

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ  
ІМЕНІ ІВАНА БОБЕРСЬКОГО**

Кафедра біохімії та гігієни

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри біохімії та гігієни

\_\_\_\_\_ д-р біол. наук, с.н.с. Борецький Ю. Р.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

**ЛЕКЦІЯ 1  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «БІОХІМІЯ»**

**ТЕМА: ВОДА В ЖИВИХ СИСТЕМАХ.**

для студентів II курсу

Галузь знань: 01 Освіта

Спеціальність: 017 фізична культура і спорт (фітнес і рекреація);

017 фізична культура і спорт (фізична реабілітація)

Факультет фізичної культури і спорту

Лектор:

Ст. викладач кафедри біохімії та гігієни

канд. наук з фіз. виховання і спорту Тимочко-Волошин Р. І.

## ПЛАН ЛЕКЦІЇ:

1. Будова, фізичні та хімічні властивості води. Вода в організмі людини.
2. Вода як універсальний розчинник. Водно-дисперсні системи організму.
3. Активний і пасивний транспорт речовин. Дифузія і осмос.
4. Активна реакція середовища, водневий показник.
5. Буферні системи організму, механізм їх дії.

## **Будова, фізичні та хімічні властивості води. Вода в організмі людини.**

Вода – найпоширеніша сполука в живих організмах. Вона становить близько 75% біомаси Землі. В організмі людини вміст води залежить від віку. Так, у новонароджених міститься 70 – 75% води, у дорослої людини – близько 65%, а у старечому віці її вміст знижується до 45%. У різних органах і тканинах дорослої людини вміст води не рівномірний і становить 70 – 85%. Винятком є кісткова і жирова тканини, які містять менше 30% води, та біологічні рідини (плазма крові, лімфа, ліквор, травні соки, сеча, слюзи тощо) – більше 90%. Отже, вода є основним середовищем для перебігу життєво важливих фізико-хімічних і біохімічних процесів.

Важливі й різноманітні функції води в живих організмах зумовлені дипольною природою молекул води, що складаються з одного атома Оксигену та двох атомів Гідрогену. У рідкому стані вода складається з скупчень (кластерів) молекул, з'єднаних одна з одною водневими зв'язками. Поодинокий водневий зв'язок – це досить слабкий зв'язок, але, завдяки своїй численності, вони визначають унікальні фізичні і хімічні властивості води, які, у свою чергу, використані живими організмами для реалізації деяких процесів життєдіяльності. Так, висока температура випаровування води (0,54 ккал/г) забезпечує один із механізмів терморегуляції – тепловіддачу шляхом випаровування поту. А висока теплоємність води дозволяє організму підтримувати відносно постійну температуру тіла при значних коливаннях температури повітря.

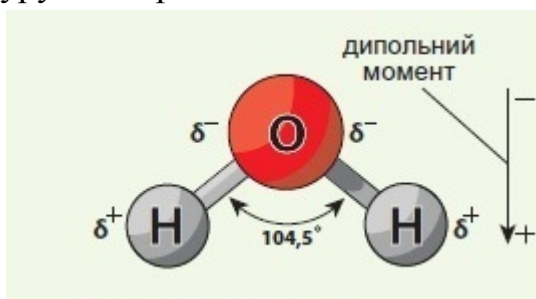


Рис. 1. Будова молекули води

Висока діелектрична стала полярних молекул води і сильно виражена здатність її утворювати водневі зв'язки роблять воду універсальним розчинником. Навколо розчинених частинок – йонів і молекул утворюється гідратна оболонка. Гідратація біомолекул забезпечує разом з іншими факторами їх просторову структуру. Білки, фосфоліпіди, нуклеїнові кислоти утворюють у водних розчинах структури, в яких гідрофобні неполярні групи ізольовані від водної фази, а на поверхні розміщені гідрофільні групи, що взаємодіють із молекулами води. З цим і пов'язана просторова організація надмолекулярних структур, зокрема ліпопротеїнових міцел, мембран, клітинних органел. Таким чином, вода забезпечує структуру білків, нуклеїнових кислот, ліпопротеїнів та надмолекулярних міцел (мембран і органел). При значному відхиленні від норми вмісту води у тканинах порушується функціонування органел, зокрема процес окиснювального

фосфорилування в мітохондріях, синтез білків на рибосомах. Завдяки гідратації йонів і молекул частина води в організмі перебуває у зв'язаному стані. *Гідратна (імобільна)* вода не проявляє властивостей розчинника.

Вода, як розчинник, забезпечує транспорт речовин в організмі, дисоціацію і, тим самим, активацію ряду біомолекул, є середовищем для перебігу більшості ферментативних реакцій. Крім того, вода безпосередньо слугує субстратом у реакціях гідролізу і гідратації, утворюється в процесі тканинного дихання при окисненні вуглеводів, жирів чи амінокислот. Цю воду називають *ендогенною*, або *метаболичною*. При повному окисненні до кінцевих продуктів 100 г вуглеводів вивільняється 55,6 мл води, 100 г білків – 41,3 мл, а 100 г жирів – 107,1 мл. За добу в організмі людини утворюється 300 – 400 мл ендogenousної води.

Вода, що надходить в організм з продуктами харчування, напоями, складає так звану *екзогенну воду*. Потреба в екзогенній воді для дорослої людини становить в середньому 40 г/кг маси тіла. У дітей ця потреба є у три рази вищою. Всмоктування екзогенної води відбувається у тонкому кишківнику. Звідси вона потрапляє через ворітню вену в печінку. Частина її тут затримується, а решта – кров'ю розноситься до різних органів і тканин. Частина води надходить у кишківник з травними соками, значна кількість її зворотно абсорбується в товстій кишці. Між кров'ю, органами і тканинами існує постійний динамічний обмін водою. Вміст води в тканинах перебуває у прямій залежності від рівня інтенсивності обміну речовин. Залежно від різниці між кількістю води, що надходить і кількістю виділеної води розрізняють позитивний, негативний і нульовий баланс води.

### **Вода як універсальний розчинник. Водно-дисперсні системи організму.**

*Водні розчини* – це найпоширеніші системи у живій і неживій природі, оскільки вода є універсальним розчинником твердих, рідких і газуватих речовин. Речовини відіграють винятково важливу роль у життєдіяльності будь-яких організмів. Саме у водному середовищі відбувається більшість хімічних реакцій, у тому числі й складні фізіологічні та біохімічні процеси (травлення їжі, всмоктування у кров поживних речовин та виведення з організму продуктів обміну тощо).

*Розчини* – це гомогенні термодинамічно стійкі системи змінного складу, що містять два або більше компонентів і продуктів їх взаємодії. Хімічні речовини, при змішуванні яких утворюється розчин і які виділити з нього у чистому вигляді, називають *компонентами розчину*. Компонентами розчину є розчинник і розчинена речовина. Речовину, яка при розчиненні не змінює свого агрегатного стану або входить до складу розчину в більшій кількості, називають *розчинником*. Як зазначалося вище, найпоширенішим у природі розчинником є вода. Другим компонентом розчину є *розчинена речовина* (одна або кілька). Частинами розчиненої речовини є окремі молекули (при розчиненні неелектролітів,

наприклад, сахарози у воді) або йони (наприклад, при розчиненні натрій хлориду у воді).

Розчини посідають проміжне місце між механічними сумішами та хімічними сполуками. Від суміші розчин відрізняє те, що будь-який мікроскопічний об'єм має такий самий хімічний склад і фізичні властивості, як і вся маса розчину. На відміну від хімічних сполук, склад розчинів може змінюватися залежно від кількості взятих компонентів у межах, що визначаються їх взаємною розчинністю. Отож, розчинність – це здатність речовини розчинятися в тому чи іншому розчиннику. Вона тим більша, чим сильніша взаємодія або спорідненість між компонентами розчину.

Колоїдні розчини належать до дисперсних систем. *Дисперсною* називають систему, в якій дрібні частинки однієї або кількох речовин (дисперсної фази) рівномірно розподілені між частинками іншої (дисперсного середовища). Залежно від розмірів частинок дисперсної фази системи поділяють на гомогенні та гетерогенні.

Систему, в якій диспергована речовина не має поверхні поділу з дисперсійним середовищем, називають *гомогенною* (однорідною). До таких систем належать істинні розчини (молекулярно-йонні системи). Розміри молекул, йонів менші за  $1 \times 10^{-9}$  м (1нм). Систему, в якій частинки диспергової речовини мають розміри понад  $1 \times 10^{-9}$  м і становлять окрему фазу щодо дисперсійного середовища, називають *гетерогенною*.

Залежно від розмірів частинок дисперсної фази дисперсні системи поділяють на такі типи:

- *грубодисперсні* ( $d=10^{-3}-10^{-5}$  м), до яких належать суспензії (тверді частинки дисперсної фази знаходяться у рідкому дисперсійному середовищі), емульсії (складаються з двох рідин, що не змішуються між собою внаслідок різної полярності), порошки;
- *середньої дисперсності* ( $d=10^{-5}-10^{-7}$  м), прикладами яких є тонкі зависі, дим, поруваті тіла;
- *високодисперсні* ( $d=10^{-7}-10^{-9}$  м) – це колоїдні розчини (дисперсним середовищем є рідина, а дисперсною фазою – тверді частинки).

Отож, близько 2/3 води в організмі людини міститься всередині клітин (інтрацелюлярна), а 1/3 – позаклітинна вода (екстрацелюлярна), яка, в свою чергу, поділяється на міжклітинну (інтерстиціальну) рідину (25% всієї води) та води плазми крові та спеціалізованих позаклітинних рідин (рис. 1). Вода вільно проходить через клітинні мембрани і розподіл її між клітинами та міжклітинним простором визначається осмотичними і гідростатичними силами.

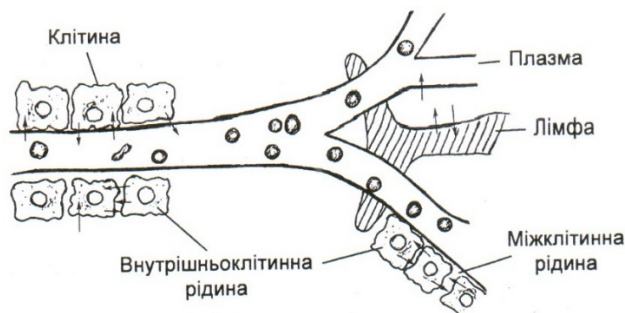


Рис. 2. Розподіл води в організмі

За електролітним складом внутрішньо- і позаклітинні рідини організму значно відрізняються. Головним катіоном плазми крові й міжклітинної рідини є  $\text{Na}^+$ , а внутрішньоклітинна концентрація його приблизно у 15 разів менша. Концентрація  $\text{K}^+$  всередині клітини в 30 – 40 разів більша, ніж у позаклітинній рідині. Рівень  $\text{Mg}^{2+}$  приблизно у 15 разів вищий у внутрішньоклітинній рідині. Концентрація йонів  $\text{Ca}^{2+}$  в цитоплазмі клітин у стані спокою дорівнює тільки  $10^{-7}$  моль/л, тобто на декілька порядків менша, ніж у позаклітинній рідині. Для того, щоб підтримувати ці градієнти концентрації йонів, затрачається велика кількість енергії. У плазматичній мембрані більшості клітин містяться транспортні АТФази, які за рахунок енергії гідролізу АТФ переносять катіони проти градієнта концентрації. Серед аніонів у позаклітинній рідині переважають хлориди і гідрокарбонати, а всередині клітини – фосфати і білки. Електронеутральність середовищ забезпечується рівністю сумарної кількості катіонів і аніонів.

Електролітний (йонний) склад, рН і осмотичний тиск є основними параметрами рідин організму, які підтримуються постійними за допомогою регуляторних механізмів, а при відхиленні за межі фізіологічної норми розвиваються патологічні зміни в організмі.

### **Активний і пасивний транспорт речовин. Дифузія і осмос.**

Дифузія та осмос належать до *пасивних механізмів транспорту*. Вони проходять без використання енергії. *Активні механізми транспорту* перебігають за рахунок енергії АТФ.

**Дифузія** – це самочинний процес вирівнювання концентрації речовини у всьому об'ємі розчину, зумовлений тепловим рухом частинок розчиненої речовини і розчинника. Дифузія відбувається з розчину більшої концентрації розчиненої речовини у розчин з меншою концентрацією цієї речовини, тобто за градієнтом концентрації. Вона відіграє важливу роль у життєдіяльності організмів і є одним із механізмів пасивного перенесення речовин крізь клітинні мембрани. Важливо, що дифузія йонів є причиною виникнення біопотенціалів.

**Осмос.** Розглянемо тепер процес дифузії, коли між розчином і розчинником або на межі двох розчинів різної концентрації помістити напівпроникну мембрану. Напівпроникними є перегородки, крізь пори яких проникають тільки молекули розчинника, а частинки розчиненої речовини затримуються. Такі властивості

характерні для стінок клітин живих організмів (стінок кишківника, сечового міхура, шкіри та ін.) і штучно виготовлених органічних мембран. За наявності напівпроникної мембрани відбувається проникнення молекул розчинника у більш концентрований розчин. Отже, односторонню дифузійну молекул розчинника крізь напівпроникну мембрану з розчину з меншою концентрацією в розчин з більшою концентрацією називають **осмосом**.

Відомо, що всі біологічні рідини є водними розчинами, які мають певний осмотичний тиск, що підтримується на відносно сталому рівні (ізоосмія). Так, для плазми крові людини цей показник дорівнює 770 – 821 кПа (7,6 – 8,1 атм). Близько 60 % осмотичного тиску крові створюють наявні у ній йони  $\text{Na}^+$  і  $\text{Cl}^-$ , а значно меншу його частину зумовлюють білки. Тиск, що створюється високомолекулярними біологічно активними сполуками, називають **онкотичним**. Він становить менше як 0,5 % загального осмотичного тиску (3,04 – 4,05 кПа) і на 80 % визначаються альбумінами. Онкотичному тиску належить основна роль у механізмі надходження води у кров із тканинної рідини, оскільки низькомолекулярні речовини плазми без перешкод проникають крізь стінки кровоносних капілярів і їх концентрація у крові і тканинній рідині практично однакова. Оскільки онкотичний тиск крові становить близько 4 кПа, а тканинної рідини та лімфи – приблизно 1,33 кПа, то за рахунок цієї різниці тисків вода надходить із лімфи у кров.

Завдяки тому, що стінки клітин мають властивості мембран, розподіл води в тканинах залежить від осмотичного тиску. Зокрема, стан осмотичної напруженості клітини, зумовлений підвищеним осмотичним тиском, називають **тургором**. Він забезпечує пружність і еластичність тканин.

**Ізоосмія** регулюється передусім нервовою системою та залозами внутрішньої секреції. У процесі регуляції осмотичного тиску беруть участь органи виділення, переважно нирки і потові залози. Завдяки їм вода, що надходить в організм і продукти метаболізму виводяться із сечею та потом, не спричиняючи істотних змін осмотичного тиску.

Розчини з однаковим осмотичним тиском називають **ізотонічними**. Якщо осмотичний тиск одного розчину більший, ніж другого, то перший розчин є **гіпертонічним**, а розчин з меншим осмотичним тиском – **гіпотонічним**. У клінічній практиці ізотонічними є розчини, осмотичний тиск яких дорівнює осмотичному тиску плазми крові, тобто 7,7 – 8,1 атм. Це розчини з масовою часткою  $\text{NaCl}$  0,85 – 0,9 % або глюкози  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  – 4,5 – 5,0 %. Крім того використовують різні багатокомпонентні фізіологічні розчини, зокрема розчин Рінгера, Рінгера – Локка та ін., які за своїм хімічним складом наближаються до плазми крові. Такі розчини можна вводити внутрішньовенно у значних кількостях для компенсації втрат рідини.

Зміна осмотичного тиску рідини, що оточує клітину, призводить до порушення в ній водного обміну. У гіпотонічних розчинах спостерігається явище

лізису, тобто клітини набрякають і руйнуються. Якщо еритроцити помістити у розчин з меншим осмотичним тиском, ніж усередині еритроцита, то вода проникає всередину еритроцита і він набрякає, збільшується в об'ємі і руйнується. Явище руйнування оболонки еритроцитів при введенні у плазму крові гіпотонічних розчинів, що супроводжується виходом гемоглобіну в плазму, називають гемолізом (рис. 2). Якщо еритроцити помістити в розчин з більшим осмотичним тиском, ніж всередині еритроцитів, тобто в гіпертонічний розчин, то еритроцити втрачають воду, різко зменшуються в об'ємі і зморщуються. Явище зморщування еритроцитів при введенні у плазму крові гіпертонічних розчинів називають плазмолізом.

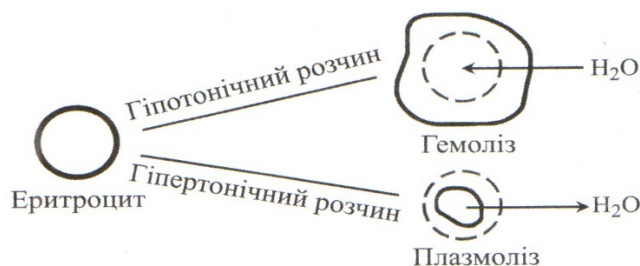


Рис. 3. Гемоліз і плазмоліз еритроцитів

**Активний транспорт речовин** – це переміщення йонів через мембрани клітин із розчину низької до розчину високої їх концентрації, тобто проти градієнта концентрації, за участю АТФ та спеціальних мембранних білків-переносників. Такий вид транспорту забезпечує постійність концентрації йонів  $\text{Na}^+$  та  $\text{K}^+$  в клітині та поза нею. Близько 30 % АТФ клітин використовується для роботи  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -АТФази (так званий  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -насос або помпа). Процеси активного транспорту цих йонів лежать в основі передачі нервового імпульсу по нервових закінченнях та створення йонного потенціалу дії на мембрані м'язових волокон, що зумовлює збудження та скорочення м'язів. На мембранах ендоплазматичного ретикулуму скелетних м'язів працюють  $\text{Ca}^{2+}$ -насоси. Вони забезпечують активний транспорт  $\text{Ca}^{2+}$  із цитоплазми в ретикулум, де він зберігається, і знижують його вміст у цитоплазмі, що необхідно для розслаблення м'язів.

**Цитоз** – це транспорт речовин, молекул через клітинну мембрану, під час якого утворюються везикули з речовинами, котрі переносяться. Розрізняють ендоцитоз – вгинання плазматичної мембрани клітини під час поглинання речовин, бактерій (фагоцитоз та піноцитоз) та екзоцитоз – вигинання плазматичної мембрани під час викидання деяких речовин клітиною (під час секреції гормонів, нейромедіаторів та ін.).

### **Активна реакція середовища, водневий показник.**

Усі хімічні сполуки за їх здатністю проводити електричний струм поділяють на електроліти та неелектроліти. **Електроліти** – це речовини, які проводять електричний струм як у розплавленому стані, так і в розчинах. До них належать деякі основи та солі, які у твердому стані складаються з йонів, наприклад,  $\text{KOH}$ ,



NaOH, KCl, CaCl<sub>2</sub> та ін.; речовини, що утворюють йони при розчиненні їх у воді (амоніак, органічні кислоти тощо). При розчиненні у воді електроліти дисоціюють на катіони і аніони, що взаємодіють як з водою, так і між собою. Неелектроліти не проводять струм, оскільки складаються з молекул, що не розпадаються на йони, наприклад, гліцерин, етанол, глюкоза, сахароза тощо. Електроліти відіграють важливу роль у життєдіяльності організму, тому що всі фізіологічні рідини (шлунковий сік, плазма крові, міжклітинна, внутрішньоклітинна, спинномозкова рідини, секрет залоз) є розчинами електролітів. З наявністю цих сполук пов'язане певне значення осмотичного тиску та рН середовища біологічних рідин. Електроліти здатні утримувати воду у вигляді гідратів, протидіючи зневодненню організму. Концентрація електролітів у фізіологічних рідинах впливає на розчинність білків, амінокислот і низькомолекулярних сполук. У плазмі крові вміст катіонів, в основному мікроелементів – Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, становить 154 ммоль/дм<sup>3</sup>. На неорганічні аніони – Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, та SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – припадає близько 133 ммоль/дм<sup>3</sup>, а решту 21 ммоль/дм<sup>3</sup> становлять органічні аніони.

*Електролітична дисоціація* – це процес розщеплення сполуки на йони внаслідок її взаємодії з розчинником. За теорією електролітичної дисоціації С. Арреніуса, *кислоти* – це електроліти, які дисоціюють з утворенням катіонів Гідрогену H<sup>+</sup> та аніонів кислотного залишку:  $HA \leftrightarrow H^+ + A^-$ ; *основи* – це електроліти, які внаслідок дисоціації утворюють гідроксид-йони OH<sup>-</sup> та катіони металу або амонію:  $KtOH \leftrightarrow Kt^+ + OH^-$ . Йони Гідрогену H<sup>+</sup> у водному середовищі не існують, оскільки вони миттєво приєднуються до молекул води (гідратуються) з утворенням йонів гідроксонію H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> за рівнянням  $H^+ + H_2O \leftrightarrow H_3O^+$ . Однак, для спрощення користуються поняттям «Гідроген-йон», хоча насправді у водних розчинах таких йонів практично немає.

Чиста вода належить до слабких електролітів, оскільки вона дуже погано проводить електричний струм. За температури 25 °C константа дисоціації води дорівнює  $1,8 \times 10^{-16}$ . Це означає, що дисоціює незначне число молекул води за рівнянням  $H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$ . Оскільки наведене спрощене рівняння не відображає суть процесу дисоціації, скористаємось рівнянням автопротолізу води:  $2H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + OH^-$ . Запишемо математичний вираз константи рівноваги цього процесу:  $K_p = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]^2}$ .

За температури 25 °C йонний добуток води (K<sub>w</sub>) дорівнює 10<sup>-14</sup>, тобто

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1,0 \times 10^{-14}$$

Концентрації гідроксоній- та гідроксид-йонів за цих умов будуть однакові і становитимуть 10<sup>-7</sup> моль/дм<sup>3</sup>:  $[H_3O^+][OH^-] = \sqrt{K_w} = 10^{-7}$  моль/дм<sup>3</sup> (рис. 3).

Концентрація йонів H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, або простіше [H<sup>+</sup>], характеризує кислотність середовища, яку для зручності виражають *водневим показником*, або, точніше, *показником йонів Гідрогену*, і позначають *pH*:

$$pH = -\lg [H_3O^+] = -\lg [H^+].$$

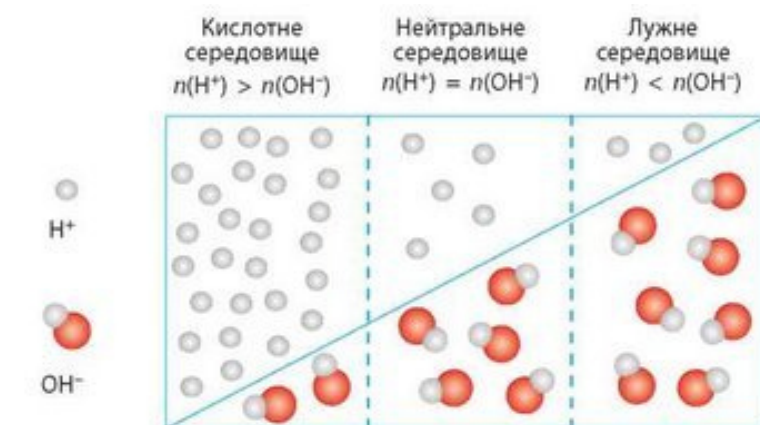


Рис. 4. Порівняння вмісту йонів  $H^+$  та  $OH^-$  у різних середовищах

Отже, **pH** – це від’ємний десятковий логарифм молярної концентрації гідратованих йонів Гідрогену.

Аналогічно визначають рОН, який називають гідроксильним показником:

$$pOH = -\lg [OH^-].$$

pH середовища розчинів сильних і слабких кислот та основ змінюється в інтервалі від 0 до 14 (табл.1.).

## Шкала рН



Таблиця 1. Характеристика кислотності середовища за величиною рН

Інтервал рН	Характеристика середовища	$[H^+]$ , моль/дм <sup>3</sup>
0 – 3	Сильнокислотне	$10^{-1} - 10^{-3}$
4 – 6	Слабокислотне	$10^{-4} - 10^{-6}$
7	Нейтральне	$10^{-7}$
8 – 10	Слабколужне	$10^{-8} - 10^{-10}$
11 – 14	Сильнолужне	$10^{-11} - 10^{-14}$

Значення рН є важливою характеристикою всіх фізіологічних рідин. Від нього залежить функція клітин, тканин, органів і організму людини в цілому. Шлунковий сік, кров, слина, сеча, сік підшлункової залози та інші біологічні рідини характеризуються певним значенням рН (табл.2.), яке в нормі змінюється в невеликому інтервалі. Відхилення значення рН від норми призводить до появи патологічних станів організму, оскільки концентрація йонів Гідрогену визначає

структуру та біологічні функції білків, нуклеїнових кислот, активність ферментів та інших клітинних компонентів організму.

Таблиця 2. Значення рН деяких фізіологічних рідин організму

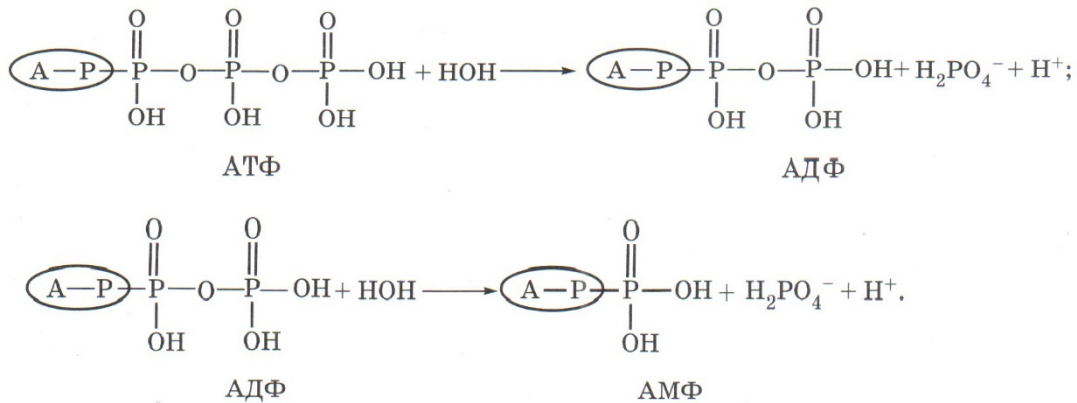
Фізіологічна рідина	Ймовірне значення рН	Можливі коливання
Шлунковий сік	1,65	0,9 – 2,0
Сеча	5,8	5,0 – 6,5
Слина	6,75	5,6 – 7,9
Жовч	7,35	6,2 – 8,5
Кров (плазма)	7,36	7,25 – 7,44
Спинномозкова рідина	7,6	7,35 – 7,8
Сік підшлункової залози	8,8	8,6 – 9,0

Крім того, трапляються приклади, коли розчини різних середніх солей, що не містять ні йонів Гідрогену, ні гідроксид-йонів, виявляють кислотну або лужну реакцію середовища. Ці факти пояснюються процесом *гідролізу*, тобто взаємодією солі з водою. Характер перебігу реакцій гідролізу взагалі або солей, у вужчому розумінні слова, визначається природою цієї речовини.

*Гідролізом* називають обмінну реакцію йонів солі з водою, що призводить до утворення слабких електролітів. Будь-яку сіль  $KtAn$  можна уявити як продукт взаємодії кислоти і основи. Так, амоній хлорид  $NH_4Cl$  утворений слабкою основою  $NH_4OH$  і сильною кислотою  $HCl$ , а натрій нітрат  $NaNO_3$  – сильною кислотою  $HNO_3$  і сильною основою  $NaOH$ . Тому солі за їх походженням поділяють на чотири типи:

1. Солі, утворені сильною основою і сильною кислотою, не зазнають гідролізу, оскільки йони цих солей не утворюють з водою слабких електролітів. Рівновага дисоціації води не порушується і концентрація йонів  $H^+$  і  $OH^-$  залишається такою ж як і у чистій воді. Отже водний розчин солей такого типу матиме нейтральну реакцію ( $pH = 7$ ).
2. Солі, утворені слабкою кислотою і сильною основою, гідролізують за аніоном і надають розчину лужної реакції:  $An^- + HOH \leftrightarrow HAn + OH^-$ ,  $pH > 7$ .
3. Солі, утворені сильною кислотою і слабкою основою, гідролізують за катіоном і надають розчину кислотної реакції:  $Kt^+ + HOH \leftrightarrow KtOH + H^+$ ,  $pH < 7$ .
4. Солі, утворені слабкою кислотою і слабкою основою, гідролізують повністю з утворенням двох малодисоційованих або малорозчинних електролітів:  $KtAn + HOH \leftrightarrow KtOH + HAn$ ,  $pH \approx 7$ .

Для функціонування організму важливою є реакція гідролізу АТФ. Якщо молекулу АТФ умовно зобразити  $A-P-\Phi_n \sim \Phi_n \sim \Phi_n$ , де  $A$  – аденін,  $P$  – рибоза,  $\Phi_n$  – неорганічний фосфат, то процес гідролізу АТФ можна подати такою спрощеною схемою:



Таким чином, внаслідок послідовного розщеплення макроергічних зв'язків у молекулі АТФ (у формулах їх позначено P~O) виділяється енергія.

### **Буферні системи організму, механізм їх дії.**

Оскільки внаслідок перебігу хімічних реакцій можуть утворюватися або витрачатися йони Гідрогену виникає потреба забезпечити стаке значення рН середовища. Підтримання сталого значення рН фізіологічних рідин організму – плазми крові, спинномозкової рідини, шлункового соку, жовчі, слини тощо – є дуже важливим чинником гомеостазу. Це досягається як за допомогою фізіологічних процесів у нирках, печінці, легенях, кишківнику, так і за участю дії певних *буферних розчинів*.

*Буферними* називають розчини, які здатні зберігати стаке значення рН середовища при добавлянні до них невеликих кількостей кислоти або лугу або при їх розбавлянні чи концентруванні.

Найпоширенішими є водні кислотно-основні буферні розчини, які містять слабку кислоту  $\text{HAn}$  і поєднану з нею основу  $\text{An}^-$ , наприклад,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  і  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  або  $\text{NH}_4^+$  і  $\text{NH}_3$ . Як правило, буферні розчини містять:

- Слабку кислоту і сіль цієї кислоти, утворену сильною основою, наприклад,  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$  (ацетатний буфер, діапазон  $\text{pH} \approx 5,0$ ),  $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$  (гідрогенкарбонатний або бікарбонатний буфер, діапазон  $\text{pH} = 6,0 - 8,0$ );
- Солі багатоосновних кислот, наприклад,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$  (фосфатний буфер, діапазон  $\text{pH} = 5,9 - 8,0$ );
- Слабку основу і сіль цієї основи, утворену сильною кислотою, наприклад,  $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$  (амонійний буфер, діапазон  $\text{pH} = 8,4 - 10,3$ ).

Залежно від діапазону рН буферні системи поділяють на дві групи – кислотні й основні. Крім цього, здатність буферних розчинів зберігати стаке значення рН при розбавлянні або при добавлянні кислот чи основ є обмеженою. Кількісно цю властивість буферних систем можна оцінити за значенням буферної ємності.

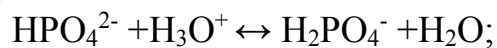
*Буферною ємністю* називають кількість моль-еквівалентів сильної кислоти або сильної основи, яку потрібно додати до  $1 \text{ дм}^3$  буферного розчину, щоб змінити його рН на одиницю.

Організм людини має спеціальні механізми координації фізіологічних і біохімічних процесів і може підтримувати на певному рівні вміст різних речовин: газів, води, електролітів, йонів Гідрогену, деяких біометалів і біолігандів та ін. Цю координацію називають гомеостазом. **Гомеостаз** – це відносна динамічна сталість внутрішнього середовища (крові, лімфи, тканинної рідини) і скоординованість основних фізіологічних функцій організму (кровообігу, дихання, терморегуляції, обміну речовин тощо). Він передбачає підтримання на належному рівні осмотичного тиску ( $\pi_{\text{пл}} = 7,6 - 8,1$  атм,  $\pi_{\text{онк}} = 0,03 - 0,04$ ), електролітного складу, водного балансу тощо.

Важливою складовою гомеостазу є підтримання певного значення рН середовища біологічних рідин, що досягається за допомогою фізіологічних та фізико-хімічних механізмів. Фізіологічні системи регулювання рН пов'язані з роботою легень, нирок, кишківника. Під фізико-хімічними механізмами розуміють дію буферних систем, оскільки вони дають можливість організму активно протидіяти впливу зовнішніх чинників, спрямованих на зміну кислотності його фізіологічних рідин.

До біологічних буферних систем організму належать чотири типи буферних розчинів: *гідрогенкарбонатний, фосфатний, гемоглобіновий та білковий*. Вони характеризуються різною буферною ємністю та неоднаковим вмістом у фізіологічних рідинах. Якщо у плазмі крові функціонують гідрогенкарбонатна, фосфатна і білкова буферні системи, то у еритроцитах домінуючою є гемоглобінова, оскільки на неї припадає 75% буферної ємності. У клітинах, сечі та секретах залоз травлення найважливішою є фосфатна буферна система.

**Фосфатна буферна система** характеризується незначною буферною ємністю, що пояснюється малою концентрацією фосфат-йонів у плазмі крові ( $\sim 2$  ммоль/дм<sup>3</sup>). Відношення концентрації йонів  $\text{HPO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_4^-$  у плазмі становить 4:1 і практично не змінюється за наявності у крові кислотних або основних продуктів. З кислотою, що потрапляє в кров, реагують гідрогенфосфат-йони, а з основою – йони дигідрогенфосфату за рівняннями:



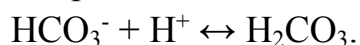
**Гідрогенкарбонатна буферна система** діє переважно в еритроцитах і позаклітинних рідинах. Вона характеризується великою буферною ємністю і тісно пов'язана з дією інших буферних систем організму. Складається з слабкої карбонатної кислоти, яка утворюється внаслідок гідратації вуглекислого газу  $\text{CO}_2$  – кінцевого продукту ферментативного окиснення вуглеводів, ліпідів та білків. Другим компонентом є йони  $\text{HCO}_3^-$ , які утворюються внаслідок дисоціації карбонатної кислоти:



Значення рН крові залежить від концентрації розчиненої в крові карбонатної кислоти і утворених йонів  $\text{HCO}_3^-$ . Співвідношення гідрогенкарбонат-йонів та

карбонатної кислоти в крові при  $pH = 7,4$  становить 20:1. Такий значний надлишок іонів  $HCO_3^-$  забезпечує так званий лужний резерв крові.

У разі потрапляння в кров кислоти йони  $HCO_3^-$  взаємодіють з катіонами  $H^+$ :



Її надлишок дегідратується у легенях під дією ферменту карбоангідрази і виводиться з організму.

При надходженні у кров основних продуктів вони нейтралізуються карбонатною кислотою:



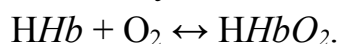
У цьому разі сильна основа замінюється йонами гідрогенкарбонату, які виводяться з організму нирками.

**Білкові буферні системи** складаються переважно з альбумінів, що містяться в плазмі крові. Механізм буферної дії цієї системи пояснюють наявністю в молекулах білків залишків амінокислот, які мають амфотерні властивості. Тому білки (протеїни) протидіють зміні  $pH$ , вступаючи в реакцію як з кислотами, так і з основами. Це видно на прикладі буферної дії найпростішої амінокислоти – гліцину. У розчині він існує у вигляді біполярного йона (цвітер-йона), концентрація якого значно перевищує концентрацію нейонізованих молекул гліцину:



При надходженні кислоти рівновага зміщується вліво, при дії основи – навпаки:  $H_3N^+-CH_2-COOH \leftrightarrow H_3N^+-CH_2-COO^- \leftrightarrow H_2N-CH_2-COO^-$ . Білкова буферна система активно функціонує разом з гідрогенкарбонатною.

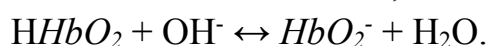
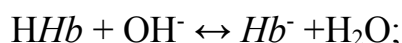
**Гемоглобінова буферна система** діє переважно в еритроцитах. Її частка в забезпеченні буферної ємності крові становить близько 75%. Ця буферна система є різновидом білкових буферів, оскільки складається з протеїнів, тобто відновленої й окисненої форм гемоглобіну, які умовно позначаються  $Hb$  (гемоглобін) і  $HbO_2$  (оксигемоглобін). Обидві форми гемоглобіну пов'язані між собою, оскільки гемоглобін, приєднуючи кисень у легенях, перетворюється на оксигемоглобін:



При надходженні у кров кислот відбувається реакція:



Гемоглобін і оксигемоглобін, як слабкі кислоти, взаємодіють і з основами:



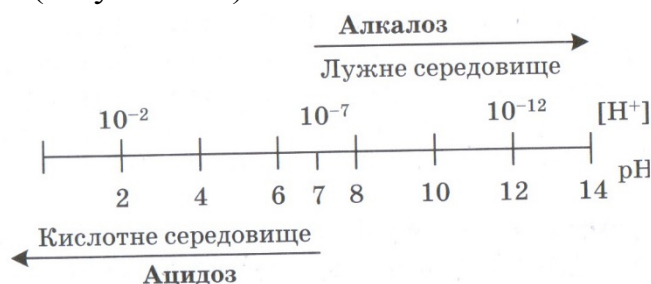
З дією гемоглобінової та гідрогенкарбонатної буферних систем пов'язане транспортування кисню і вуглекислого газу в організмі.

Невід'ємною складовою гомеостазу внутрішнього середовища організму є **кислотно-основний стан**, що забезпечує оптимальні умови перебігу обмінних процесів і спрямований на підтримання сталої концентрації іонів Гідрогену. За оптимальних умов функціонування організму  $pH$  плазми крові коливатиметься у вузьких межах ( $7,40 \pm 0,05$ ). Слабколужне середовище є оптимальним для

функціонування численних ферментних систем, перебігу реакцій гідролізу і протолізу, а також окисно-відновних процесів, що відбуваються за участю йонів  $\text{H}_3\text{O}^+$  або  $\text{OH}^-$ .

Порушення кислотно-основного стану організму пов'язане з підвищенням або зниженням рН крові. Його можуть зумовити такі чинники, як значні фізичні навантаження, вживання великої кількості медикаментів, вдихання забрудненого повітря, порушення виведення з організму деяких продуктів метаболізму тощо.

Зміщення кислотно-основного стану крові в напрямку підвищення концентрації йонів  $\text{H}^+$  називають **ацидозом**, а в напрямку зниження їх концентрації – **алкалозом**. Якщо значення рН крові в нормі становить  $7,35 < \text{pH} < 7,44$  ( $7,4 \pm 0,05$ ), то при  $\text{pH} < 7,35$  виникає ацидоз (закиснення), а при  $\text{pH} > 7,45$  – алкалоз (залужнення).



Таким чином, водно-електролітний баланс є однією з умов гомеостазу. Вода плазми крові разом із розчиненими в ній речовинами швидко обмінюється з внутрішньотканинною рідиною, оскільки концентрація цих речовин у плазмі віддзеркалює їх вміст у всій позаклітинній рідині. Тому хімічний склад крові є вираженням загального стану організму. Порушення водно-електролітного балансу спричинюється невідповідністю між надходженням та виділенням води і електролітів, а також порушенням розподілу їх між внутрішньо- і позаклітинним середовищами. Внаслідок цього спостерігається збільшення кількості позаклітинної рідини (*гіпергідратація*) або її зменшення (*дегідратація*). Кожне з явищ призводить до порушення гомеостазу і, відповідно, порушень у стані здоров'я організму людини.

Отож, основними функціями води є:

- розчинення речовин і участь у хімічних реакціях;
- участь у травленні, транспорті речовин і виведення продуктів їх обміну;
- участь в утворенні та підтриманні структур і функцій клітинних органел;
- участь у біохімічних реакціях обміну вуглеводів, ліпідів, білків (гідроліз, гідратація, дегідратування);
- підтримання кислотно-основного стану організму, водно-електролітного балансу та гомеостазу загалом;
- створення осмотичного тиску, що залежить від концентрації органічних і неорганічних речовин, розчинених в ній;
- участь у процесах терморегуляції та ін.

Використана література:

1. Музиченко В. П., Луцевич Д. Д., Яворська Л. П. Медична хімія: підручник. Вид. 3-тє, виправлене. Київ: Медицина, 2018. 496 с.
2. Гонський Я. І., Максимчук Т. П. Біохімія людини: підручник. Вид. 3-тє, виправлене і доповнене. Тернопіль: ТДМУ, Укрмедкнига, 2017. 732 с.
3. Губський Ю. І. Біологічна хімія: підручник. Київ-Тернопіль: Укрмедкнига, 2000. 506 с.
4. Склярів О. Я., Фартушок Н. В., Бондарчук Т. І. Біологічна хімія: підручник. Тернопіль: ТДМУ, Укрмедкнига, 2015. 706 с.
5. Явоненко О. Ф., Яковенко Б. В. Біохімія: підручник для студентів спеціальності «Фізична культура» педагогічних університетів. Суми: Університетська книга, 2020. 380 с.
6. Біологічна хімія: підручник / Павлоцька Л. Ф. та ін. Суми: Університетська книга, 2020. 513 с.
7. Осипенко Г. А. Основи біохімії м'язової діяльності: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів фізичного виховання і спорту. Київ: Олімпійська література, 2007. 200с.
8. Практикум з біохімії: навчальний посібник / Трач В. М., Сибіль М. Г., Гложик І. З., Башкін І. М. Львів: ЛДУФК, 2014. 283 с.