

# pH среды и здоровье человека





**Автор – Саутенко Александр**

**Руководитель – Ширшина Н.В.**

# Водородный показатель (рН)

**Водородный показатель** отражает активную реакцию среды и определяется содержанием катионов водорода ( $\text{H}^+$ ) и анионов гидроксила ( $\text{OH}^-$ ). Наличие этих ионов связано в первую очередь с диссоциацией молекул воды, протекающей по уравнению



При  $25\text{ }^\circ\text{C}$  произведение концентраций ионов водорода и гидроксила равно  $10^{-14}$  грамм-ионов на 1 л воды. Когда концентрации обоих ионов равны, содержание каждого из них составляет  $10^{-7}$  грамм-ионов на 1 л, и реакция воды нейтральная. Увеличение концентрации одного из ионов вызывает соответствующее смещение реакции в кислую или щелочную область. Обычно о реакции воды судят по концентрации ионов водорода, используя, однако, не значение этой концентрации, а взятый с обратным знаком ее десятичный логарифм. Эта величина называется водородным показателем и обозначается символом **рН**. Выражение **рН** < 7 указывает на кислую реакцию, **рН** > 7 - на щелочную; нейтральной среде соответствует **рН** = 7.

# Значение

Водородный показатель имеет важное общебиологическое значение, в связи с чем в процессе эволюции у большинства живых организмов выработался ряд механизмов, обеспечивающих относительное постоянство этого показателя в клетке. Роль этого фактора определяется в первую очередь его влиянием на активность ферментов и состояние других белковых молекул. Кроме того, поскольку большинство реакций в клетках протекает в водной **среде**, избыток или недостаток ионов  $H^+$  может существенно влиять на протекание также различных неферментативных реакций. Сказанное является основной причиной того, что большинство клеток, принадлежащих самым разным организмам, способно жить в узком диапазоне **pH** - от 6,0 до 8,0.

# Кислотно-щелочное состояние – важный компонент гомеостаза

**Кислотно-щелочное состояние (КЩС)** является важным компонентом гомеостаза. У здорового человека рН крови находится на строго постоянном уровне, равном 7,4. Изменение рН крови всего на 0,3 -0,4 в любую сторону приводит к значительному снижению ферментативной активности в средах организма и может закончиться летально. Количество веществ в организме, обладающих кислыми или щелочными свойствами, зависит от количества и характера принимаемой пищи, от интенсивности обменных процессов, от способа выделения этих веществ из организма и других факторов. В тоже время сохранение постоянства КЩС в организме обеспечивается наличием двух систем, препятствующих сдвигу рН крови и сред организма. Это так называемые **буферные и физиологические системы.**

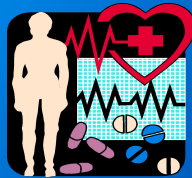
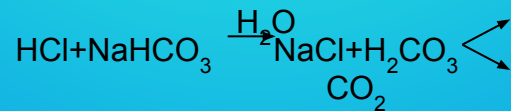
# Механизм действия буферных и физиологических систем

В нашем организме существуют регуляторы Кислотно-щелочного состояния – *буферные системы*. Главным образом выделяют 4 буферных системы – Гидрокарбонатная, фосфатная, белков крови и буферная система гемоглобин-оксигемоглобин. Механизм их действия достаточно прост. Встречаясь с агрессором, сильной кислотой или сильным основанием, эти системы проявляют свои буферные свойства и ослабляют их химическую активность. К **физиологическим системам** организма относятся легкие, почки, печень, желудочно-кишечный тракт. Механизм действия этих систем заключается в выделении ряда метаболитов, в результате которых происходит нормализация КЩС.

# Гидрокарбонатная буферная система

Гидрокарбонатная буферная система является основным внеклеточным буфером. Она состоит из угольной кислоты ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) и гидрокарбоната натрия ( $\text{NaHCO}_3$ ) или калия ( $\text{KHCO}_3$ ). Соль, входящая в состав буферной системы, обладает свойствами основания и может быть акцептором ионов водорода. Образуется почками и является самой мощной буферной системой крови. Ей принадлежит 53% общего буферного действия крови (35% буферного действия плазмы и 18% эритроцита). При нормальном значении рН крови, равном 7,4, соотношение компонентов гидрокарбонатной буферной системы  $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{NaHCO}_3$  составляет 1:20.

Действие гидрокарбонатной буферной системы крови при попадании в последнюю сильной кислоты или щёлочи можно иллюстрировать следующими реакциями:



# Фосфатная буферная система

Фосфатная буферная система представляет собой смесь однозамещенного фосфата  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  - слабой кислоты и соли этой кислоты двузамещённого фосфата  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , обладающего щелочными свойствами. Она составляет основу буферной системы тканей и некоторых биологических жидкостей (моча, пищеварительные соки и т.д.). Фосфатный буфер может действовать как в составе органических молекул, так и в качестве свободных ионов. Одна его молекула способна связывать до трёх катионов водорода. Эта буферная система имеет значение для внутриклеточного пространства.



# Буферная система белков крови.

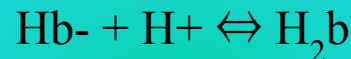
Белки крови обладают свойствами слабых кислот и поэтому в смеси с солью сильного основания могут образовывать буферную систему. В общем виде её можно представить так:



Благодаря белкам все клетки и ткани организма обладают определённым буферным действием; например, попадающее на кожу небольшое количество щёлочи и кислоты быстро нейтрализуется. В белковые буферные системы крови входят белки плазмы, гемоглобин (Hb) и оксигемоглобин (HbO<sub>2</sub>) эритроцитов.

# Буферная система Оксигемоглобин-гемоглобин

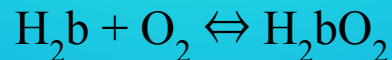
На её долю которой приходится около 75% буферной емкости крови, характеризующаяся равновесием между ионами гемоглобина  $\text{Hb}^-$  и самим гемоглобином  $\text{H}_2\text{b}$ , являющимися очень слабой кислотой ( $K_{\text{H}_2\text{b}} = 6,3 \times 10^{-9}$ ;  $\text{p}K_{\text{H}_2\text{b}} = 8,2$ ).



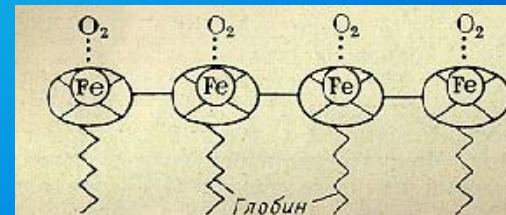
а также между ионами оксигемоглобина  $\text{HbO}_2^-$  и самим оксигемоглобином  $\text{H}_2\text{bO}_2$ , который является несколько более сильной, чем гемоглобин, кислотой ( $K_{\text{H}_2\text{bO}_2} = 1,12 \times 10^{-7}$ ;  $\text{p}K_{\text{H}_2\text{bO}_2} = 6,95$ ):

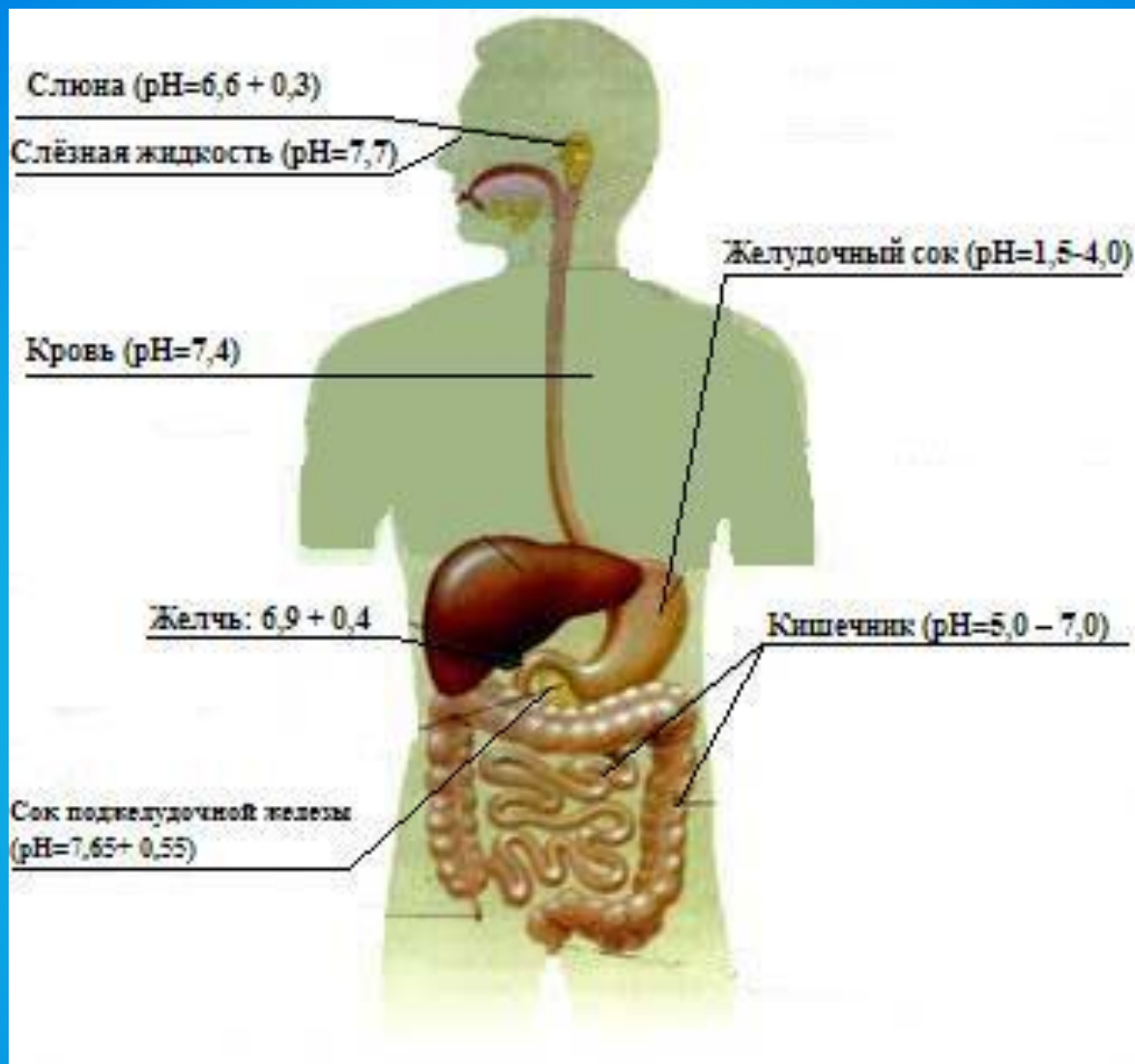


Гемоглобин  $\text{H}_2\text{b}$ , присоединяя кислород, образует оксигемоглобин  $\text{H}_2\text{bO}_2$



и, таким образом, первые два равновесия взаимосвязаны со следующими двумя.





На этом рисунке показано нормальное кислотно-щелочное состояние (pH) некоторых органов и жидкостей в нашем организме

# Классификация

**Нарушения КЩС** классифицируются, исходя из следующих положений.

1. По направлению изменения показателей КЩС:

Ацидоз. Алкалоз

2. По степени компенсации изменений:

Компенсированный. Декомпенсированный

3. По этиологии:

Дыхательный. Метаболический

4. По степени участия этиологических факторов:

Простой (только один фактор, например, газовый) Смешанный (несколько этиологических факторов).

Не углубляясь в сложную медицинскую терминологию, рассмотрим один пример.

# Респираторный ацидоз

При повышении концентрации ионов водорода в организме (при поступлении или образовании сильных кислот-агрессоров) бикарбонатная буферная система переводит сильные кислоты в слабые с последующим их распадом на углекислоту и воду. Углекислый газ раздражает дыхательный центр, возникает одышка, а избыток  $\text{CO}_2$  выводится из организма. При избыточном накоплении щелочных веществ возникает повышенная потребность в угольной кислоте, которая расходуется на нейтрализацию этих щелочей. При этом в организме уменьшается концентрация  $\text{CO}_2$  -интенсивность стимуляции дыхательного центра уменьшается: возникает брадипноэ и гиповентиляция. Это приводит к восполнению запасов угольной кислоты в организме.

При заболеваниях легких, сопровождающихся ухудшением вентиляции (пневмония, отек легких, ателектаз) углекислота не может быть удалена в достаточной степени. В результате этого происходит накопление ионов водорода, рН крови снижается и возникает *респираторный или дыхательный ацидоз*.

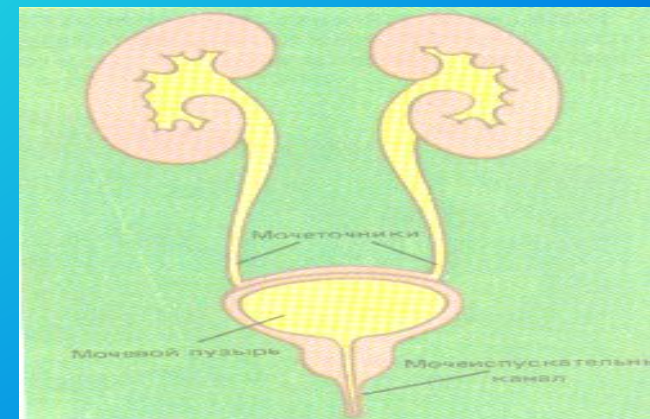
# Респираторный алкалоз

Некоторые заболевания, сопровождающиеся раздражением дыхательного центра (травма черепа, кровоизлияние в мозг), а также ошибочный выбор параметров искусственной вентиляции легких вызывают «центральную» одышку и гипервентиляцию.

Длительное избыточное выделение  $\text{CO}_2$  приводит к связыванию ионов водорода и увеличением рН крови. Возникает *респираторный алкалоз*.

# Роль почек в сохранении КЩС

Роль почек в сохранении КЩС заключается в выведении ионов водорода из кислой крови или ионов бикарбоната из щелочной. Ионы водорода экскретируются с мочой благодаря реакции с фосфатным буфером. При этом в канальцевом аппарате почек происходит реабсорбция натрия, который соединяется с ионом бикарбоната и в виде бикарбоната натрия поступает в венозную кровь, пополняя его запасы в организме. При алкалозе поступающий к клеткам почечных канальцев ион водорода задерживается, а ион бикарбоната реабсорбируется и выводится почками.



## Поддерживает ли жвачка кислотно-щелочной баланс в полости рта.

Создается впечатление, что без жвачки поддержать **кислотно-щелочной баланс** некому или нечему. Но это не так. **Кислотно-щелочной баланс полости рта** - это некая константа нашего организма, и определяется она **кислотно-щелочным балансом слюны**. **Кислотно-щелочное равновесие (баланс)** слюны в свою очередь определяется аналогичным равновесием в крови, которая питает слюнные железы. Буферные системы удерживают **pH** в допустимом для организма диапазоне. Ими самостоятельно принимаются меры по установлению необходимого равновесия: ощелачивание крови в одном случае и окисление ее - в другом.

Поэтому жвачка не может влиять на КЩС. Какое бы изменение она ни вносила в **кислотно-щелочной баланс** ротовой полости, очень скоро он восстановится до оптимальной для организма величины.

Чтобы существенно влиять на **кислотно-щелочной баланс в полости рта**, нужно жевать и жевать эту самую жвачку, не переставая. Причем делать это даже ночью.

Вывод: в смысле поддержания "**нужного кислотно-щелочного баланса**" способности жвачки весьма сомнительны.

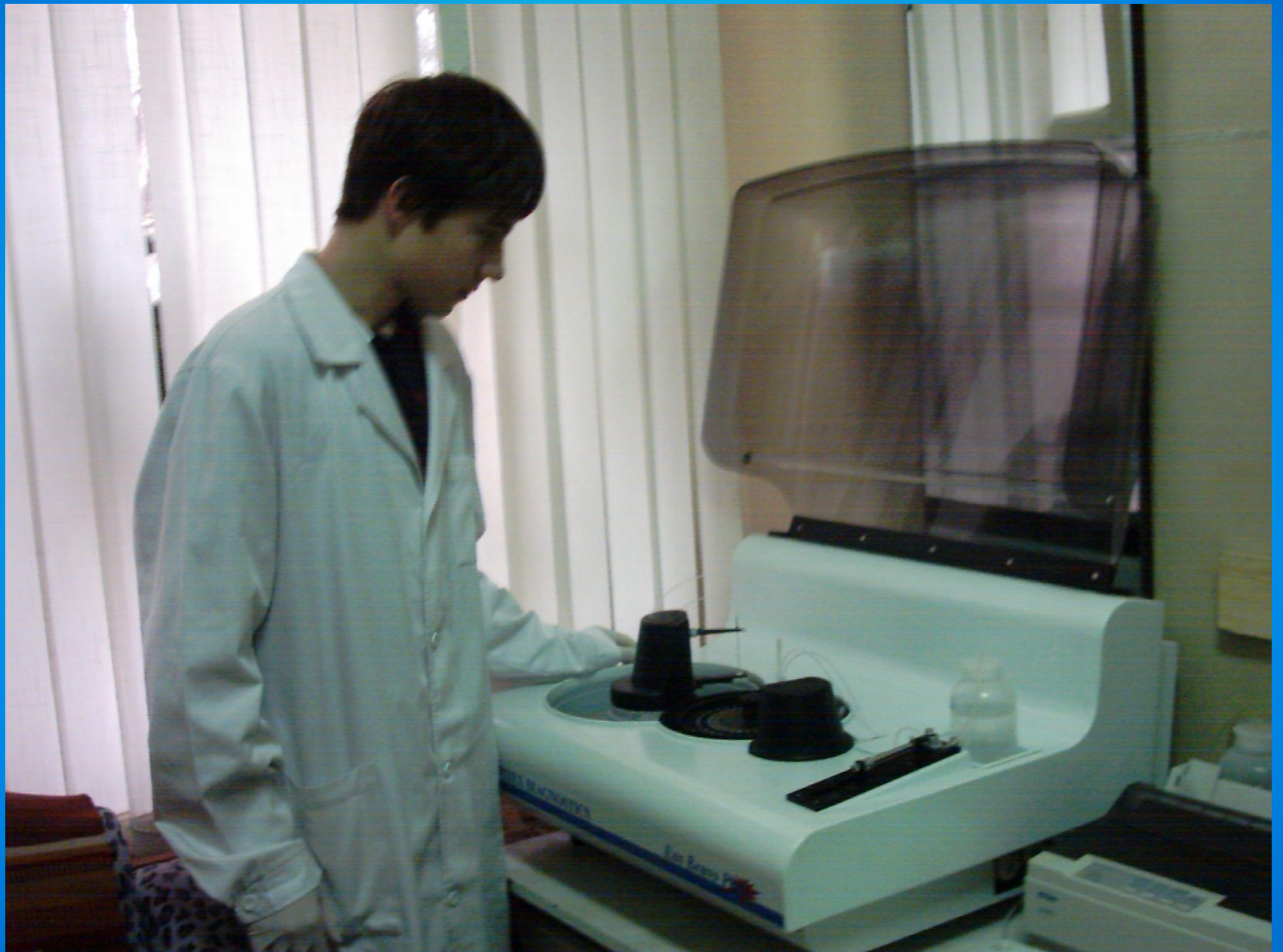


# Определение Кислотно-щелочного состояния в лаборатории

Для определения кислотно-щелочного состояния существует метод рН-метрии. Он очень прост и максимально точен, так как в этом методе используются самые передовые компьютеры и новейшие изобретения современной медицины. Этот метод показывает точные значения рН проверяемого раствора.

Существует несколько видов таких аппаратов, но принцип их действия сводится к одному. В них находятся два электрода, один из которых – активный и реагирующий с самой средой, а другой – референтный, служит для сравнения с полученными результатами.

Мною проводилось несколько опытов по определению КЩС разных сред, один из которых именно этот.



# Определение кислотно-щелочного состояния в школьных и домашних условиях

В школе – в кабинете химии или дома – на кухне так же можно определить кислотно-щелочное состояние (рН) некоторых сред. Например, какая среда в лимонном соке или в собственной слюне, в мыльном растворе или в яблочном соке. Провести определение КЩС в таких условиях очень легко. Например, полоски фильтровальной бумаги, опущенные в крепко заваренный чай каркаде, очень хорошо показывают основность среды. Или цвет тех же полосок фильтровальной бумаги, опущенных в воду, в которой предварительно варилась краснокочанная капуста, так же дадут понять в каком состоянии находится исследуемый раствор. Понятно, что подобного рода опыты не могут показать точный показатель рН, но зато дают возможность судить о состоянии среды без особых усилий.







