

Химический состав клетки

Строение атома

Для хорошего понимания молекулярной биологии важно вспомнить строение атома.

Параметр	Для элементов главных подгрупп равно:	Для элементов побочных подгрупп (Sc–Zn) равно:
1. Общее число e	порядковому номеру	порядковому номеру
2. Число электронных слоев и номер внешнего слоя/уровня	номеру периода	номеру периода
3. Число e на внешнем слое	номеру группы ❗ He (2e)	2e ❗ Cr, Cu 1e (проскок)
4. Число валентных e Валентные электроны: – слабее остальных удерживаются или притягиваются – определяют число и характер связей, а также многообразие веществ, которые образует элемент	номеру группы ❗ кроме O, F, благородных газов – расположены на s- или s- и p-подуровнях только внешнего слоя – совпадает с числом внешних e	номеру группы для Sc–Mn ❗ про точное число валентных электронов у Fe – Zn не спросят – расположены на внешнем s- и предвнешнем d-подуровнях (то есть на внешнем и предвнешнем слоях) – НЕ совпадает с числом внешних e

Порядок заполнения: 1s – 2s – 2p – 3s – 3p – 4s – 3d – 4p...

Рассмотрим строение атома на примере серы, находящейся в третьем периоде и имеющей 16 порядковый номер в таблице Менделеева. Масса ядра атома серы равна 16 а.е.м., число протонов атома – 16, число электронов атома – 16.



Определить число и расположение электронов в атомах можно по таблице Менделеева.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	¹ H Водород							² He Гелий
2	³ Li Литий	⁴ Be Бериллий	⁵ B Бор	⁶ C Углерод	⁷ N Азот	⁸ O Кислород	⁹ F Фтор	¹⁰ Ne Неон

Водород



Гелий



Литий



Бериллий



Бор



Углерод



Азот



Кислород



Фтор



Неон



От числа электронов на внешнем энергетическом уровне зависят химические свойства элемента. В частности, его электроотрицательность.

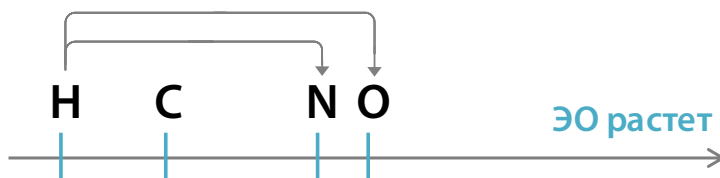
Если хочется подробнее вспомнить эту тему, то посмотри наши химические вебинары:

https://vk.com/video-52582503_456239215

https://vk.com/video-52582503_456239217

Нас же больше всего интересует электроотрицательность 4 элементов-органогенов: водорода (H), углерода (C), азота (N) и кислорода (O).

Электроотрицательность — способность атома смещать к себе общие электронные пары. Наиболее электроотрицательным элементом является фтор, сила электроотрицательности снижается по мере отдаления элемента в таблице Менделеева от фтора.



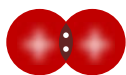
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	¹ H 1,008 Водород						(H)
2	³ Li 6,94 Литий	⁴ Be 9,01 Бериллий	⁵ B 10,81 Бор	⁶ C 12,01 Углерод	⁷ N 14,00 Азот	⁸ O 16,00 Кислород	⁹ F 19,00 Фтор
3	¹¹ Na 22,99 Натрий	¹² Mg 24,31 Магний	¹³ Al 26,98 Алюминий	¹⁴ Si 28,09 Кремний	¹⁵ P 30,97 Фосфор	¹⁶ S 32,06 Сера	¹⁷ Cl 35,45 Хлор

Таким образом, электроотрицательность в ряду водород (H), углерод (C), азот (N), кислород (O) повышается.

Типы химической связи

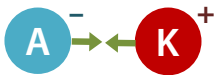
Ковалентная

Атомы связываются за счет общих электронных пар



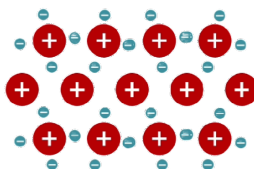
Ионная

Притяжение противоположно заряженных ионов



Металлическая

Общее электронное облако склеивает атомы и катионы



Водородная

Промежуточная между ковалентной и межмолекулярной

Атомы с высокой электроотрицательностью, такие как фтор, хлор и азот, способны притягивать электроны и образовывать **ионные связи** с малоэлектроотрицательными атомами.

Ионная связь встречается в таких молекулах, как соли (NaCl и CH_3COONa), состоящих из положительного заряженного иона — катиона (Na^+) и отрицательно заряженного иона — аниона (Cl^- или CH_3COO^-).

Для дальнейшего понимания строения основных органических и неорганических веществ нам важно понять механизмы образования **неполярной и полярной связи**.

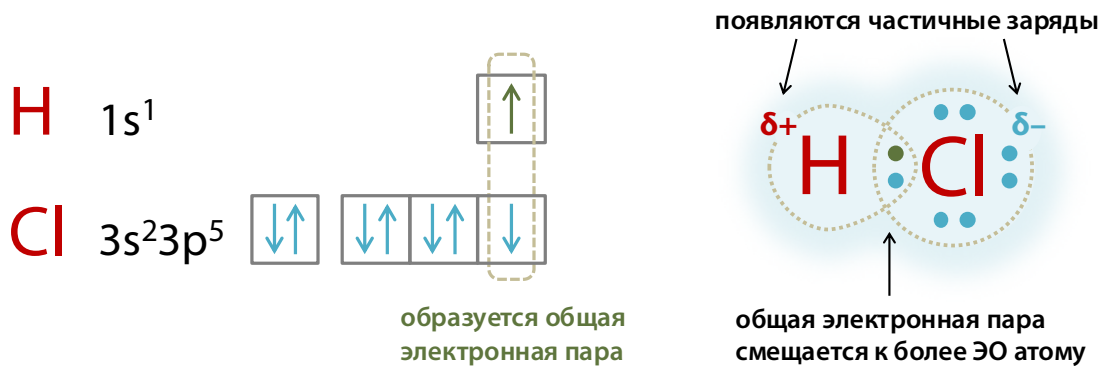
Ковалентная неполярная связь (КНС) образуется между атомами одного и того же элемента (неметалла), имеющими **одинаковое** окружение.

У таких атомов **равны** значения электроотрицательности.

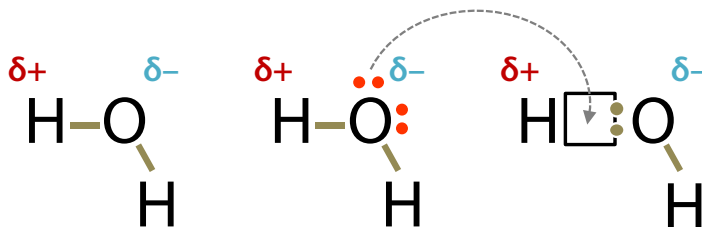


Ковалентная полярная связь (КПС) образуется между атомами неметаллов с разной электроотрицательностью.

Ковалентная полярная связь (КПС) образуется между атомами неметаллов с разной электроотрицательностью.



Водородная связь — форма ассоциации между электроотрицательным атомом и атомом водорода H, связанным ковалентно с другим электроотрицательным атомом.



1. Электростатическое притяжение атомов водорода и кислорода
2. Электронная пара кислорода взаимодействует с частично пустой 1s-орбиталью водорода

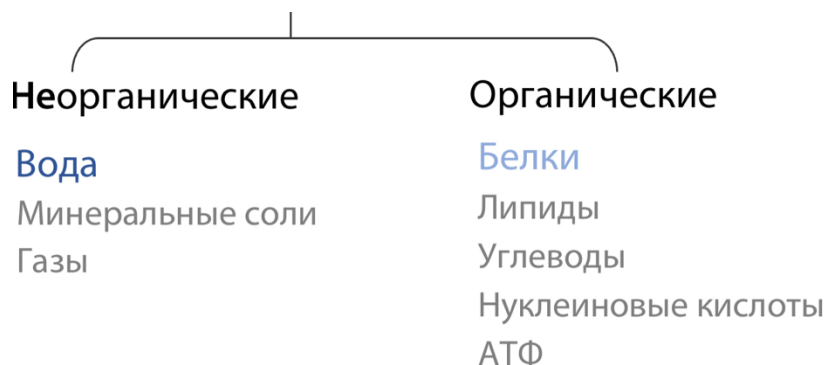
Водородная связь характерна для воды (H₂O), белков, ДНК.

Подробнее о химических связях было в вебинарах по химии:

https://vk.com/video-52582503_456239219?list=0abc024da479ba02be

https://vk.com/video-52582503_456239181?list=00400892b7dd1dfc56

Теперь познакомимся с основными веществами, которые мы будем изучать в рамках молекулярной биологии:

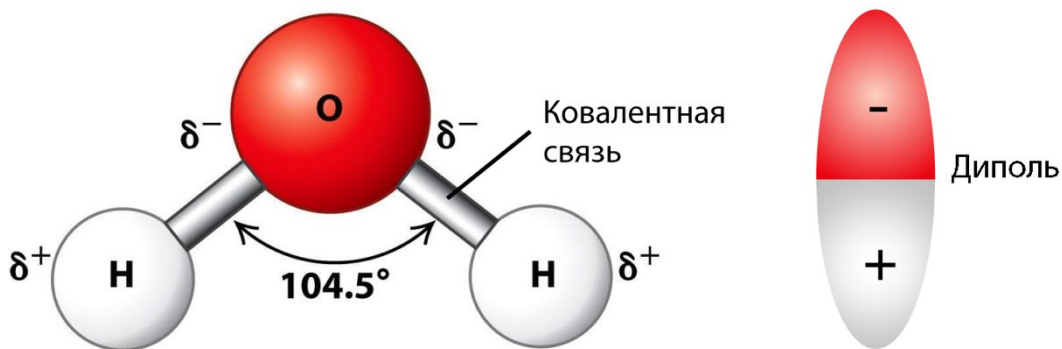


Вода

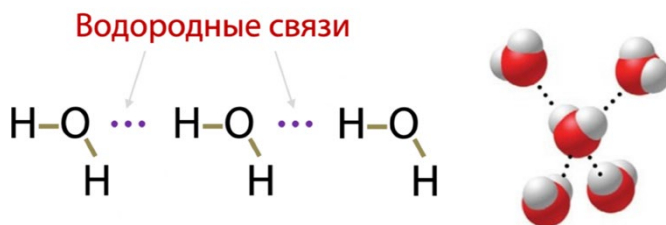
Вода составляет 70-80% всех веществ клетки, обладает рядом уникальных физических и химических свойств, благодаря которым играет ключевую роль в живых системах.

Строение воды:

Особые свойства воды, перечисленные в списке ниже, обусловлены её строением. Молекула воды состоит из двух атомов водорода, которые **ковалентными полярными связями** прикрепляются к одному атому кислорода. На кислороде формируется частичный отрицательный заряд, а на атомах водорода — частичный положительный заряд. В связи с этим молекула воды полярная и является **диполем** с положительным и отрицательным полюсами.



Полярные молекулы воды взаимодействуют между собой, образуя **межмолекулярные водородные связи**. Водородные связи значительно слабее ковалентных связей, но достаточны для удержания молекул воды в связанном друг с другом состоянии. Именно поэтому вода при нормальных условиях является жидкостью.



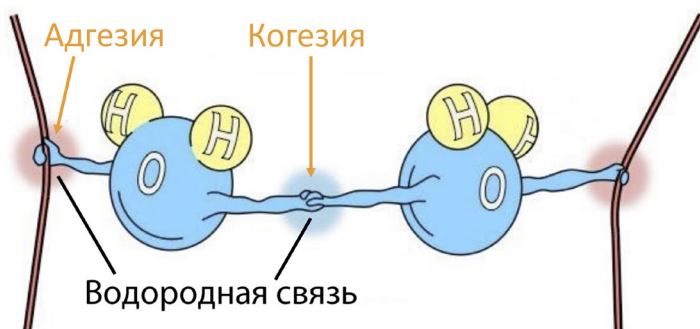
Свойства воды:

- 1. Полярность (полярный растворитель).** Наличие полюсов у молекулы воды определяет её свойство полярного растворителя, любые заряженные группы взаимодействуют с водой (растворяются).

Функции — растворитель, среда для протекания реакций, участник химических реакций.

- 2. Сцепление молекул.** Полярность воды и её способность формировать водородные связи обуславливает соединение молекул воды между собой (**когезия**) и с поверхностью других веществ (**адгезия**). В результате таких взаимодействий на поверхности воды образуется «плёнка», что и объясняет её **капиллярные свойства**

и **высокое поверхностное натяжение**. Капиллярный эффект обеспечивает движение воды вверх внутри узкого капилляра.



Функции — транспорт веществ (транспирационный ток), осмос, поддержание объёма и тургора клеток.

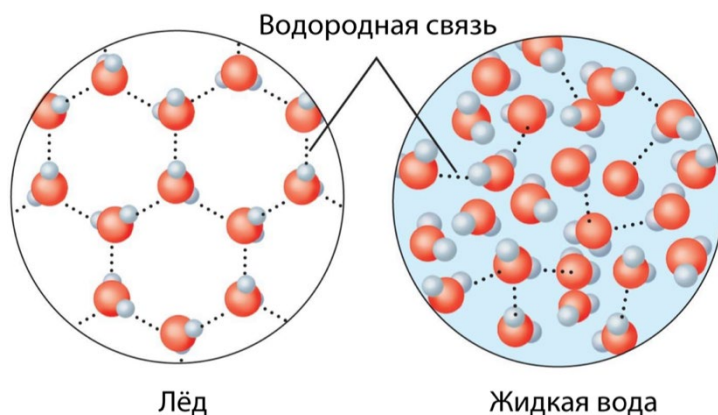
3. **Высокая теплоемкость и теплопроводность.** Вода при нагревании способна поглощать, распределять и удерживать большое количество теплоты, минимизируя колебание температур. Это свойство делает воду идеальной жидкостью для поддержания теплового равновесия внутри и снаружи организма, а также в атмосфере.

Функции — среда обитания, внутренняя среда организма, терморегуляция, поддержание стабильного климата (летом и днем вода поглощает и удерживает большое количество тепла, зимой и ночью — медленно отдаёт это тепло в атмосферу, нагревая её).

4. **Высокая температура парообразования.** Использование значительного количества энергии на разрыв водородных связей при испарении воды способствует охлаждению.

Функции — терморегуляция, защита от перегрева.

5. **Расширение при замерзании.** При охлаждении до 0°C расстояние между молекулами воды за счёт водородных связей слегка увеличивается. В результате плотность льда уменьшается и объём увеличивается, лёд оказывается легче воды.



Функции — повреждение клеток и сосудов при замерзании воды.

Основные функции воды:

1. **Участие в химических реакциях.** Донор электронов в фотосинтезе ($2\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$), участие в гидролизе больших молекул.
2. **Полярный растворитель.** Полярная вода связывается с полярными участками молекул, образуя водородные связи и растворяя вещества (мономеры) в воде или смачивая их (полимеры). С неполярными веществами вода не взаимодействует, водородные связи не образуются. Неполярные (гидрофобные) вещества растворяются только в неполярных растворителях.

Классификация веществ по отношению к воде:



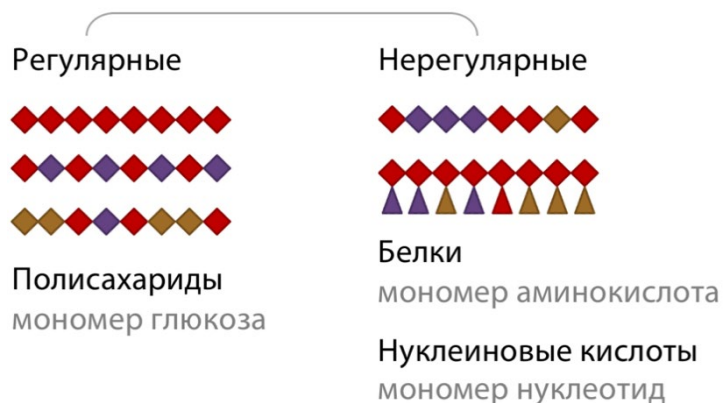
3. **Среда для химических реакций.** Большинство реакций протекает в растворах. При растворении веществ их реакционная способность увеличивается.
4. **Транспорт веществ.** Адгезия и когезия обеспечивают движение воды по сосудам растений. Молекулы воды прилипают к стенкам, содержащим смачиваемые волокна целлюлозы, в результате вода поднимается против силы тяжести. Кроме того, большинство химических соединений может транспортироваться в/из клетки только в растворенном виде.



5. **Поддержание структуры клеток.** Несжимаемость воды, адгезия и когезия обеспечивают тургор клеток и поддержание их объёма. Подробно тургор рассмотрен в теме «Клетки растений, животных и грибов» (раздел Общая биология).
6. **Терморегуляция.** Охлаждение организма обеспечивается испарением воды, на которое затрачивается большое количество тепла. Например, потообразование животных, транспирация растений. Кроме того, организмы поддерживают тепловой баланс за счет высокой теплоемкости воды во внутренней среде организма.

Органические вещества клетки

Все органические вещества могут быть разделены на две группы: низкомолекулярные вещества (размер до сотни атомных единиц массы) и полимеры (масса до миллиона а.е.м.). **Полимеры** состоят из большого количества многократно повторяющихся единиц — мономеров. Количество мономеров в полимерах различно. Полимеры подразделяются на **регулярные**, построенные из мономеров одного типа, и **нерегулярные**, состоящих из различающихся мономеров.



Липиды не являются полимерами, так как в их структуре нет множества повторяющихся звеньев!

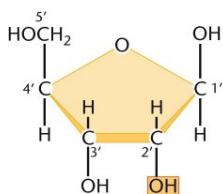
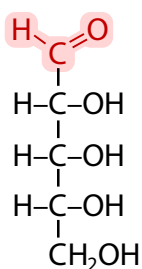
1. Углеводы

Углеводы — сахароподобные вещества с общей формулой $C_n(H_2O)_m$. В животных клетках содержится около 1-3 % углеводов, в клетках растений до 90 %. Классифицируются на моносахариды (моно — один), дисахариды (ди — два), олигосахариды (олиго — несколько) и полисахариды (поли — много).

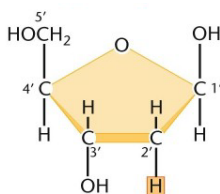
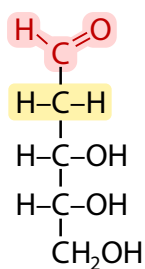


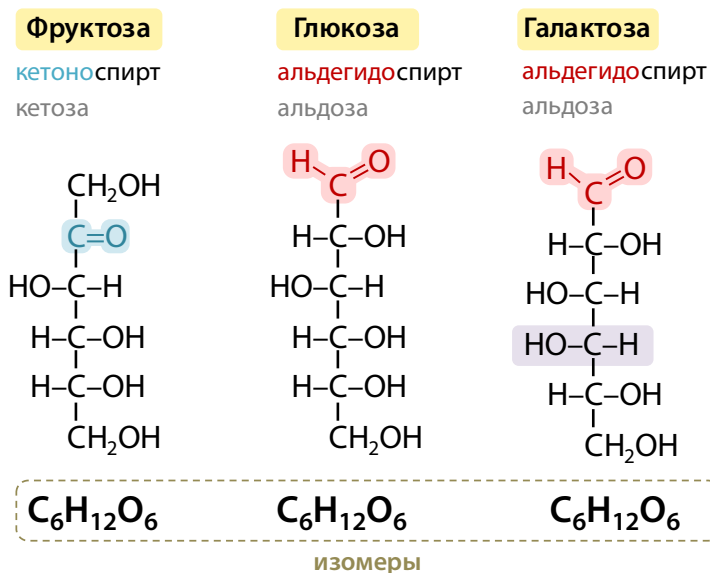
Моносахариды состоят из 3-8 атомов углерода и являются мономерами остальных углеводов. Они классифицируются на группы по количеству углерода: триозы — 3 атома углерода, пентозы — 5 атомов, гексозы — 6 атомов. В водных растворах моносахариды могут существовать в развёрнутой и циклической форме, но в состав полимеров входят только в циклическом виде (α и β формах).

Рибоза



Дезоксирибоза





Полисахариды (крахмал, целлюлоза, гликоген) — регулярные полимеры, состоящие из мономера-глюкозы. **Крахмал** имеет 2 структуры: амилозу и амилопектин. При взаимодействии с йодом крахмал окрашивается в сине-фиолетовый цвет (качественная реакция на крахмал).



Общие функции углеводов:

1. Энергетическая (1 г углеводов образует 17,6 кДж).
2. Структурная (целлюлоза, хитин, рибоза, дезоксирибоза)
3. Запасаящая (крахмал, гликоген).
4. Сигнальная — углеводы на поверхности клетки улавливают сигналы извне.
5. Криопротекторная — углеводы увеличивают вязкость цитоплазмы и уменьшают ее температуру замерзания. Защищают клетку от замерзания и разрыва.

2. Липиды

Липиды — группа гидрофобных неполярных соединений, не растворимых в воде. В клетках содержится 5-90 % липидов. Многие липиды состоят из жирных кислот и глицерина, объединенных эфирной связью.

Классически для экзамена липиды классифицируются на группы:

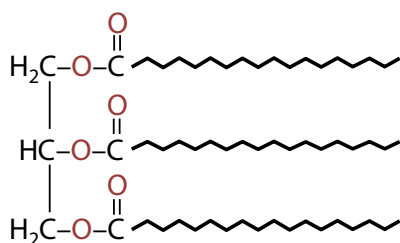
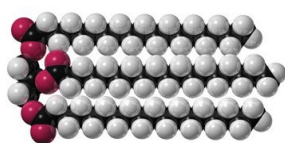
1. Триглицериды (жиры и масла).
2. Воски.
3. Фосфолипиды.
4. Стероиды (холестерин, стероидные гормоны).
5. Дополнительно выделяют липопротеиды (липид + белок) и гликолипиды (углевод + липид), жирорастворимые витамины (К, Е, Д, А).

Триглицериды (жиры и масла) состоят из глицерина и жирных кислот. От степени насыщенности жирных кислот зависит температура плавления жира и его агрегатное состояние при нормальных условиях: животные жиры (с насыщенными жирными кислотами) твердые, растительные жиры (с ненасыщенными кислотами) жидкие.

Жиры

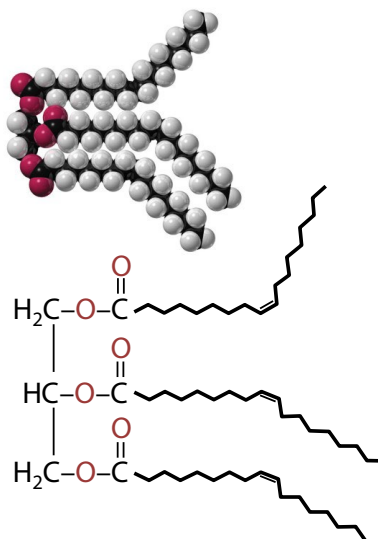
Животные 
Твердые

Тристеарин $t_{пл.} = +72\text{ }^{\circ}\text{C}$



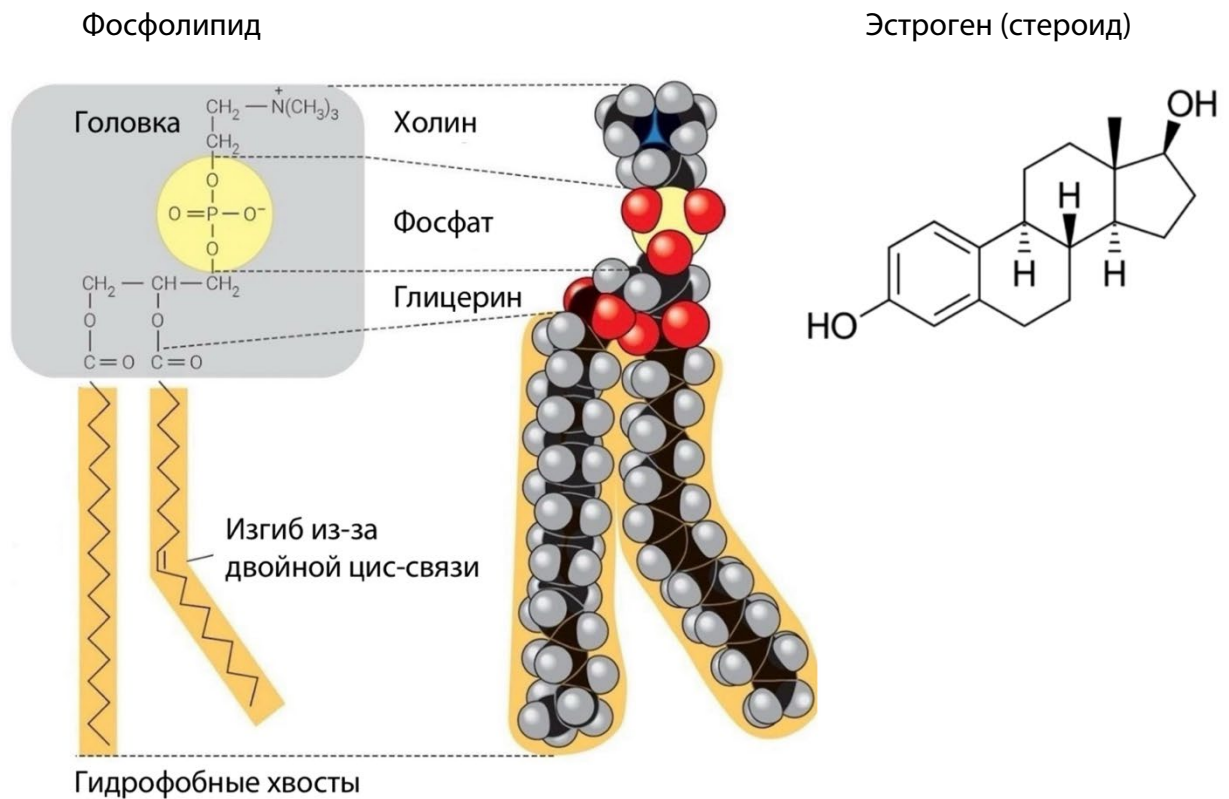
Растительные 
Жидкие

Триолеин $t_{пл.} = -4^{\circ}\text{C}$



Фосфолипиды схожи по строению с триглицеридами, но одна из жирных кислот заменена на остаток фосфорной кислоты. Фосфолипиды амфифильны: их полярная головка гидрофильна, а два неполярных хвоста гидрофобны. Благодаря амфифильности фосфолипиды замыкаются в мицеллы (капли) или двухслойные структуры (билипидный слой).

Стероиды — тетрациклические соединения (в структуре имеют 4 цикла), устойчивы к воздействию температур. Холестерин является предшественником витамина D и обуславливает жесткость клеточных мембран животных.



Общие функции липидов:

1. Энергетическая (1 г жира выделяет 38,9 кДж).
2. Запасаящая (жиры).
3. Структурная (фосфолипиды образуют мембранные структуры клеток).
4. Защитная (подкожная жировая клетчатка и жир вокруг органов).
5. Терморегуляторная (подкожная жировая клетчатка).
6. Гормональная (стероидные гормоны).
7. Компоненты жирорастворимых витаминов D, E (стероиды).
8. Источник эндогенной воды в клетке (1 г жира расщепляется до 1,1 г воды).

Правило запоминания жирорастворимых витаминов **КЕДА**: витамины **К, Е, D** и **А**.