ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ
Кафедра біохімії та гігієни

Вода в живих системах

Лекція з навчальної дисципліни

Біохімія

для студентів ІІ курсу

спеціальності 014.11 середня освіта (фізична культура)

"ЗАТВЕРДЖЕНО"
на засіданні кафедри
біохімії та гігієни
„31" серпня 2018 р. протокол № 1

Зав.каф ___д.б.н. Борецький Ю.Р.

Тема: ВОДА В ЖИВИХ СИСТЕМАХ

Розподіл води в організмі.

Вода є найбільш поширеною речовиною у живій природі. Ваговий вміст води у більшості живих організмів складає 70% і більше. У людському організмі вміст води змінюється впродовж життя: 97% води у ембріоні, відносний вміст води у новонароджених становить 80 % маси тіла, у дітей віком один рік — 66 %, у дорослої людини — 60 % і 50% у старіючому організмі. Також вміст води залежить від вмісту жиру в організмі: у повних людей вміст води може зменшуватися від 70 до 45%.

В окремих органах, тканинах і біологічних рідинах організму вода розміщена нерівномірно: від 0,3% у зубній емалі до 99% у біологічних рідинах. Так, вміст води у поті складає 99%, сечі - 97%, еритроцитах 65%, крові – 92%; мозок на 75% складається з води, м'язи містять 80% води, жирова тканина – 40%, кісткова - 20-30%.

Потреба організму людини у воді становить у середньому 2,5-3 л на добу (2500-3000 мл або 21- 43 мл/кг). Вона залежить від віку, інтенсивності обмінних процесів, м'язової діяльності, функціонального стану нирок, температури навколишнього середовища, складу їжі. Дитячий організм завдяки інтенсивному обміну речовин і вищій гідрофільності колоїдів витрачає більше води. Якщо дорослій людині на добу потрібно близько 30-50 г води на 1 кг маси тіла, то дитині – близько 100-150 г. У разі харчування переважно вуглеводною і жирною їжею та незначного надходження NaCI потреба у воді менша. Їжа, багата на білки, а також надмірне використання солі зумовлюють підвищену потребу у воді, яка необхідна для екскреції осмотично активних речовин (сечовини та мінеральних йонів).

Частина потреби у воді задовільняється рідиною, що надходить з питтям та їжею. Це *екзогенна* вода, яка складає 85% усієї кількості води в організмі. Близько 10-15% води утворюється в процесі обміну в результаті окиснення основних біосубсратів. Це *ендогенна*, або метаболічна вода. При повному

окисненні 100 г вуглеводів до CO_2 і H_2O вивільняється 55 мл води, 100 г білків – 41 мл води, 100 г жирів – 107 мл води.

Співвідношення між кількістю спожитої та виділеної води називають *водним балансом*. Якщо води виділяється менше, ніж надійшло в організм, то це *позитивний баланс*. Якщо води виділяється більше, ніж надійшло в організм, то виникає *негативний баланс*.

Найбільша кількість води виводиться з сечею – 60% усієї води (~ 1400 мл). з калом (~ 100 мл). Значна кількість води виділяється з потом, тут можливі значні коливання (300-2500 мл). Взимку і холодну пору потовиділення знижується, а в літній період збільшується. Через легені виділяється 300 - 500 мл води, з калом близько 8-10% усієї води (250-300 мл).

Втрата 20%-25% води організмом приводить до його загибелі. Без їжі людина може прожити близько 2-х місяців, без води гине через 12-15 діб.

В організмі вода розподілена у внутрішньоклітинному і позаклітинному просторах. 70% води організму знаходиться в клітинах. Це внутріклітинна або *інтрацелюлярна* вода. Вода, яка знаходиться поза клітинами - *екстрацелюлярна*. 2/3 екстрацелюлярної води, або 20% усієї кількості води локалізовано у міжклітинній рідині. Це міжклітинна вода. 1/3 екстрацелюлярної води, або 8-10% усієї води перебуває у вільному стані у біологічних рідинах.

Стан води в організмі.

У залежності від ступеня зв'язаності виділяють три стани води: **вільну, гідратаційну та імобілізовану.**

Вільна вода складає основу біологічних рідин: крові, лімфи, сечі, слини. Бере участь у обміні речовин між клітинами тіла і зовнішнім середовищем, доставці поживних речовин та видаленні продуктів обміну, в підтриманні температури та виконує механічну роль (сприяє ковзанню поверхонь суглобів, що труться). Проявляє властивості розчинника. При затримці в організмі така вода збирається під шкірою, утворюючи набряки. При її втраті зменшується об'єм плазми, погіршується кровопостачання тканин і доставка до них кисню і

поживних речовин, що впливає на роботу серцеврсудинної системи, мозку та скелетних м’язів.

Гідратаційна вода входить у склад гідратних оболонок неорганічних іонів, білків, полісахаридів, нуклеїнових кислот. Вона формує просторові структури більшості біополімерів. Гідратаційна вода не замерзає при температурі нижче 0˚С, не проявляє властивостей розчинника. Протягом життя її вміст не змінюється, тільки при старінні її втрати приводять до зморщування шкіри.

Імобілізаційна вода зосереджена в замкнутих структурах різних молекул або мембран, але не входить у склад гідратних оболонок. Вона входить у пори, котрі пронизують біологічні мембрани і рибосоми, у ядра, мітохондрії і міцно з ними зв’язана. Вона замерзає при температ. нижче 0˚С, є розчинником і бере участь у реакціях обміну.

Біохімічні характеристика води.

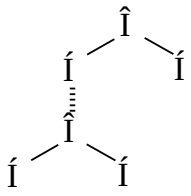
Вода заповнює всі складові частини живої клітини і є тим середовищем, в якому відбуваються транспорт поживних речовин, метаболічні реакції, котрі каталізуються ферментами та перенесення хімічної енергії. Тому всі структурні елементи живої клітини і їх функції повинні бути пристосовані до фізичних і хімічних властивостей води а також і використовувати властивості води для процесів життєдіяльності. На перший погляд це нешкідлива рідина, придатна для практичного використання. У той же час вода має досить незвичайні властивості. Це є хімічно інертна сполука.

Вода має *високі температури плавлення, кипіння і теплоту випаровування.* Це пояснюється великою силою притягання між сусідніми молекулами води. Теплота випаровування і температура кипіння визначаються кількістю енергії, необхідної, щоб подолати ці сили притягання між молекулами. Молекула має V подібну форму. На зовнішньому енергетичному рівні в атома кисню є 6 електронів. 2 з них неспарені. Саме з ними взаємодіють електрони двох атомів водню. Кожен, з атомів водню, взаємодіє з одним з електронів атома кисню. У кисню є ще 2 неподільні електронні пари, тому він

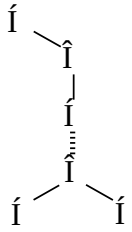
несе негативний заряд. Більш електронегативний атом кисню старається притягнути електрони атомів водню. Хоча молекула електрично нейтральна, її часткові позитивний і негативний заряди просторово розділені. Між ними виникає електричний дипольний момент. Завдяки розділенню зарядів молекули води можуть притягуватись одна до одної за рахунок сил електростатичної взаємодії між – зарядом на кисні і + на атомі водню. Виникає водневий зв'язок. Його особливістю є те, що найбільшою міцністю він характеризується у тих випадках, коли взаємна орієнтація зв'язаних між собою молекул забезпечує максимальну енергію електростатичної взаємодії.



Молекула води

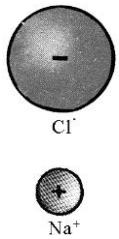


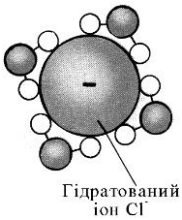
Слабкий водневий зв'язок

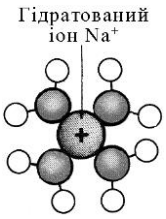


Сильний водневий зв'язок

Вода є полярною рідиною. Тому є добрим розчинником. Полярність молекули забеспечує розчинність багатьох речовин, зокрема, *кристалічних*. Молекула NaCl утворює кристалічну решітку, стабілізовану за рахунок сильного електростатичного притягання між атомами Na^+ та Cl^-. При поміщенні кристалу у воду, молекули води починають притягувати ці атоми, витягуючи їх з решітки. Електростатичне притягання молекул води до заряджених частин називають г*ідратацією*. Іони натрію та хлору – *гідратованими.*



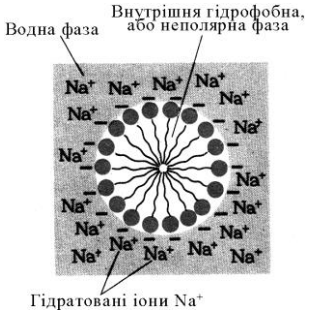




Другий клас добре розчинних у воді речовин представлений багатьма органічними сполуками, що містять *полярні функціональні групи*. До них належать, зокрема, цукри, спирти, альдегіди і кетони. Розчинність цих речовин зумовлена здатністю молекул води утворювати водневі зв'язки з

гідроксильними групами цукрів і спиртів, та карбоксильними групами альдегідів і кетонів.

Третій клас – це речовини, що *диспергуються* водою. Вони містять гідрофільну та гідрофобну частини молекули і називаються *амфіпатичними*. Натрієва сіль олеїнової кислоти. Має довгий вуглецевий ланцюг, нерозчинний у воді. Але, олеат натрію диспергує у воді, утворюючи агрегати – міцели.



Утворення міцел відбувається не стільки внаслідок гідрофобної взаємодії молекул, а внаслідок прагнення молекул води, що оточують міцелу, утворити якомога більше водневих зв'язків.

Отже, вода бере участь у:

- розчинені речовин і тим самим прискорює хімічні реакції;
- транспорті речовин при засвоєнні їжі у шлунковокишковому тракті, доставці поживних речовин і виведенні продуктів обміну;
- у підтриманні структур і функцій клітинних органел;
- у біохімічних реакціях обміну вуглеводів, ліпідів, білків (гідроліз, гідратація, дегідрування);
- у підтриманні кислотно-основної рівноваги організму;
- у створенні осмотичного тиску, що залежить від концентрації органічних і неорганічних речовин, розчинених в ній;
- у механічному захисті поверхонь, котрі труться (зв'язки, суглоби);
- у процесах терморегуляції. Так, 50% тепла організму виділяється через випаровування води.

Водно-дисперсні системи організму.

Отже, будучи добрим розчинником, вода становить основу дисперсних систем організму. *Дисперсними* називаються системи, які складаються із дрібних частинок однієї речовини, рівномірно розподіленої в масі іншої. Подрібнена речовина називається *дисперсна фаза*, а речовина, в якій роззосереджуються частинки дисперсної фази, називається *дисперсним середовищем*.

Розмір частинок дисперсної фази називається *ступінню дисперсності.* За ступінню дисперсності розрізняють: *істинні розчини, колоїдні, суспензії та емульсії.*

Частинки дисперсної фази в *істинних розчинах* дуже малі (менші, ніж 10^{-7} см) іони представлені молекулами або іонами. Приклад – розчин солі. У *колоїдних* розчинах частинки дисперсної фази являють собою агрегати із багатьох молекул або молекули полімерів. Їх розміри лежать в межах $10^{-7} – 10^{-5}$ см. Колоїдні частинки можуть злипатися, утворюючи агрегати. Цей процес називається коагуляцією. Основу колоїдної частинки (міцели) складає ядро, на поверхні якого адсорбовані іони, що надають ядру електричного заряду. Прикладом є яєчний білок. Колоїдні розчини можуть бути у двох станах: рідкому (золь) та гелеподібному (гель). Суспензії та емульсії містять частинки розмірами більш, ніж 10^{-5} см. *Суспензії* – це дисперсні системи, що складаються з рідини, у якій розподілена тверда речовина. Приклад - пісок у воді. *Емульсії* – дисперсні системи, в яких у рідині розподілені крапельки іншої рідини. Так, кров являє собою складну комбінацію різних видів дисперсних систем. У крові міститься колоїдний розчин білка, в якому зависли кров'яні тільця і жирові краплі, в якій є істинний розчин мінеральних солей, глюкози, амінокислот, молочної кислоти та ін. Ще одним прикладом може бути молоко, де у рідині розподілені крапельки жиру, білки та ін.

Дифузія і осмос.

Функціональний стан організму, його здатність виконувати фізичну роботу в значній мірі залежить від постійності хімічного складу його внутрішнього середовища. Внутрішнє середовище організму складають біологічні рідини: кров, лімфа, міжклітинна рідина, кишковий сік, сеча, слина.

Вони містять 90% води. У воді розчинені різні за величиною та властивостями молекули хімічних речовин, їх комплекси. Всі складові внутрішнього середовища знаходяться в постійному русі. Рух речовин здійснюється різними механізмами і сприяє підтриманню постійності хімічного складу (гомеостазу) внутрішнього середовища організму. Механізми транспорту забезпечують процеси збудження у нервовій та м'язовій тканинах, передачу нервового імпульсу, запуск і генерацію скорочення м'язів, підтримку кислотно-основної рівноваги.

Є 4 основні механізми транспорту речовин, котрі забезпечують рух молекул у біологічних рідинах і через клітинні мембрани: дифузія і осмос (пасивний транспорт), активний транспорт, цитоз.

Дифузія – тепловий рух молекул або іонів речовини з області високої концентрації в область низької концентрації частинок, тобто за градієнтом концентрації (рух кисню з легенів у кров і CO_2 у легені). У результаті дифузії відбувається вирівнювання концентрацій двох дотичних розчинів. У класичному варіанті дифузія полягає у переміщенні частинок дисперсної фази в бік нижчої концентрації розчиненої речовини. Є *пасивна дифузія* (без перенощика), і полегшена (з перенощиком). При пасивній дифузії відбувається довільний рух речовин через пори у мембранах та ліпіди мембран. Через пори дифундують продукти обміну: H_2O, CO_2, NH_3, O_2. Через пори ядерних мембран у ядро проходять білки для побудови рибосом, нуклеотиди, для побудови нуклеїнових кислот. Відповідно, виходять нуклеїнові кислоти, рибосоми. Жири і жиророзчинні речовини проходять через мембрану, розчиняючись у ліпідах. Існує *полегшена* форма дифузії, в якій беруть участь перенощики, котрі або обертаються у мембрані, або утворюють канали тільки для певної речовини, створюючи їй умови для руху за градієнтом концентрації. Так транспортуються іони металів, глюкоза з цитозолю у кров. Швидкість дифузії прямопропорційна величині градієнта концентрації, температурі, площі поперечного перетину системи, по якій переносяться молекули речовини, і обернено пропорційна величині молекул та в'язкості розчину. Великі молекули (полісахариди, білки, нуклеїнові кислоти) повільно дифундують і мають здатність депонуватися в

клітині. Глюкоза, сечовина, АТФ дифундують швидко. Рух у клітину молекул речовин обмежений, так як мембрана напівпроникна.

Розподіл води між клітинами та позаклітинним простором залежить від різниці осмотичного тиску внутрішньо- та позаклітинної рідини. Осмотичний тиск, що залежить від загальної кількості йонів і молекул у розчині, виражають як *осмолярність* — кількість мілімолів 1 л розчину, або як *осмоляльність* — кількість мілімолів в 1 кг розчинника.

Осмос - особливий вид дифузії, коли молекули води рухаються через півпроникну клітинну мембрану в область високої концентрації солей. Такий вид дифузії можливий при наявності осмотичного тиску в розділених мембраною розчинах, котрий створюється концентрацією осмотично активних речовин: NaCl, Na_2CO_3, Na_3PO_4. Солі сприяють підтриманню осмотичного тиску клітин і рідинних середовищ організму. Осмос відіграє важливу роль в підтриманні форми і функцій всіх клітин організму. Він дорівнює тому зовнішньому тиску на розчин, при якому встановлюється осмотична рівновага.

Зміна концентрації солей може спричинити зморщування еритроцитів або їх руйнування. Розчини, які за одинакових умов мають рівну концентрацію розчиненої речовини, називають *ізотонічними*. Розчини з різним осмотичним тиском називаються *анізотонічними*. Із двох анізотонічних розчинів розчин з меншим осмотичним тиском називається *гіпотонічним*, а з більшим - *гіпертонічним*. Коли концентрація розчинених осмотично активних речовин і осмотичний тиск всередині еритроцита і у позаклітинному середовищі однаковий, то еритроцит знаходиться у ізотонічному розчині. Вода буде переміщуватись в обох напрямках з однаковою швидкістю. Коли концентрація солей у плазмі знижується то еритроцити будуть знаходитись у гіпотонічному середровищі і вода буде заходити у еритроцити. Вони зазнають гемолізу. При підвищенні концентрації солей у плазмі еритроцити будуть знаходитись у гіпертонічному розчині. Вода з них буде виходити і еритроцити будуть зморщуватись тобто зазнають плазмолізу.

Активний транспорт – це рух молекул через мембрани клітин проти градієнта концентрації. Такий вид транспорту потребує затрат енергії,

джерелом якої є енергія АТФ або електрохімічний потенціал деяких іонів. Активний транспорт може бути первинним і вторинним. Первинний транспорт для перенесення речовин через мембрани проти градієнта концентрації використовує енергію АТФ, а вторинний транспорт використовує електрохімічний градієнт на мембрані будь-якої речовини, для створення якого була застосована АТФ.

Цитоз – транспорт молекул або частинок через мемебрану, під час якого утворюються везикули, які містять молекули речовин, котрі переносяться. Таким чином через клітинну мембрану можуть рухатись розчинні речовини разом з розчинником – *піноцитоз*, та нерозчинні частинки – *фагоцитоз*. Якщо речовини шляхом цитозу потрапляють у клітину, то такий вид транспорту називають *ендоцитозом*, якщо речовини виходять з клітини у міжклітинне середовище, то такий вид транспорту називається *екзоцитоз*.

Активна реакція розчинів.

У рідких середовища завжди є певна концентрація протонів водню H^+ та гідроксильних іонів OH^-. Властивості та біологічна роль водно-дисперсних систем організму залежать від концентрації водневих та гідроксильних іонів в них. Донором протонів є кислоти, а гідроксил-іонів – основи та органічні речовини. Концентрація вільних водневих іонів визначає *кислотність* розчинів, а концентрація вільних гідроксильних іонів - їх *лужність*. Співвідношення цих концентрацій визначає активну реакцію середовища розчинів. Розчин, в якому концентрація водневих та гідроксильних іонів рівна, називається нейтральним. Якщо концентрація водневих іонів переважає, то середовище кисле. І навпаки, коли переважають у розчині іони гідроксилу, таке середовище є лужним.

Вода має слабо виражену здатність до зворотньої іонізації:

$H_2O = H^+ + OH^-$

H^+/OH^- визначає *активну реакцію середовища*, *тобто кислотно-основний стан*, Постійність активної реакції внутрішнього середовища організму називається *кислотно-основною рівновагою*.

Для характеристики активної реакції середовища прийнято використовувати концентрацію H^+, яку позначають як водневий показник, і котрий являє собою негативний десятковий логарифм концентрації протонів водню, взятий з протилежним знаком.

$_pH = -lg[H^+]$

Молекули води володіють слабо вираженою здатністю до зворотньої іонізації, у процесі якої вони розпадаються на іони водню $[H^+]$ та іони гідроксилу $[OH^-]$. При цьому між недисоційованими молекулами та іонами встановлюється рівновага:

$H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$

Стан рівноваги любої хімічної реакції характеризується *константою рівноваги.*

$A + B = C + Д$

Вираз константи рівноваги для загальної реакції можна отримати виходячи з *закону діючих мас*. Реакція буде протікати зліва направо поки не встановиться новий стан рівноваги, якщо ми не збільшимо концентрацію одного з реагуючих речовин або концентрацію обох речовин. Коли ми збільшимо концентрацію С і Д, то реакція буде іти справа наліво, до досягнення нової рівноваги.

Іншими словами, швидкість реакції V_1, що протікає зліва направо, пропорційна добутку активних концентрацій реагуючих речовин А і В:

$V_1 = k_1 [A] [B]$

k_1 – константа пропорційності, а квадратні дужки означають молярну концентрацію.

Швидкість зворотньої реакції:

$V_2 = k_2 [C] [D]$

У стані рівноваг $V_1 = V_2$, тобто

$k_1 [A] [B] = k_2 [C] [D]$

k_1/k_2 = [C] [D]/ [A] [B]

$k_{пр}/k_{об}$ = k_r (константа рівноваги)

k_r = [C] [D]/ [A] [B]

Константа рівноваги – величина постійна для любої хімічної реакції, що протікає при певній температурі. Вона дозволяє вирахувати склад рівноважної суміші для даної реакції незалежно від кількості вихідних речовин і утворених продуктів. І, навпаки, якщо відомі концентрації всіх вихідних реагентів і кінцевих продуктів у стані рівноваги, то для даної реакції, яка протікає при відомій температурі, можна обчислити величину константи рівноваги.

Вільних протонів у воді не існує, бо вони завжди є гідратованими. Гідратовану форму іону H^+ називають іоном гідроксонію H_3O^+, однак, в дійсності, кожен іон H^+ оточений декількома молекулами H_2O, кількість яких залежить від температури.

Відповідно до рівняння

$H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$

Іонізація води відбувається лише у незначній степені. При температурі 25˚С всього одна з 10 мільйонів молекул води знаходиться в іонізованому стані (одна десятимільйонна моля води), однак, утворені іони [H^+] та [OH^-] відіграють виключно важливу роль у біологічних процесах. Тому, дуже важливим є кількісне вираження ступеня іонізації води.

Рівняння для константи рівноваги зворотньої реакції має наступний вигляд:

$$K_r = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

Концентрація H_2O рівна числу грамів води в 1 л, поділеному на її молекулярну масу в грамах, тобто 1000:18=55,5М. Це величина практично постійна по відношенню до дуже низьких концентрацій ($1\cdot 10^{-7}$М) іонів H^+ та OH^- у чистій воді при 25˚С. Таким чином:

$$K_r = \frac{[H^+][OH^-]}{55{,}5}$$

або

$55{,}5\ K_r = [H^+] \cdot [OH^-]$

Числове значення K_r визначено на основі даних по електропровідності чистої води (у чистій воді струм можуть проводити тільки іони, що утворились при дисоціації H_2O). При 25˚С воно рівне $1{,}8 \cdot 10^{-16}$. Підставляючи значення отримаємо:

$55{,}5 \cdot 1{,}8 \cdot 10^{-16} = [H^+] \cdot OH^-]$

$99{,}9 \cdot 10^{-16} = [H^+] \cdot [OH^-]$

$1{,}0 \cdot 10^{-14} = [H^+] \cdot [OH^-]$

Якщо позначити 55,5 K_r через K_w, то маємо:

$K_w = 1{,}0 \cdot 10^{-14} = [H^+] \cdot [OH^-]$

K_w – іонний добуток води. Його значення при 25˚С рівне $1.0 \cdot 10^{-14}$. Це означає, що добуток $[H^+] \cdot [OH^-]$ у водних розчинах при 25˚С завжди рівне $1.0 \cdot 10^{-14}$. Якщо концентрація іонів H^+ і OH^- однакова, як наприклад, у чистій воді, то розчин називають *нейтральним*.

Виходячи з числового значення іонного добутку води можна розрахувати концентрацію іонів H^+ і OH^-.

$K_w = [H^+] \cdot [OH^-] = [H^+]^2$

Вирішуючи рівняння відносно H^+ маємо:

$$[H^+] = \sqrt{K_w} = \sqrt{1 \times 10^{-14}}$$

$[H^+] = 1{,}0 \cdot 10^{-14} = 10^{-7} M.$

Так як іонний добуток води є величиною постійною, очевидно, що якщо концентрація іонів H^+ перевищує $1 \cdot 10^{-7}$М, то концентрація іонів OH^- повинна бути менша $1 \cdot 10^{-7}$М, і навпаки. Відповідно, якщо ми знаємо концентрацію іонів OH^-, то виходячи з числового значення іонного добутку води, ми можемо

вирахувати концентрацію іонів H^+, а якщо знаємо концентрацію іонів H^+, то можемо вирахувати відповідно концентрацію іонів OH^- .

Шкала pH являє собою спосіб позначення істинної концентрації іонів H^+, а відповідно, і іонів OH^-) у любому водному розчині, кислотність якого лежить в інтервалі між 1,0 М H^+ і 1,0 М OH^-. Шкала pH складена на основі іонного добутку води K_w.

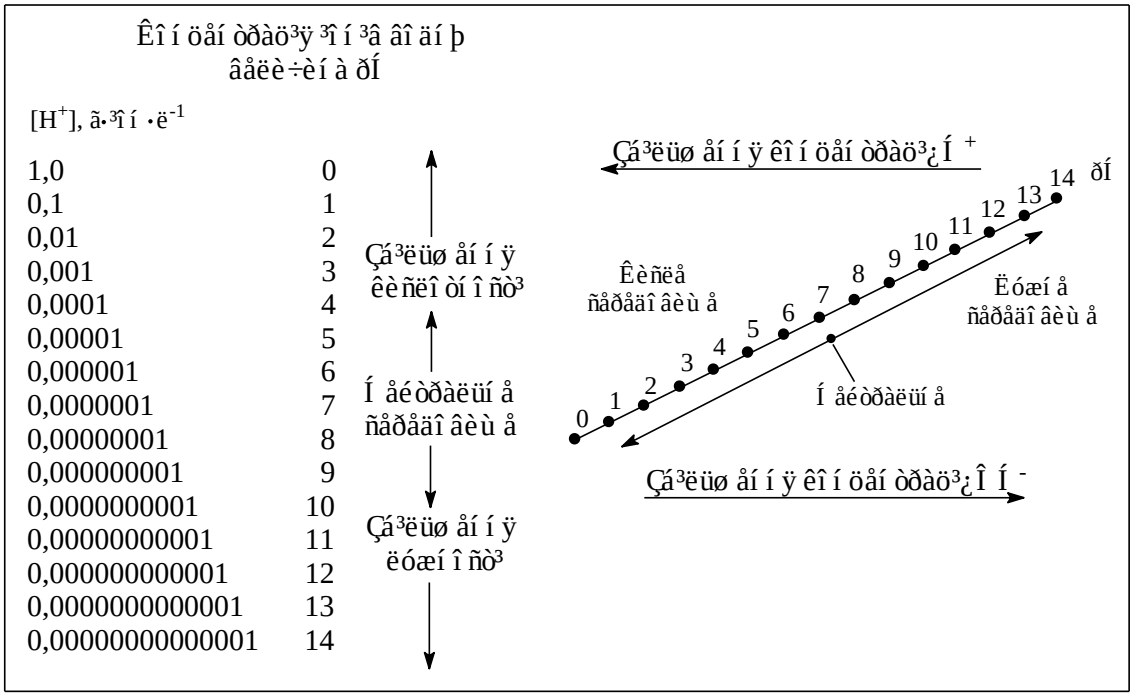
Термін pH визначається виразом:

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = -\log[H^+].$$

У нейтральному середовищі

$pH=7$.

Цей показник може змінюватися від нуля до 14. Коли pH прямує до нуля, середовище кисле. При pH від 7 до 14 - середовище лужне.



Шкала водневого показинка

pH впливає на:

- стан і активність ферментів;

- скоротливу активність білків актину і міозину (пониження зменшує утворення актин-міозинових мостиків у міофібрилах);
- транспорт іонів;
- звільнення іонів Ca^{2+} з саркоплазматичного реиткулуму;
- швидкість розпаду АТФ;
- збудливість больових рецепторів.

Зміна pH крові з 7,36 до 6,08 веде до смерті.

У процесі еволюції в організмі виробилися спеціальні системи (буфери), що сприяють підтриманню сталості pH середовища. *Буферні системи – це суміш слабкої кислоти і її розчинної солі, двох солей або білків.* У процесі обміну речовин постійно утворюються продукти кислого або лужного характеру, які повинні би сильно впливати на активну реакцію середовища. Як відомо, такий стан речей міг би паралізували ферментативну активність. Однак такі зміни в організмі або не відбуваються, або pH зсувається у незначній мірі. Це пояснюється наявністю в організмі систем речовин, що володіють буферною дією. Буферна дія полягає у зв'язуванні буферною системою надлишку іонів водню, які закислюють середовище, а також - іонів гідроксилу, які залужнюють середовище, тобто, у підтриманні постійного pH. Буферна дія зберігається при розведенні та концентруванні буферних розчинів. *Типові буферні системи являють собою суміші розчинів слабких кислот з розчинами їх солей від сильних основ або суміші розчинів слабких основ з розчинами їх солей від сильних кислот.*

Буферні системи поділяються на кислотні та основні. Кислотними є такі:

бікарбонатна : $H_2CO_3 + NaHCO_3$

білкова – білок: кислота + білок-сіль

фосфатна: $NaH_2PO_4 + Na_2HPO_4$

ацетатна : $CH_3COOH + CH_3COONa$

Представником основної буферної системи є амонійна: $NH_4OH + NH_4Cl$

Приклад дії буферних систем можна розглянути на прикладі бікарбонатної системи:

$H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^- + OH^- \rightarrow HCO_3^- + H_2O$

$NaHCO_3 \rightarrow Na^+ + HCO_3^- + H^+ \rightarrow Na^+ + H_2CO_3$

Буферна дія системи не є безмежна. При додаванні великої кількості сильної кислоти чи лугу буферна система може вичерпати свою ємність і активна реакція середовища змінюється. *Буферна ємність* вимірюється числом грам-еквівалентів сильної кислоти чи лугу, яке необхідно додати до 1л розчину, щоб його pH змінився на 1. Коли запаси речовин з буферною дією вичерпуються, то змінюється активна реакція організму.

Ті речовини, котрі здатні зв’язувати протони водню, називаються *буферним резервом організму*. Це в основному бікарбонати. Запас гідрокарбонатів у крові дістав назву *лужного резерву крові*. Саме він протидіє зсувам pH крові в кислий бік при накопичені в організмі кислих продуктів, наприклад молочної кислоти за умов важкої фізичної праці.