

4. Установите соответствие между химическим элементом и его биологической функцией:

- |            |  |
|------------|--|
| 1) кальций | а) участвует в синтезе гормонов растений, входит в состав инсулина |
| 2) магний  | б) входит в состав гормонов щитовидной железы                      |
| 3) кобальт | в) является компонентом хлорофилла                                 |
| 4) йод     | г) входит в состав гемоцианинов некоторых беспозвоночных животных  |
| 5) цинк    | д) необходим для мышечного сокращения и свертывания крови          |
| 6) медь    | е) входит в состав витамина В <sub>12</sub>                        |

5\*. На основании материала о биологической роли макро- и микроэлементов и знаний, полученных при изучении организма человека в 9-м классе, объясните, к каким последствиям может привести недостаток тех или иных химических элементов в организме человека.

6\*. В таблице указано содержание основных химических элементов в земной коре (по массе, в %). Сравните состав земной коры и живых организмов. Какие факты позволяют сделать вывод о единстве живой и неживой природы? В чем заключаются особенности элементарного состава живых организмов и как их можно объяснить?

Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, %
Кислород	49,13	Натрий	2,4	Углерод	0,35
Кремний	26	Магний	2,35	Хлор	0,2
Алюминий	7,45	Калий	2,35	Фосфор	0,125
Железо	4,2	Водород	1	Сера	0,1
Кальций	3,25	Титан	0,61	Азот	0,04



«РЕЗИНОВЫЕ» КОСТИ  
Помощь РАСТЕНИЯМ



## § 2. Химические соединения в живых организмах. Неорганические вещества

В состав живых организмов входят разнообразные химические соединения, образованные атомами различных элементов. Ключевую роль в осуществлении процессов жизнедеятельности играют *органические* вещества — белки, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты и др., которые в неживой природе практически не встречаются. Однако не все соединения, присущие организмам, специфичны только для живой природы. Такие *неорганические* вещества, как вода, неорганические (минеральные) соли и кислоты, широко распространены и в неживой природе.

**Вода.** В количественном отношении первое место среди веществ, входящих в состав живых организмов, занимает вода. Ее массовая доля в организмах в среднем составляет 65—80 %. Количество воды неодинаково в разных тканях и органах. Так, в сочных плодах растений может содержаться до 98 % воды, а в зерновках злаков, семенах подсолнечника, льна, бобовых ее массовая доля составляет 7—14 %. Плазма крови, лимфа, тканевая жидкость, секреты большинства желез животных более чем на 90 % состоят из воды. В скелетных мышцах человека массовая доля воды составляет около 76 %, а в жировой ткани — приблизительно 30 %. С возрастом содержание воды в организме постепенно снижается.

Из курса химии вы знаете, что в молекуле воды ( $\text{H}_2\text{O}$ ) два атома водорода соединены с атомом кислорода ковалентными полярными связями. Связи  $\text{H}-\text{O}-\text{H}$  расположены под углом  $104,5^\circ$  друг к другу. Кислород обладает большей электроотрицательностью, чем водород, поэтому атом кислорода притягивает к себе общие электронные пары и приобретает частичный отрицательный заряд. Атомы водорода приобретают частичный положительный заряд, т. е. молекула воды является **полярной** (рис. 2).

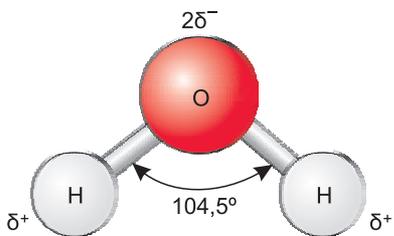


Рис. 2. Строение молекулы воды

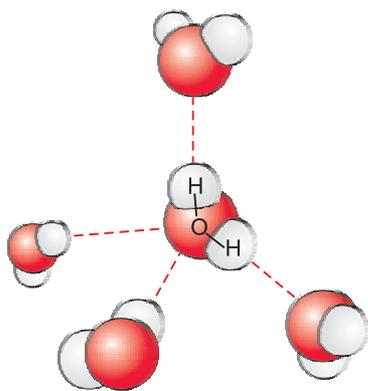


Рис. 3. Водородные связи между молекулами воды

Между атомом кислорода одной молекулы воды и атомом водорода другой молекулы возникает электростатическое притяжение. Такое взаимодействие, более слабое, чем ионная связь, называется **водородной связью**. Каждая молекула воды притягивает к себе за счет образования водородных связей еще четыре молекулы (рис. 3).

Таким образом, молекулы воды связаны друг с другом. Поэтому вода при температурах от  $0^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$  может сохранять жидкое агрегатное состояние, тогда как подобные ей водородные соединения (например,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HF}$ ) являются газами.

Роль воды в живых организмах связана с ее свойствами, прежде всего с малыми размерами молекул, их полярностью и способностью образовывать водородные связи между собой и с другими соединениями.

Благодаря полярности молекулы воды способны формировать так называемые

*гидратные оболочки* вокруг ионов и полярных молекул. Это способствует обособлению частиц и препятствует их склеиванию друг с другом, что особенно важно, например, для белковых молекул.

Полярность молекул и способность образовывать водородные связи делает воду **универсальным растворителем** для **полярных веществ**, лучшим, чем большинство жидкостей. В зависимости от степени взаимодействия с молекулами воды соединения делят на гидрофильные и гидрофобные. **Гидрофильными** являются полярные вещества, которые активно взаимодействуют с молекулами воды за счет образования многочисленных водородных связей, что и обуславливает их хорошую растворимость (рис. 4, а). К гидрофильным соединениям относятся низшие спирты и карбоновые кислоты, моносахариды, дисахариды и др. Неполярные вещества являются **гидрофобными**, они не формируют водородные связи с молекулами воды и не растворяются в ней (рис. 4, б). Это высшие карбоновые кислоты, жиры и некоторые другие соединения.

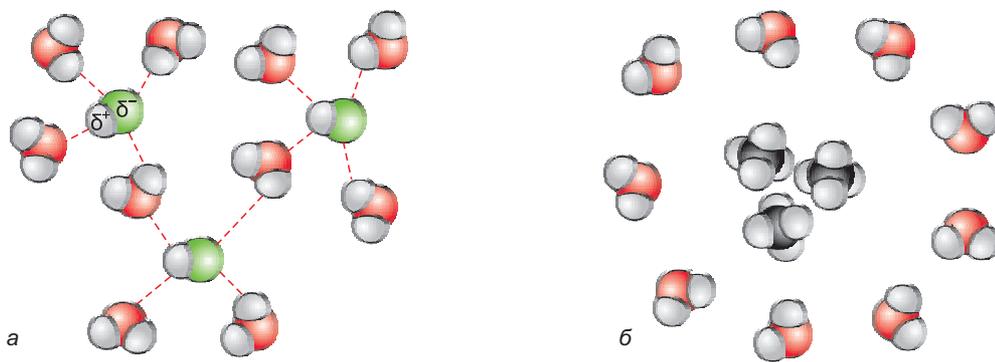


Рис. 4. Образование водородных связей между молекулами воды и гидрофильного вещества (а); отсутствие подобного взаимодействия с гидрофобным веществом (б)

Растворение веществ способствует повышению их реакционной способности, т. к. молекулы или ионы получают возможность более свободно перемещаться и взаимодействовать друг с другом. Большинство химических реакций в живых организмах протекает именно в водных растворах. Таким образом, в качестве растворителя вода является основной средой протекания процессов обмена веществ — **метаболизма**. Кроме того, вода служит средством транспорта растворенных в ней веществ. Эту функцию она выполняет, например, в составе крови, лимфы, тканевой жидкости, мочи и секретов желез животных, в проводящих тканях растений.

Вода является участником многих биохимических процессов, например фотосинтеза. Кислород, выделяющийся в ходе фотосинтеза, образуется

при расщеплении молекул воды. Процессы расщепления сложных органических веществ (белков, полисахаридов, липидов и др.) до более простых соединений являются реакциями *гидролиза*, т. е. протекают при непосредственном участии воды.

Вода практически несжимаема, что важно для поддержания упругости клеток и тканей. Она определяет объем клеток и **тургорное давление** — давление внутреннего содержимого клетки на ее оболочку. Несжимаемость воды позволяет ей выполнять функцию гидроскелета у круглых и кольчатых червей.

Хорошие смазывающие свойства воды способствуют уменьшению трения в различных частях организма (вспомните роль жидкостей, содержащихся в плевральной полости, околосердечной сумке, полостях суставных сумок человека).

Вода обладает *высокой теплоемкостью*. Это значит, что при поглощении или выделении большого количества теплоты температура самой воды изменяется незначительно. Поэтому даже резкие температурные колебания в окружающей среде не приводят к существенному изменению температуры внутри организма.

При переходе жидкой воды в состояние пара происходит разрушение всех водородных связей между ее молекулами, а это требует значительных затрат энергии. Поэтому испарение воды сопровождается охлаждением и используется живыми организмами для защиты от перегрева (потоотделение у млекопитающих, транспирация у растений).

Вода имеет относительно *высокую* для жидкостей *теплопроводность*. Движение воды (циркуляция крови у животных, восходящий и нисходящий ток растворов у растений и т. д.) в сочетании с высокой теплопроводностью способствует равномерному распределению теплоты в организме.

Важнейшие биологические функции воды представлены в таблице 2.

Таблица 2. Основные функции воды в живых организмах

Функция	Пояснение
Структурная	Входит в состав всех клеток, межклеточного вещества, внутренней среды организма, секретов желез и т. д., придает упругость клеткам и тканям, у некоторых животных выполняет функцию гидроскелета
Метаболическая	Является средой протекания и участником биохимических реакций

Продолжение

Функция	Пояснение
Транспортная	Способствует всасыванию растворенных веществ, их перемещению в организме и выведению конечных продуктов обмена веществ
Терморегуляторная	Участвует в регуляции теплового режима организмов

**Неорганические (минеральные) соли и кислоты**, как и вода, входят в состав всех живых организмов. Их общее содержание в организмах сравнительно невелико и обычно не превышает 1—1,5 %, однако эти вещества выполняют важные биологические функции.

**Нерастворимые соли** принимают участие в построении различных опорных структур живых организмов, обеспечивая их прочность. Например, карбонат кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) является важным компонентом раковин моллюсков, панцирей ракообразных, скорлупы яиц, скелетов коралловых полипов и др. Фосфаты кальция составляют основу межклеточного вещества костной ткани позвоночных животных. Твердость зубной эмали обусловлена наличием минеральных солей, в состав которых входит кальций, магний, фосфор и фтор. Скелет некоторых протистов образован сульфатом стронция ( $\text{SrSO}_4$ ).

**Растворимые соли** при взаимодействии с водой диссоциируют, поэтому в живых организмах они содержатся в виде ионов. Содержание определенных катионов и анионов внутри клеток, как правило, значительно отличается от их концентрации во внеклеточной среде. Так, в клетках наблюдается достаточно высокая концентрация катионов калия ( $\text{K}^+$ ) и низкая — натрия ( $\text{Na}^+$ ), а во внеклеточной среде — наоборот. Причем содержание  $\text{K}^+$  в клетках и  $\text{Na}^+$  за их пределами неодинаково. Это приводит к возникновению разности электрических потенциалов между внутренней и наружной сторонами цитоплазматической мембраны, что необходимо для возбуждения клеток, генерации и передачи нервных импульсов.

Запомнить особенность распределения ионов калия и натрия поможет следующая фраза: «Калий идет в Клетку, а Натрий — НАружу».

Некоторые ионы входят в состав ферментов, витаминов и других биологически активных веществ. Например, ион  $\text{Co}^+$  — структурный элемент витамина  $\text{B}_{12}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  — хлорофилла,  $\text{Fe}^{2+}$  входит в состав гемоглобина и т. д. Катионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  влияют на активность ряда ферментов и, следовательно, играют важную роль в регуляции обмена веществ. Ионы  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{NH}_4^+$  являются источниками атомов азота, ион  $\text{SO}_4^{2-}$  — атомов

серы, которые необходимы автотрофным организмам для синтеза аминокислот.

*Неорганические кислоты* также играют важную биологическую роль. Например, соляная кислота (HCl), входящая в состав желудочного сока позвоночных животных, создает в желудке кислую среду. Это способствует уничтожению болезнетворных микроорганизмов и активации ферментов желудочного сока. Остатки фосфорной кислоты входят в состав фосфолипидов, нуклеотидов, АТФ. Фосфорная и угольная кислоты, а также анионы этих кислот участвуют в поддержании определенной кислотности внутри клеток и во внеклеточной среде.

**Кислотность среды.** Возможность протекания биохимических реакций, их скорость и результат во многом зависят от **кислотности среды**, т. е. от концентрации ионов водорода ( $H^+$ ). Количественно эту величину выражают при помощи **водородного показателя рН** (пэ-аш).

В водных растворах величина рН обычно принимает значения от 0 до 14. Нейтральная среда характеризуется значением рН = 7, в щелочной среде рН больше 7, в кислой — меньше 7. Чем больше величина рН отличается от 7, тем более кислым или щелочным является раствор.

В цитоплазме клеток, как правило, поддерживается нейтральная или слабощелочная среда (рН = 7,0—7,4). Вне клеток среда обычно слабощелочная. Например, в плазме крови человека величина рН в норме составляет 7,36—7,44. Однако в разных частях организма, в различных биологических жидкостях этот показатель может сильно варьировать.

В желудке человека реакция среды кислая, а в кишечнике — щелочная. У здоровых людей при нормальном питьевом режиме и сбалансированном питании рН мочи составляет 5—6, но при тяжелой физической работе или употреблении большого количества мясной пищи этот показатель снижается. Молочно-растительная диета, наоборот, приводит к тому, что реакция мочи становится щелочной.



Среди неорганических веществ в составе живых организмов важнейшая роль принадлежит воде. Ее основными биологическими функциями являются структурная, метаболическая, транспортная и терморегуляторная. Минеральные соли и кислоты также играют важную роль в процессах жизнедеятельности организмов. На протекание биохимических реакций влияет концентрация ионов  $H^+$  — кислотность среды.



1. Какие неорганические вещества входят в состав живых организмов?
2. Какие вещества называют гидрофильными? Гидрофобными? Приведите примеры.
3. Охарактеризуйте биологическую роль минеральных солей и кислот.

4. Сколько воды содержится в живых организмах и от чего это зависит? Почему растения при недостатке воды увядают?

5. Как вы думаете, почему большинство полярных веществ хорошо растворяются в воде, а неполярные, как правило, в ней нерастворимы?

6. Какие функции выполняет вода в живых организмах?

7\*. Как физические и химические свойства воды связаны с ее биологическими функциями?

8\*. Анионы фосфорной кислоты обеспечивают поддержание относительно постоянной концентрации ионов водорода внутри клеток. Во внеклеточной среде эту функцию выполняют угольная кислота и гидрокарбонат-ион. Почему эти соединения позволяют поддерживать определенную кислотность среды, в то время как азотная и соляная кислоты, а также их анионы, не обладают такими свойствами?



САМОДЕЛЬНЫЙ pH-ИНДИКАТОР



## § 3. Органические вещества. Аминокислоты. Белки

### *Низкомолекулярные и высокомолекулярные органические вещества.*

Неотъемлемой составляющей всего живого являются *органические* вещества, название которых происходит от слова «организм». Эти соединения обеспечивают протекание важнейших процессов жизнедеятельности, и жизнь на Земле без их участия невозможна. Органические вещества составляют в среднем 20—30 % массы живых организмов. Их молекулы состоят, главным образом, из атомов углерода, водорода и кислорода. В состав многих биологически важных органических соединений входят и другие элементы. Например, молекулы белков также содержат азот и серу, нуклеиновые кислоты — азот и фосфор.

**Низкомолекулярные** органические вещества характеризуются сравнительно небольшой молекулярной массой и относительно простым строением. Это аминокислоты, моносахариды, нуклеотиды, карбоновые кислоты, спирты и т. п. Сложные по структуре соединения, молекулярная масса которых составляет от нескольких тысяч до миллионов, называют **высокомолекулярными**. К ним относятся белки, полисахариды и нуклеиновые кислоты. Молекулы этих веществ состоят из множества повторяющихся звеньев — **мономеров**, которые могут быть одинаковыми или различаться по составу. Из курса химии вы знаете, что такие соединения называются **полимерами**. Мономерами белков являются аминокислоты, мономерами полисахаридов — моносахариды, молекулы нуклеиновых кислот построены из нуклеотидов (рис. 5, с. 18).