмал. | 5. Хитин. |
| 2. Свекловичный сахар (сахароза)  | 6. Мальтоза.  |
| 3. Глюкоза. | 7. Молочный сахар (лактоза). |
| 4. Дезоксирибоза. | 8. Целлюлоза. |
- 

Повторение:

Тест 4. В состав молекулы ДНК входят остатки:

1. Рибозы.
2. Дезоксирибозы.
3. Глюкозы.
4. Фруктозы.



Тест 5. Молекула крахмала состоит:

1. Из остатков рибозы.
2. Из остатков α -глюкозы.
3. Из остатков и β -глюкозы.
4. Из остатков дезоксирибозы.



****Тест 6. Углеводы в организме выполняют функции:**

- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1. Структурную. | 5. Взаимодействие клеток. |
| 2. Энергетическую. | 6. Источник метаболической воды. |
| 3. Каталитическую. | 7. Запасающую. |
| 4. Многие являются гормонами. | |



Повторение:

Тест 7. При полном сгорании 1 г. вещества выделилось 38,9 кДж энергии. Это вещество относится:

1. К углеводам.
2. К жирам. 
3. Или к углеводам, или к липидам.
4. К белкам.

Тест 8. Основу клеточных мембран образуют:

1. Жиры.
2. Фосфолипиды. 
3. Воска.
4. Липиды.

Тест 9. Утверждение: "Фосфолипиды — сложные эфиры глицерина (глицерола) и жирных кислот":

Верно.

Ошибочно. 

Повторение:

****Тест 10. Липиды выполняют в организме следующие функции:**

1. Структурную.
2. Энергетическую.
3. Теплоизолирующую.
4. Некоторые - гормоны.
5. Некоторые являются ферментами.
6. Источник метаболической воды.
7. Запасающую.
8. К ним относятся витамины А, D, Е, К.

****Тест 11. Молекула жира состоит из остатков:**

1. Аминокислот.
2. Нуклеотидов.
3. Глицерина.
4. Жирных кислот.

Тест 12. Гликопротеины — это комплекс:

- Белков и углеводов.
- Нуклеотидов и белков.
- Глицерина и жирных кислот.
- Углеводов и липидов.

Повторение:

Тест 13. Фосфолипиды — это комплекс:

Белков и углеводов.

Нуклеотидов и белков.

Глицерина и жирных кислот.

Липидов и остатков фосфорной кислоты. 

****Тест 14. К пентозам относятся:**

Глюкоза.

Фруктоза.

Рибоза. 

Дезоксирибоза. 