

Матеріал для самостійного опрацювання теми: «Біогенні елементи»

1. Поняття «біогенні елементи», «біогеохімічні провінції», «ендемичні захворювання».

З понад 100, відомих на сьогоднішній день хімічних елементів, в живих організмах виявлено понад 80, біогенність нині доведена для 28 з них. Вони містяться у повітрі, воді, ґрунті, різноманітних продуктах харчування і потрапляють до організму в процесі дихання, споживання їжі та напоїв. Біогенні елементи є важливими хімічними складовими різних систем живого організму – усіх тканин, фізіологічних рідин.

Біогенними називають елементи, які постійно входять до складу живих організмів та беруть участь у процесах життєдіяльності (виконують певні біологічні функції).

Біогеохімічні провінції – різні за площею території Землі з різним рівнем концентрації хімічних елементів.

Існують біогеохімічні провінції із зниженим чи підвищеним рівнем концентрації певного хімічного елемента, що може стати причиною появи у мешканців таких територій характерних захворювань. Такі захворювання називаються **ендемичними**.

Приклади ендемічних захворювань

підвищення вмісту Sr	стронцієвий рахіт, хондродистрофія (пом'якшення та викривлення кісток)
підвищення вмісту I	ендемичний зоб
підвищення вмісту Mo	молібденова подагра
підвищення вмісту F	флюороз

Sr Нерадіоактивний стронцій теж може чинити на здоров'я людини негативний вплив, але це буває рідко. Як правило, при цьому спостерігається брак інших елементів: кальцію, вітаміну D, селену та ін., і в таких випадках можуть розвиватися рідкісні захворювання - уровська хвороба і стронцієвий рахіт.

Назва уровської хвороби походить від назви річки Уров, що протікає в Забайкаллі - це захворювання було описано ще в середині XIX століття. У жителів тієї місцевості кістки сильно викривлялися і ставали ламкими, а суглоби сильно боліли, і з віком більшість з них насилу могли пересуватися, або перетворювалися на інвалідів.

Результати спостережень показували, що виникнення хвороби пов'язане саме з місцевістю, так як дівчата, які після заміжжя переселялися в інші села, які не хворіли, якщо тільки захворювання не встигло проявитися раніше. І навпаки, ті, хто приїжджав до річки Уров на проживання з інших місць, через кілька років дивувалися цією хворобою, але у них її симптоми були менш вираженими, так як їх дитинство проходило в іншій місцевості.

Однак, незважаючи на всі ці ознаки, конкретну причину хвороби вдалося встановити тільки в XX столітті - виявилось, що концентрація стронцію в місцевій воді була сильно підвищена.

Розвивається ж захворювання тому, що йони стронцію витісняють з кісток кальцій-якщо ж при цьому спостерігається ще й нестача кальцію, то воно швидко

прогресує. Уражається в такому випадку весь організм, але найбільше страждає кістково-суглобова система, особливо в період росту і розвитку кісток і хрящів.

Стронцієвий рахіт розвивається у дітей: в кістках різко зменшується вміст кальцію, і звичайне лікування - з препаратами вітаміну D, кальцію і фосфору, не дає результатів.

I Одне з найпоширеніших захворювань на земній кулі, епідемічний зоб, переважно трапляється серед населення гірських районів, біосфера яких бідна на йод. За даними ВООЗ, на ендемічний зоб у світі хворіють близько 200 млн людей, тобто близько 7 % населення земної кулі. Щорічно реєструється майже 1 млн щойно захворілих. Є великі ендемічні райони в гірських місцевостях усіх континентів землі. В Україні ендемічними осередками є Карпатський, Прикарпатський і Придністровсько-Придунайський регіони. Про ендемічність зоба йдеться тоді, коли захворюваність охоплює понад 10 % населення. Частіше потерпають жінки, ніж чоловіки. На півдні України це співвідношення становить 14:1.



Ендемічний зоб-це захворювання, при якому збільшується щитовидна залоза з-за нестачі йоду. Дане захворювання характерно для людей, які проживають у місцевості, де не вистачає йоду. Найчастіше ендемічний зоб виникає у дітей, особливо у підлітків. Дуже важливо вчасно виявити причину, з-за чого почала збільшуватися щитовидна залоза і почати своєчасне лікування. Тому що можуть подальше виникнути ускладнення, які призведуть до патологічного стану в органах. Симптоми ендемічного зобу
Всі ознаки залежать від того, в якому стані перебуває щитовидна залоза, які розміри має зоб і як відчуває себе людина.

Ще на початку захворювання, коли розміри щитовидної залози у нормі, і нормальний рівень тиреоїдів, перші симптоми ендемічного зобу дають про себе знати:

1. Людина дуже сильно втомлюється, виникає загальна слабкість в організмі.
2. В області серця може з'являтися біль.
3. Головний біль.

Дані ознаки говорять про те, що у людини проблеми з нервової і серцево-судинною системою. Коли збільшується зоб, починають здавлюватися найближчі органи, з-за цього у хворого з'являється відчуття здавлювання в шийі, яке може посилюватися при прийнятті людиною горизонтального положення, також утруднюється дихання, важко ковтати.

Коли здавлюється трахея, може виникати сухий кашель і напад задухи. Найчастіше зоб розміщується попереду шийі, але можуть бути локалізації не характерні:

У дітей симптоми даного захворювання краще виражені, ніж у дорослих. Запам'ятайте, ендемічний зоб у дітей може призвести до небезпечного стану ендемічному кретинізму. При цьому виникають проблеми в центральній нервовій системі, затримується фізичний і інтелектуальний розвиток. Також переставати рости кісткова тканина, при цьому дітям загрожує глухота, німота і недорікуватість.

Мо В цілому токсичність сполук молібдену відносно невисока. Надлишок молібдену в організмі може бути наслідком перевищення безпечного рівня його надходження з їжею або БАД до їжі (вище 05 мг /добу). Коли щодобове споживання молібдену знаходиться в межах від 05 до 10 мг, відзначаються лише помірно виражені біохімічні зміни, суттєво не впливають на здоров'я людини. При споживанні молібдену в межах 10-15 мг /день проявляються клінічні симптоми інтоксикації. При дозах молібдену, що перевищують 15 мг /добу, підвищується активність ксантиноксидази, накопичується сечова кислота, збільшується ризик виникнення подагри (напр., у осіб, що контактують з молібденом у виробничих умовах), так як посилена активність ксантиноксидази призводить до утворення надлишку сечової кислоти, і нирки не встигають її виводити. Результат той самий - відкладення солей у суглобах і подагра. При хронічній молібденовій інтоксикації розвиваються неспецифічні симптоми, що виявляються подразненням слизових оболонок, зменшенням маси тіла тощо. При надмірному вмісті молібдену в ґрунті спостерігається ендемічне захворювання, "молібденова" подагра, вперше було виявлено в Анкаванском районі Вірменії професором В.В. Ковальським.

Ф Флюороз - Ендемічне захворювання, обумовлене інтоксикацією фтором в результаті споживання питної води з його підвищеним змістом. Одним з найбільш ранніх ознак флюорозу є ураження зубів. Ще в 1890 р. зміни зубів при флюорозі були описані як фарбовані, або чорні, зуби. Згодом подібні зуби стали називати "поцятковані", "ряба емаль", "плямиста емаль". Тільки в 1931 р. було встановлено, що в населених пунктах, в мешканців яких спостерігається плямистість емалі, у питній воді підвищений вміст мікроелемента фтору. Пізніше виявили, що поразка зубів при флюорозі - не єдина ознака цього захворювання. При значних концентраціях фтор здатний вражати і кістковий скелет людини.

2 Класифікації біогенних елементів

I. За концентрацією елементів в організмі:

II.

1. Макроелементи $> 10^{-2}$ % (О, С, Н, N, P, S, Са, К, Na, Cl).
2. Мікроелементи $10^{-3} - 10^{-5}$ % (Cu, Zn, Mn, Fe, Со, Мо, Al, I, F та ін.).
3. Ультрамикроелементи $< 10^{-5}$ % (Hg, Au, U, Ra, та ін.).

II За функціональним значенням

1. Органогени – С, Н, О, N, P, S (на них припадає 97,4% маси живих організмів) .
2. Елементи електролітного фону (ті, що створюють електролітне середовище) – Na, К, Са, Mg, (на них припадає 99% маси усіх металів, що містяться у живих організмах).
3. Мікроелементи входять до активних центрів ферментів, гормонів - d-елементи.

III За електронною будовою атомів

1. **s-елементи;**
- 2 **p-елементи;**
3. **d-елементи.**

3 s-елементи

Електронна конфігурація зовнішнього електронного рівня, відповідно ns^1 і ns^2 . Ці електрони є валентні. Тому атоми цих елементів мають сталу валентність і сталий ступінь окислення. Елементи I групи — I і +1; ІА групи — II і +2. Вони легко віддають свої *s-електрони*, являють собою метали-відновники. Тому що потенціал іонізації (енергія іонізації) зменшується в групі зверху вниз, їх відновні (металеві) властивості зростають. Електронегативність атомів зменшується в тому ж напрямку.

Йонні радіуси збільшуються в групі зверху вниз; у тому ж напрямку зменшується теплота гідратації, радіус гідратованого іона, число гідратації (число молекул води, які надходять до складу гідратної оболонки іона).

Основними біометалами є елементи із середніми значеннями цих величин - натрій, магній, калій, кальцій, літій. Берилій, стронцій, барій - токсичні.

Біогенна роль s- елементів.

s-Елементи Натрій, Калій, Кальцій і Магній постійно містяться в організмі у макрокількостях і є життєво необхідними.

Натрій і Калій - важливі біогенні елементи, що містяться у плазмі крові, лімфі. Загальна масова частка Калію в організмі дещо більша, ніж Натрію, відповідно 0,35 і 0,15%. Найбільше Калію в печінці, нирках, серці, м'язах та мозку.

Основна біологічна функція сполук Натрію і Калію полягає в підтриманні водно-електролітного балансу. Катіони цих елементів істотно впливають на стан наводнення клітин та в'язкість цитоплазми. Входячи до складу електролітів крові, йони Натрію забезпечують сталу величину осмотичного тиску, а як компоненти буферних систем - підтримують на певному рівні рН біологічних рідин. Йони Калію беруть участь у передаванні нервових імпульсів, скороченні м'язів, регулюванні діяльності серця.

Йони K^+ і Na^+ необхідні живим організмам для генерування біопотенціалів у нервовій системі, м'язах та секреторній тканині, а також для регулювання роботи серцевого м'яза (міокарда). Важливо, що Натрій є основним позаклітинним, а Калій - внутрішньоклітинним йоном .

Так, концентрація йонів K^+ всередині клітини в 35 разів вища, ніж у позаклітинній рідині, а йонів Na^+ , навпаки, - у 15 разів більша в позаклітинному середовищі, ніж усередині клітини. Такий нерівномірний розподіл йонів Калію і Натрію по обидва боки клітинної мембрани є причиною виникнення біопотенціалів у клітинах.

Завдяки цьому механізму, а також дії калій-натрієвої помпи відбувається створення імпульсів у нервових клітинах та регулювання роботи серцевого м'яза. Наявність йонної помпи є головною причиною виникнення мембранних потенціалів у клітинах. Робота цієї помпи забезпечується енергією, що утворюються в процесі гідролізу АТФ. Важливо, що в цій реакції беруть участь йони Натрію і Калію, активуючи фермент АТФазу.

Крім того, йони Натрію сприяють скороченню м'язів, а Калію - навпаки, їх розслабленню. Заміна Калію чи Натрію йонами інших лужних металів зумовлює зміну фізіологічних функцій деяких органів. Так, введення в організм йонів Літію нормалізує діяльність головного мозку, що й використовують на практиці для лікування деяких психічних захворювань.

Натрій хлорид, що постійно надходить в організм з їжею, є джерелом хлоридної кислоти - важливого компонента шлункового соку, а натрій гідроген- карбонат NaHCO_3 разом з вуглекислим газом - буферною сумішшю, яка підтримує стаке значення рН крові.

Слід зазначити, що для нормального функціонування окремих органів, зокрема роботи міокарда, потрібна не тільки певна концентрація йонів Калію, Натрію, Кальцію і Магнію в крові, ай відповідне кількісне їх співвідношення.

Деякі речовини здатні посилювати проникність клітинних мембран для окремих йонів.

Наприклад, такі синтетичні сполуки, як краун-етери та природні антибіотики аліноміцин, еніатин), можуть переносити йони Калію, а граміцидин - йони Калію та Натрію через мембрани. Тому ці речовини називають йонофорами, або «носіями йонів». Механізм перенесення йонів s-елементів пояснюють тим, що йонофори захоплюють катіони лужних металів у порожнину своїх молекул і разом з ними проникають крізь біологічні мембрани .

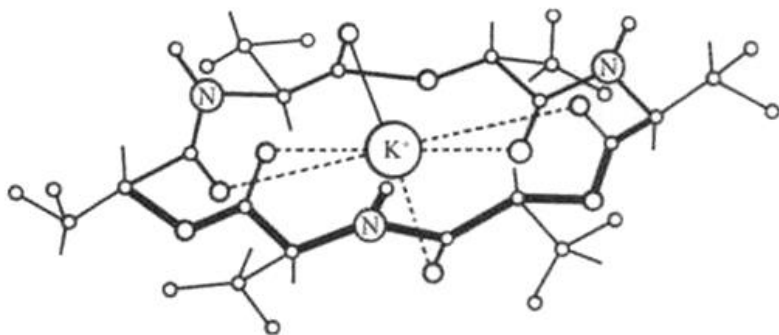


Рисунок 1 Структура комплексу йонів Калію з краун-етером

Внутрішньо- і міжклітинний простір клітини розділений мембраною, яка не дає можливості проникати гідратованим катіонам лужних і лужноземельних металів. Це є причиною підтримання постійного мембранного потенціалу. Йонофори, переносячи йони Калію крізь мембрану, зменшують мембранний потенціал і тим самим забезпечують оптимальні концентрації йонів s-елементів усередині й поза клітиною.

Добова потреба організму в сполуках Калію становить 2-3 г, Натрію - 4-5 г. При нестачі Калію (гіпокаліємії) порушуються нервово-м'язове збудження і робота серця, гальмується синтез білка, унаслідок чого спостерігаються слабкість, втомлюваність, задишка. Нестача Натрію (гіпонатріємія) призводить до зниження осмотичного тиску крові, гемолізу еритроцитів, згущення крові, наслідком чого є тахікардія, спазм гладкої мускулатури, набряки головного мозку.

Вміст Натрію поповнюється вживанням кухонної солі NaCl , а Калію - рослинної їжі, особливо сої, квасолі, картоплі, а також молока і сухофруктів.

Кальцій і Магній. Масова частка Кальцію в організмі становить 1,5 %. Основна його маса знаходиться у кістках і зубах, менша кількість - у сироватці крові (2,3 ммоль/дм³). Доведено, що в плазмі крові близько 46 % Кальцію перебуває в йонізованому стані, а решта зв'язана з білками (альбумінами) та іншими аніонами (фосфат-, гідрогенкарбонат-, сульфат- тощо). Фізіологічно важливою для нормальної діяльності біосистем є наявність

йонізованого (вільного) Кальцію. У нормі його концентрація у плазмі крові має становити $1,25 \text{ ммоль/дм}^3$. Існує стан рівноваги між концентраціями йонів Ca^{2+} , що містяться в позаклітинній рідині й цитоплазмі. Градієнт концентрацій йонів Кальцію між поза- і внутрішньоклітинною рідинами є значним.

Незмінність концентрації лужних і лужноземельних металів усередині клітини і в позаклітинному просторі пов'язана зі своєрідним механізмом транспортування йонів крізь мембрани. Він здійснюється шляхом активного транспорту проти градієнта концентрацій за рахунок енергії гідролізу АТФ та внаслідок дифузії йонів, яка залежить від активності йонофорів.

Йони Кальцію, що містяться у крові, посилюють її згортання. Проте значне збільшення концентрації йонів Ca^{2+} , особливо в серцевому м'язі, негативно впливає на метаболічні процеси і може спричинити руйнування клітинних структур. У зв'язку з цим у медичну практику впроваджено групу лікарських засобів, так званих антагоністів Кальцію, які блокують проникнення йонів Кальцію в міокард, поліпшуючи його роботу.

Відомо, що йони Кальцію гальмують збудження ЦНС, отже, істотне зменшення його концентрації в тканинах організму призводить до посилення збудження, аж до нападів тетанії.

Основна маса цього макроелементу зосереджена в кістках. Мінеральні солі Кальцію у вигляді гідроксоапатиту $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ є основою кісткової та зубної тканин, а фторапатиту $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ - емалі зубів. Тому йони Кальцію впливають на ріст скелета, формування кісток та емалі зубів. Дефіцит Кальцію в організмі, особливо в дитячому віці, є причиною рахіту (викривлення кісток) і остеомалачії (розм'якшення кісток).

Надмірне накопичення Кальцію в деяких органах спричинює утворення каменів, що зумовлює такі захворювання, як нефролітіаз або панкреолітіаз, остеохондроз, катаракта.

Концентрація йонів Кальцію в організмі контролюється двома гормонами: кальцитоніном (інгібує вивільнення Кальцію з кісткової тканини) і паратироїдним гормоном, що активує цей процес. Тільки спільна дія цих гормонів дає можливість підтримувати на належному рівні структуру кісткових тканин, оскільки при нестачі Кальцію в крові він надходить з кісткових тканин, спричинюючи їх розм'якшення.

За своєю біологічною дією Кальцій є фізіологічним антагоністом Магнію і Калію. Суть цього явища полягає в тому, що подібні за розмірами та властивостями елементи можуть замінювати один одного в структурі біокомплексів. Наслідки антагонізму бувають різними. В одному випадку заміна йонів, наприклад, Mg^{2+} на Mn^{2+} , або навпаки, не призводить до відчутного зміщення рівноваги фізіологічних процесів. Проте здебільшого така заміна спричинює втрату активності ферментів, руйнування важливих біоструктур. Так, у разі заміни йонів Ca^{2+} йонами Sr^{2+} змінюються склад і структура кісткової тканини, унаслідок чого кістки стають крихкими. Негативні наслідки для здоров'я спостерігаються і при надходженні в організм радіоактивного нукліду ^{90}Sr , оскільки він згубно діє на клітини організму.

Крім того, йони Кальцію впливають на кислотно-основну рівновагу біологічних рідин, виявляють протизапальну та десенсибілізуючу дію. Тому його сполуки використовують як лікарські засоби.

Добова потреба дорослої людини в сполуках Кальцію становить близько 1 г. Вона забезпечується вживанням рослинної їжі, молока, питної води. Однак засвоєння Кальцію залежить від наявності в організмі вітаміну Д, концентрація якого регулюється гормонами щитоподібної залози.

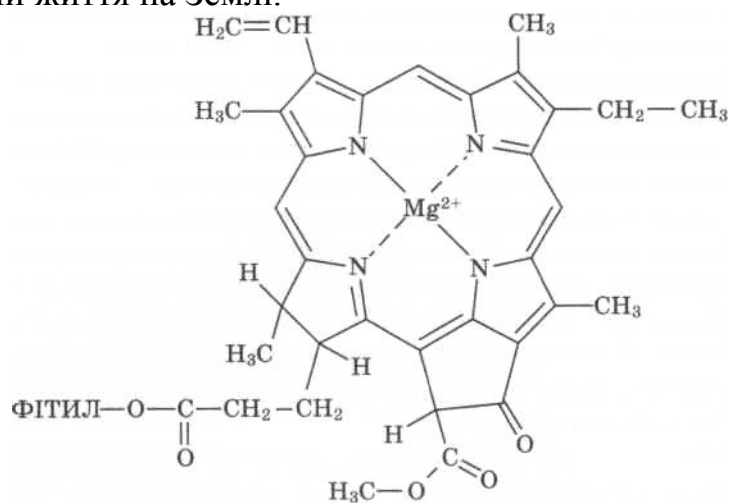
Сполуки Магнію містяться у воді, рослинних і тваринних організмах. Загальний вміст цього макроелемента в організмі людини становить 35 г у розрахунку на масу тіла 70 кг, або 0,05 %. Це другий після Калію внутрішньоклітинний йон, причому у внутрішньоклітинних рідинах йони

Mg^{2+} перебувають у гідратованому стані, а в кістках скелета й емалі зубів - у вигляді нерозчинних фосфатів $Mg_3(PO_4)_2$. Основна біологічна функція Магнію - стимулювання активності ферментів, участь у вуглеводному обміні, зниження збудження ЦНС. Магній, утворюючи комплексну сполуку з АТФ, активує процеси синтезу й гідролізу цієї біологічно важливої речовини, а також входить до складу деяких біокомплексів з нуклеїновими кислотами.

Це необхідний біоелемент для функціонування серця, нервових і м'язових тканин. Залежно від концентрації Магній може як прискорювати, так і гальмувати процеси передавання імпульсів по нервових волокнах. Він впливає на дихальні, судинорухові та інші центри мозку і загалом діє на нервову систему заспокійливо. Крім того, Магній впливає на вуглеводний і фосфорний обмін, сприяє зниженню артеріального тиску, виділенню жовчі, стимулює перистальтику кишківника.

Багато Магнію міститься в листі рослин у складі хелатного комплексу - хлорофілу, що за структурою нагадує гем гемоглобіну крові. Проте в молекулі гемоглобіну центральним атомом є йон Феруму(II), а хлорофілу - йон Магнію.

Хлорофіл бере участь у синтезі вуглеводів і кисню, зв'язуючи вуглекислий газ повітря. Цей процес дає змогу підтримувати рівновагу між змістом кисню і вуглекислого газу в довкіллі, забезпечуючи життя на Землі.



Отже, йони s-елементів виконують важливі біохімічні функції у процесах життєдіяльності організму.

Застосування деяких сполук s-елементів у медицині

У медицині здавна використовують хімічні сполуки s^1 - та s^2 -елементів як лікарські засоби. Розглянемо найважливіші медичні препарати цієї групи.

Препарати Натрію: натрій хлорид $NaCl$ застосовують для приготування ізотонічного (0,9 %) та гіпертонічного (10 %) розчинів; натрій гідрокарбонат $NaHCO_3$ - це антацидний засіб для нейтралізації високої кислотності шлункового соку; натрій тіосульфат $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ застосовують при отруєннях солями важких металів; натрій нітрит $NaNO_2$ - судинорозширювальний засіб при стенокардії та спазмах судин головного мозку.

Препарати Калію: калій бромід KBr (або натрій бромід $NaBr$) використовують як заспокійливий засіб; калій ацетат CH_3COOK — як сечогінний препарат при набряках,

зумовлених порушенням кровообігу; калій хлорид KCl у розчині використовують при деяких серцевих захворюваннях; калій йодид KI - для лікування зобу і катаракти.

Препарати Кальцію: кальцій хлорид $CaCl_2$ в розчинах використовують як протизапальний, протиалергійний та кровоспинний засіб; кальцій глюконат або лактат застосовують з тією самою метою, що й кальцій хлорид, проте ці медичні препарати виявляють лабільнішу дію на організм.

Препарати Магнію: магній сульфат $MgSO_4$ застосовують як заспокійливий і протисудомний засіб для внутрішньовенного введення, а при внутрішньому вживанні - як послаблювальний і жовчогінний препарат; магній оксид MgO - антацидний та жовчогінний засіб; калій-магній аспарагінат (панангін або аспаркам) застосовують при серцевих захворюваннях, а тальк

$3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ - для виготовлення різних присипок та мазей.

Біогенні р-Елементи [(C, H, O, N, P, S) Cl, I, Br, F, Se, Al, B, Si, Sn, Pb, As]

Органогенні елементи. Хімічні властивості та біологічна роль

Шість хімічних елементів, які становлять 97,3 % загальної маси організму, належать до органогенних елементів. Вони входять до складу білків, ферментів, гормонів, вітамінів, нуклеїнових кислот, а також води.

У біосередовищі масова частка органогенних елементів змінюється від 62,4 до 0,16 %, тому їх відносять до макроелементів. Вміст у біосередовищі елементів-органогенів, ковалентно зв'язаних з органічним фрагментом біомолекул, зменшується зі збільшенням радіуса атомів у цій групі ПСЕ. Наприклад, халькогени за вмістом в організмі можна розмістити в такий ряд: $O > S > Se > Te$.

Для галогенів спостерігається інша залежність: зі зростанням радіуса атомів вміст елемента в організмі спочатку збільшується (до Хлору), а потім зменшується.

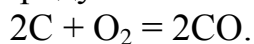
Розглянемо детальніше біологічну роль, фізіологічну дію р-елементів та деякі хімічні властивості, пов'язані з виконанням певних функцій в організмі.

Карбон (С). Цьому хімічному елементу належить головна роль в утворенні біосистем. Атоми Карбону завдяки особливій будові зовнішнього енергетичного рівня утворюють міцні й енергоємні зв'язки - прості, подвійні й потрійні. Вони сполучаються між собою у лінійні, розгалужені та циклічні структури, причому можуть замикатися в цикли як між собою, так і за участю гетероатомів (С, N, O, S, P), утворюючи карбоциклічні та гетероциклічні сполуки. Серед сполук Карбону є велика кількість біологічно активних речовин: біополімерів (білки, нуклеїнові кислоти, вуглеводи), біорегуляторів (ферменти, гормони, вітаміни) та синтетичних фізіологічно активних речовин.

У хімічних сполуках Карбон виявляє різні ступені окиснення - від -4 до +4: -4 (CH_4 , SiC), -1 (CaC_2 , Ag_2C_2), 0 ($C_{гp}$, $C_{алмаз}$), +2 (CO , HCN), +4 (CO_2 , H_2CO_3 та ін.). У складі однієї молекули можуть міститися атоми Карбону з різними значеннями ступенів окиснення, що також є причиною різноманітності сполук цього елемента. У зв'язку з тим, що від'ємні значення с. о. характерні переважно для органічних сполук, розглянемо сполуки Карбону з більш електронегативними елементами, тобто його неорганічні форми.

Неорганічними сполуками Карбону є його бінарні сполуки з металами (карбіди - CaC_2 , Al_4C_3 та ін.) та неметалами (CS_2 , CF_4 , CH_4 , SiC), оксиди (CO і CO_2), карбонатна кислота H_2CO_3 та її солі (карбонати і гідрогенкарбонати), ціанідна HCN і тіоціанатна $HCNS$ кислоти і солі цих кислот - ціаніди, тіоціанати (роданіди) та ін.

Карбон(II) оксид, або чадний газ, CO - це безбарвний, дуже отруйний газ, який є продуктом неповного згоряння різних видів палива за рівнянням



У хімічному відношенні - це несолетворний оксид. Крім того, карбон(II) оксид є лігандом у реакціях комплексоутворення з перехідними металами, утворюючи з ними стійкі комплекси - карбоніли, наприклад, Fe(CO)₅, Ni(CO)₄. Ці сполуки використовують як каталізатори багатьох хімічних процесів - гідрування, полімеризації, ізомеризації тощо.

З гемовмісними білками, зокрема гемоглобіном крові, карбон(II) оксид утворює карбоксигемоглобін - комплексну сполуку, у 200 разів стійкішу, ніж гемоглобін. На відміну від гемоглобіну, карбоксигемоглобін не здатний зв'язувати і переносити кисень від легень до тканин. Тому навіть за незначного вмісту CO в повітрі (0,07 % за об'ємом) настає отруєння людини.

Для захисту організму від чадного газу використовують спеціальні протигази, обладнані гопкалітовим патроном. Цей патрон заповнюють сумішшю оксидів MnO₂ і SiO₂, які реагують з карбон(II) оксидом. Антидотом у разі отруєння чадним газом є кисень, надлишкову концентрацію якого створюють у спеціальній барокамері (метод оксигенобаротерапії).

Гідроген ціанід HCN (ціанистий водень) за звичайних умов існує у вигляді рідини, яка добре змішується з водою, утворюючи ціанідну, або синильну кислоту. Ця кислота та її солі (ціаніди) - дуже отруйні сполуки. Навіть у мізерних дозах (ГДК = 0,01 мг/м³) вони спричиняють летальні наслідки, що пояснюється їх високою здатністю до комплексоутворення, особливо з (d-елементами. Ціанід-іони CN⁻ легко зв'язуються з катіонами Феруму, що входять до складу цитохромів - групи важливих ферментів у ланцюзі дихання. Оскільки вміст цитохромів в організмі менший, ніж гемоглобіну, то й зрозумілою є причина значно більшої токсичності синильної кислоти, порівняно з чадним газом (смертельна доза - 0,05 г).

Проте ціанід-іони утворюються в організмі у мікрокількостях і використовуються ним для побудови деяких біокомплексів, зокрема ціанокобаламіну (вітаміну B₁₂). Ціанідна кислота та її солі як продукти обміну виділяються з організму з повітрям і сечею у вигляді неотруйних роданід-іонів. При отруєнні ціанідами застосовують кисень, натрій нітрит або натрій тіосульфат, який реагує з калій ціанідом.

Важливою сполукою Карбону(IV) є діоксид карбону CO₂, або вуглекислий газ, що є кінцевим продуктом біологічного окиснення в клітинах різних біосубстратів - глюкози, ліпідів та, меншою мірою, білків. У хімічному відношенні CO₂ - кислотний оксид, ангідрид карбонатної кислоти H₂CO₃. Ця кислота при взаємодії з лугами може утворювати середні та кислі солі - карбонати MeCO₃ та гідрогенкарбонати MeHCO₃. Питну соду NaHCO₃ використовують для корекції кислотного стану організму. Оксид карбону(IV) має молекули лінійної форми, які завдяки симетричному розміщенню зв'язків є неполярними. Тому вуглекислий газ погано розчиняється у воді. Процес його розчинення відбувається у два етапи: утворення моногідрату H₂O CO₂ і перетворення його на кислоту H₂CO₃.

Карбонатна кислота - це слабка двохосновна кислота, яка у водному розчині дисоціює ступінчасто: H₂CO₃ = H⁺ + HCO₃⁻ H⁺ + CO₃²⁻.

Отже, частина вуглекислого газу зв'язується з водою (гідратується), інша - виділяється з організму шляхом дифузії. З клітин CO₂ спочатку дифундує в міжклітинну рідину, а

потім у плазму, де частково розчиняється у воді. Решта його проникає в еритроцити, в яких зв'язується з білковою частиною молекули гемоглобіну - глобіном.

Зв'язаний вуглекислий газ виноситься еритроцитами до альвеол легень, де виділяється з повітрям, яке людина видихає.

Гідроген (H) та Оксиген (O). В організмі людини масова частка Гідрогену становить близько 10 %, Оксигену - 62,4 %. Основна маса цих елементів перебуває в ковалентно зв'язаному стані з іншими неметалами - Карбоном, Нітрогеном, Фосфором, Сульфуром - у складі біологічно активних речовин. Клітини використовують сильно відновлені речовини (вуглеводи, ліпіди і частково білки), що містять у молекулах атоми Гідрогену, як енергетичний матеріал. Оскільки в окисно-відновних процесах, що відбуваються у біосистемах, атоми Гідрогену є донорами електронів, то вони переміщуються від однієї молекули до іншої і віддають електрони в ланцюг білкових молекул-носіїв, зокрема цитохромів. Енергія цих електронів витрачається на утворення високоенергетичних сполук, наприклад, молекул АТФ, АДФ та ін.

Речовини, що містять у своєму складі атоми Гідрогену з елементами неметалічного характеру (гідриди), належать до ковалентних сполук. Зв'язки E—H, у таких гідридах характеризуються різною полярністю, що й визначає їхні фізико-хімічні властивості. Так, неполярний зв'язок C—H надає певним ділянкам органічних молекул гідрофобного характеру. На відміну від нього, полярні функціональні групи (O—H, N—H, в—H) здатні відщеплювати протон і тому характеризуються незначною кислотністю. Молекули, що містять полярні функціональні групи, мають гідрофільні властивості.

Атоми Гідрогену можуть втрачати електрон, утворюючи протон H⁺.

Протони у водних розчинах біологічних систем відіграють важливу роль. Вони беруть участь в окисно-відновних процесах, визначають кислотні властивості речовин, підтримують кислотно-основну рівновагу організму, каталізують реакції гідролізу молекул харчових продуктів. Важливою є їхня роль і в процесах метаболізму, зокрема, участь у перетравлюванні їжі у вигляді хлорид-ної кислоти HCl, яка входить до складу шлункового соку.

Особливо велике значення для функціонування біосистем має Оксиген. Як елемент-органоген він входить до складу переважної більшості оксигеновмісних органічних біомолекул - білків, жирів, вуглеводів, фосфоліпідів, нуклеїнових кислот, ферментів, вітамінів та ін.

Без молекулярного кисню не може функціонувати жодна клітина живого організму людини і тварин, оскільки він бере участь в усіх видах обміну речовин. Кисень O₂ є окисником в окисно-відновних процесах, що відбуваються в організмі, тобто виступає акцептором електронів. Реакція його взаємодії з ліпідами, білками і передусім з глюкозою є джерелом енергії, необхідної для виконання організмом різних видів роботи. Спочатку кисень, який людина вдихає з повітрям, потрапляє у легені, звідки швидко дифундує в кров, зв'язується з гемоглобіном і розноситься кров'ю до всіх органів і тканин. Основна маса кисню, що потрапила в клітину, сполучається з органічними субстратами окиснення (вуглеводами, ліпідами, білками) і під дією ферменту оксидази перетворюється на воду і частково на гідроген пероксид.

Таким чином, дихання - це ланцюг послідовних ферментативних перетворень, що відбуваються з перенесенням електронів і протонів від субстрату до кисню.

Отже, Гідроген і Оксиген — носії окисно-відновних властивостей у живих системах. Вони відіграють важливу роль в обміні речовин та енергії, оскільки найбільше енергії в організмі виробляється в результаті ОВР, які називають біологічним окисненням.

Серед важливих сполук Гідрогену розглянемо гідроген пероксид (перекис водню) H_2O_2 . Він утворюється при окисненні біосубстратів і тому належить до ендогенних метаболітів. В організмі H_2O_2 бере участь у процесах захисної бактерицидної дії лейкоцитів.

За недостатньої активності ферменту каталази пероксид накопичується і спричинює отруєння організму, суть якого полягає у взаємодії H_2O_2 з йонами $Fe(II)$, що входять до складу молекул гемоглобіну.

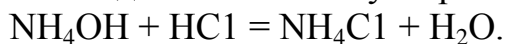
Нітроген входить до складу молекул багатьох біологічно активних речовин - білків, вітамінів, гормонів, нуклеїнових кислот та ін. Загальна масова частка Нітрогену в організмі людини становить 3,1 %. Він є обов'язковою складовою всіх білків (від 15,0 до 17,6 %), відіграє важливу роль в обміні речовин, входить до складу гетероциклічних сполук, які є компонентами амінокислот - триптофану, проліну, гістидину - та нуклеїнових кислот - ДНК, РНК.

Нітроген утворює ковалентні зв'язки з іншими елементами-органогенами, які легко розщеплюються під дією ферментів. У сполуках виявляє ступені окиснення від -3 (амоніак, солі амонію, аміни) до +5 (нітроген(V) оксид, нітратна кислота, нітрати).

Нітроген утворює з Гідрогеном низку сполук: амоніак NH_3 , гідразин N_2H_4 , азидну кислоту HN_3 , проте найважливішою з них є амоніак.

Амоніак - безбарвний газ із специфічним запахом. Він добре розчиняється у воді (в 1 об'ємі води розчиняється близько 700 об'ємів NH_3), утворюючи слабку основу: $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4OH$

Утворений катіон амонію за властивостями нагадує йони лужних металів, оскільки при взаємодії з кислотами утворює солі, наприклад:



Оскільки амоній хлорид NH_4Cl застосовують як сечогінний засіб, то на практиці слід враховувати деяке збільшення кислотності плазми крові внаслідок гідролізу цієї солі.

Крім того, амоніак легко вступає в реакції комплексоутворення з катіонами d-елементів, утворюючи аміакати. У результаті зв'язування катіонів біометалів у комплексну сполуку порушується їх баланс у нервових тканинах, що спричинює отруєння організму амоніаком.

Концентрований розчин амоніаку у медичній практиці застосовують водний розчин з масовою часткою амоніаку 10 %, який називають нашатирним спиртом.

Важливими сполуками Нітрогену, що викликають інтерес з погляду їх участі в біохімічних процесах, є аніони нітритної HNO_2 та нітратної HNO_3 кислот. Солі цих кислот потрапляють в організм із продуктами харчування і в надмірних кількостях токсичні. Це пояснюють їх взаємодією з йонами $Fe(II)$, що входять до складу гемоглобіну та метгемоглобіну.

Фосфор (P) В сполуках Фосфор буває три- і п'ятивалентним. Сполуку Фосфору(III) з Гідрогеном називають фосфіном, молекулярна формула PH_3 . Фосфін - безбарвний газ із запахом гнилої риби, важко розчиняється у воді, дуже токсичний. За хімічними властивостями нагадує амоніак, проте основні властивості у нього виражені значно менше. З водою PH_3 не реагує, легко окиснюється, тому біологічного значення не має.

Інші сполуки тривалентного фосфору - фосфор(III) оксид P_2O_3 , фосфітна кислота H_3PO_3 та її солі — у біосистемах не виявлені, оскільки є нестійкими. Вони важко розчиняються у воді, токсичні.

Найстійкішими є сполуки Фосфору(V), серед яких біологічне значення мають солі ортофосфатної кислоти H_3PO_4 . У водному розчині фосфатна кислота дисоціює ступінчасто, а з лугами утворює дві кислоти MeH_2PO_4 , Me_2HPO_4 і середню Me_3PO_4 солі, де Me - одновалентний метал. Фосфор називають елементом життя і мислення, оскільки він відіграє істотну роль в обміні речовин та енергії. У вигляді фосфат-іонів входить до складу нуклеотидів, які є мономерними одиницями нуклеїнових кислот (РНК і ДНК). Нуклеїнові кислоти - це біологічні полімери, які забезпечують зберігання і передавання інформації. Деякі нуклеотиди беруть участь в обміні речовин, виконуючи функцію коферментів .

Біоорганічні молекули, що складаються з азотистих основ і вуглеводу (пентози), називають нуклеозидами. Нуклеозиди, взаємодіючи з фосфатною кислотою, утворюють моно-, ді- і триаденозинфосфати (АМФ, АДФ, АТФ). Зв'язування фосфатної кислоти біоорганічними молекулами з утворенням їх естерів або амідів називають біологічним фосфорилуванням, а процес утворення АТФ з АДФ та неорганічного фосфату дістав назву окисного фосфорилування.

Аденозинфосфати містяться у мітохондріях клітин і беруть участь в енергетичному обміні. Особлива роль належить молекулі АТФ, яка є джерелом і акумулятором енергії в організмі .

Унаслідок гідролізу молекули АТФ під дією ферменту АТФази виділяється 30,5 кДж вільної енергії Гіббса на 1 моль кислоти, яка використовується для скорочення м'язів, біосинтезу білків і нуклеїнових кислот та мембранного транспорту.

Фосфор є основним компонентом мінеральної основи тканин кісток і зубів, до яких він входить у вигляді важкорозчинних солей. Емаль зубів містить також фторапатит $Ca_5(PO_4)_3F$ не розчинний у кислотах і механічно стійкіший за гідроксоapatит.

В організмі міститься в середньому 650 г фосфатів, з них понад 80 % знаходяться у скелеті, решта - у внутрішньоклітинній та позаклітинній рідинах. Добова потреба організму у Фосфорі становить 1,3 г. У разі його нестачі, особливо в комплексі з Кальцієм та вітаміном D, розвивається рахіт.

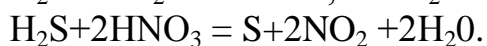
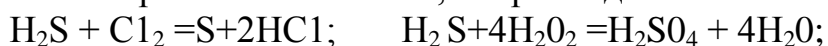
Сульфур (S) - Сульфур у сполуках має валентності IV і VI , має від'ємні і додатні значення ступенів окиснення: -2, 0, +2, +4, +6.

Неорганічною сполукою Сульфур у із с. о. -2 є гідроген сульфід H_2S (сірководень). Це отруйний газ із неприємним запахом тухлих яєць, розчинний у воді . Його водний розчин називають сульфідною кислотою, яка належить до слабких двохосновних кислот:

Сульфідна кислота утворює два типи солей - сульфіди MeS і гідрогенсульфіди $MeHS$.

Сульфіди деяких біометалів - Цинку, Феруму(II), Мангану(II) - малорозчинні у воді, а Купруму та важких металів (Плюмбуму, Меркурію) - малорозчинні у воді і в хлоридній кислоті, що використовують в якісному аналізі для розділення катіонів цих елементів.

Сульфід-іони належать до сильних відновників. Тому сірководень реагує з багатьма окисниками, зокрема, з киснем, галогенами, нітратною кислотою, гідроген пероксидом, калій перманганатом та ін., наприклад:



У живих організмах Сульфур входить до складу амінокислот (цистеїн, цистин, метіонін), ліпідів, а також деяких вітамінів (Вх, Н) та біорегуляторів (інсулін) у ступені окиснення - 2. Масова частка Сульфору в організмі людини становить 0,16 %, найбільше його в кератині, волоссі, кістках та нервовій тканині.

З біохімічного погляду, функція цього макроелемента полягає в здатності його атомів утворювати зв'язки —S—S— між поліпептидними ланцюгами протеїнів, так звані дисульфідні містки. Наприклад, у молекулі інсуліну є два дисульфідні зв'язки між поліпептидними ланцюгами - А і В, що є причиною формування просторової конфігурації білків і важливим чинником їх нормального функціонування.

У невеликих кількостях до складу внутрішньоклітинної рідини і плазми входять і сульфат-іони які є кінцевим продуктом окиснення сульфуро-вмісних біомолекул. Аніони SO_4^{2-} виконують функцію захисту організму від ксенобіотиків. Наприклад, якщо ним є неполярна органічна сполука, зокрема бензен, то при взаємодії з сульфат-іонами за участю ферментів він перетворюється на більш полярну речовину - калієву сіль сульфоестеру бензену, яка є легкорозчинною, що сприяє виведенню бензену з організму.

Лікарські засоби, що містять елементи-органогени

Вивченням властивостей сполук Карбону та інших елементів-органогенів, що входять до складу молекул біоорганічних сполук, займається біоорганічна хімія. Наведемо приклади деяких лікарських засобів, що містять ці елементи, і коротко розглянемо застосування їх у медичній практиці.

Сполуки Гідрогену та Оксигену. Найважливішою й дуже поширеною в природі сполукою Гідрогену є вода H_2O . Вона має полярну будову і тому є добрим розчинником полярних неорганічних та органічних речовин. У медичній практиці використовують очищену (дистильовану) воду для приготування лікарських форм у розчинах та воду для ін'єкцій, або апірогенну воду для приготування розчинів, які вводять парентерально.

Другою важливою сполукою Гідрогену є гідроген пероксид (перекис водню¹). Цю речовину у вигляді концентрованого розчину з масовою часткою H_2O_2 30 % (пергідроль) застосовують для лікування гнійних ран, а розчин пероксиду з масовою часткою H_2O_2 3 % використовують як дезінфекційний засіб для промивання ран та полоскань при ангіні, стоматитах тощо.

Збагачені киснем газові суміші застосовують при кисневій недостатності, отруєнні хлором, синильною кислотою, фосгеном та ін. В анестезіології кисень використовують у суміші із засобами для наркозу, а також у післяопераційний період. Кисневу суміш для інгаляції, що містить 5 % за об'ємом вуглекислого газу для подразнення центру дихання, називають карбогеном.

Сполуки Сульфору і сірка. Очищена сірка має протимікробну і протигельмінтну дію, пригнічує життєдіяльність глистів і сприяє виведенню їх з організму. Знаходить застосування в дерматології для лікування деяких шкірних захворювань.

Заслуговує на увагу такий лікарський препарат - диметилсульфоксид $CH_3—SO—CH_3$ (димексид). Оскільки його молекула містить як неполярну, так і полярну групи, то в ньому розчиняються як малополярні органічні, так і неорганічні йонні сполуки.

Сполуки Нітрогену використовують у вигляді естерів нітратної кислоти, наприклад, нітрогліцерин, нітросорбід. Це коронаролітики, які розширюють спазмовані судини серця, і тому їх використовують для лікування серцевих захворювань. Комплексну

сполуку сечовини та гідроген пероксиду $\text{CO}(\text{NH}_2) \text{H}_2\text{O}_2$ - гідроперит застосовують як антисептичний засіб.

Із неорганічних сполук Нітрогену в медичній практиці використовують нітроген(I) оксид N_2O , або «веселильний газ». У малих дозах він викликає стан сонливості й сп'яніння, а в більших — наркоз. Водний розчин амоніаку NH_4OH , або нашатирний спирт використовують як засіб для виведення людини з непритомного стану.

Сполуки Фосфору, зокрема, аденозинтрифосфат (АТФ) та креатинфосфат (неотон), широко використовують як енергетичні препарати при дистрофії м'язів, атонії внутрішніх органів. Кальцій гліцерофосфат - загальнозміцнювальний і тонізуючий засіб - застосовують при переломах, виснаженні нервової системи, рахіті.

Добре стимулює кровотворення, посилює ріст і розвиток кісткової тканини, поліпшує функцію нервової системи складний органічний препарат Фосфору, який називають фітином.

Для лікування злоякісних пухлин є препарати з групи фосфорорганічних похідних етиленіміну, зокрема, циклофосфан, тіотеф, бензотеф, дипін, тіоди-пін, а при глаукомі можуть використовуватися фосфорорганічні препарати - армін, фосфакол та ін.

Інші життєво необхідні р-елементи (Cl, I, Br, F, Se, B, Al, Si, Sn, Pb, As)

Хлор (Cl) належить до макроелементів, оскільки його масова частка в організмі людини становить 0,25 %. Добове надходження Хлору має становити 4-6 г, в основному за рахунок споживання натрій хлориду NaCl - кухонної, або кам'яної солі.

У хімічних сполуках Хлор характеризується змінними ступенями окиснення (-1, +1, 0, +3, +5, +7), проте в організмі він існує тільки у формі галогенід-іонів Cl^- . Ці йони знаходяться переважно у позаклітинних рідинах - плазмі крові (концентрація 103 ммоль/дм³), лімфі тощо. Хлорид-іони беруть участь у гальмуванні біопотенціалів дії, регулюванні осмотичного тиску та водно-сольовому обміні. Вони сприяють відкладанню глікогену в печінці, стимулюють дію ферменту амілази, входять до складу шлункового соку, масова частка HCl в якому становить 0,5-0,9 %.

У медичній практиці застосовують розбавлений розчин хлоридної кислоти в разі зниженої кислотності шлункового соку.

Хлор входить до складу деяких органічних препаратів, зокрема, наркотичних і анестезивних лікарських засобів, наприклад, хлороформу CHCl_3 , хлоретилену $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$, трилену $\text{HC}=\text{CCl}_2$.

Серед органічних сполук, що містять Хлор, важливими є хлоровмісні пестициди, які використовують у сільському господарстві для захисту рослин від хвороб і знищення шкідників, зокрема інсектициди - засоби для знищення шкідливих комах. До них належать хлорофос, гексахлорофен, гексахлоран та ін.

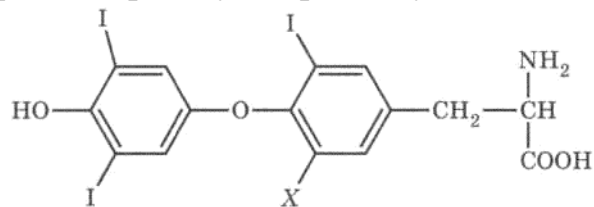
Промислове виробництво цих сполук пов'язане з утворенням дуже токсичних побічних продуктів, які називають діоксинами. Вони мають кумулятивний токсичний ефект, оскільки накопичуються в жирових тканинах тварин і потрапляють в організм людини з продуктами харчування. Діоксини згубно діють на молекули ДНК і РНК, що є носіями генетичної інформації людини і тварин.

У формі простої речовини хлор Cl_2 - це жовто-зелений газ із різким запахом, дуже отруйний, що діє на слизову оболонку дихальних шляхів. Як сильний окисник використовують хлор і для знезараження питної води, дезінфекції приміщень, відбілювання тканин. Якщо у питній воді містяться домішки ароматичних сполук, то в процесі її хлорування можливе утворення токсичних діоксинів. Вони, як зазначалося

вище, є дуже небезпечними для здоров'я людини. Тому тепер у багатьох країнах воду не хлорують, а озонують.

Йод (I) належить до біогенних елементів, оскільки він постійно міститься в організмі в кількості 25-30 мг. Основна маса Йоду знаходиться в щитоподібній залозі, м'язах, шкірі, кістках. Добова потреба організму в сполуках Йоду становить 0,2 мг.

Біологічна роль цього елемента полягає в тому, що він бере участь у синтезі гормонів щитоподібної залози - трийодтироніну і тироксину:



X = H у трийодтироніні, X = I у тироксині (тетрайодтироніні)

Ці гормони посилюють енергообмін клітин, впливають на ріст і диференціацію тканин, обмін вуглеводів, підвищують збудливість нервової системи. Надлишок їх в організмі спричинює базедову хворобу, або тиреотоксикоз.

Йодид-іони беруть участь у водно-електролітному обміні, впливаючи на концентрацію йонів Натрію і Калію. Доведено, що Йод позитивно діє на фагоцитарну активність лейкоцитів крові, підвищує активність деяких статевих гормонів. У разі хронічної нестачі його в продуктах харчування та питній воді виникає ендемічний зоб.

Йод та його сполуки застосовують у медичній практиці, причому розрізняють три основні групи препаратів цього елемента:

а) препарати, що містять Йод у вигляді простої речовини I_2 , зокрема, спиртовий розчин йоду з масовою часткою 5 і 10 % використовують як антисептичний засіб для обробки ран, підготовки операційного поля тощо, розчин Люголя при ангінах;

б) препарати, що містять йодид-іони I^- , наприклад, солі KI, NaI, а також KIO_3 використовують для профілактики ендемічного зобу;

в) органічні сполуки, здатні відщеплювати йод (йодоформ, йодинол), зокрема, препарат «Мікрройод» використовують для лікування гіпертиреозів.

Синтетичні препарати, що містять Йод (трийодтироніну гідрохлорид, дийод-тирозин), знаходять застосування при гіпотиреозі.

Бром (Br). Загальний вміст Бром у організмі такий самий, як Йоду. Найбільше його сконцентровано в гіпофізі, нирках, щитоподібній залозі. Добова потреба організму становить 0,8 мг. Міститься в морських продуктах, особливо в морській капусті.

Роль Бром у біологічних процесах остаточно не встановлено. Відомо, що він посилює процеси гальмування в корі головного мозку, тому препарати Бром у вигляді солей бромідної кислоти ($NaBr$ або KBr) застосовують при безсонні, для лікування неврозів, неврастенії.

При підвищеній збудливості та неврозах серця використовують бромкамфору, яка діє заспокійливо на ЦНС і поліпшує роботу серця.

Флуор. З мікроелементів, що входять до складу організму в малих кількостях, Флуор має найвужчу межу між необхідною і шкідливою для організму дозами. Основна біологічна функція цього елемента - участь у процесах утворення кісток, формування емалі зубів і дентину. Він входить до складу цих тканин у вигляді фторапатиту. Тому Флуор

використовують у мікрокількостях для запобігання карієсу зубів, збагачуючи питну воду розчинними сполуками Флуору (до 1,5 мг/л) або додаванням їх до зубних паст. Для поліпшення процесу формування зубної тканини у дітей та для лікування карієсу використовують медичний препарат під назвою «Вітафтор». Його призначають дітям, що мешкають у геохімічних провінціях зі зниженим вмістом Флуору в питній воді (< 1 мг/л). Проте фторид-іони здатні інгібувати ферменти, що беруть участь в окисно-відновних процесах утворення енергії, тим самим гальмуючи процеси клітинного дихання. Надлишок йонів Флуору в організмі спричинює флюороз - хронічну хворобу, яка призводить до гіпоплазії емалі зубів.

Селен - життєво необхідний елемент. Входить до складу ферменту глутатіонпероксидази, яка дезактивує гідропероксиди ліпідів, захищаючи клітинні мембрани від дії вільних радикалів та йонів важких металів. Тому Селен належить до групи речовин, які називають антиоксидантами.

Зазначимо, що вільнорадикальне окиснення є однією з форм дихання клітин. За несприятливих умов (дія тютюну, алкоголю, радіації, УФ-випромінювання, вірусних інфекцій) процес вільнорадикального окиснення значно активується і в організмі утворюється надмірна кількість вільних радикалів - активних частинок, які згубно впливають на фосфоліпиди клітинних мембран. Якщо в ослабленому організмі ферментні системи не справляються зі своїми функціями, то застосовують медичні препарати антиоксидантної групи - аскорбінову, лимонну або нікотинову кислоти, вітаміни групи Е, бета-каротин та деякі мікроелементи: Селен, Купрум, Цинк.

Селен як р-елемент VI групи періодичної системи є хімічним аналогом Сульфуру. Він може заміщувати цей елемент у складі сульфгідрильних груп і у дисульфідних містках. У сполуках із с. о. -2 він є сильнішим відновником, ніж сульфід-іон S^{2-} . Тому Селен виконує захисну функцію не тільки від дії вільних радикалів, а й захищає білки від токсичної дії ендогенного гідроген пероксиду та катіонів важких металів.

Селен накопичується переважно в нігтях та волоссі. У дещо більшій кількості його виявлено і в сітківці ока, оскільки Селен бере участь у перетворенні світлової енергії на енергію електричного потенціалу зорового нерва. Цей мікроелемент впливає на функцію статевих залоз і в мікродозах необхідний для нормального перебігу вагітності.

Добова потреба організму в Селені становить 125 мкг для дорослих і 50 мкг для дітей. У профілактиці та лікуванні деяких інфекційних захворювань або при порушеннях зору рекомендують препарати Три-Ві та Три-Ві-Плюс, які містять вітаміни (С, Е, бета-каротин) та мікроелементи (Se, Cu і Zn).

Бор (В) концентрується переважно у щитоподібній залозі, легенях, кістковому мозку, печінці, селезінці. Його загальна масова частка в організмі становить $\sim 10^{-5}$ %, добова потреба - приблизно 1,5 мг. Бор - необхідний для організму елемент, оскільки бере участь у вуглеводному обміні, посилює дію інсуліну.

У хімічному відношенні Бор подібний до неметалів, наприклад Силіцію, оскільки не існує у формі катіонів, а в сполуках його хімічні зв'язки мають ковалентний характер. Важливою сполукою Бору є його оксид B_2O_3 , який має кислотні властивості; його гідратною сполукою є ортоборатна кислота H_3BO_3 .

Ортоборатна кислота H_3BO_3 - біла кристалічна речовина, малорозчинна у воді, належить до слабких кислот. З лугами вона утворює солі (метаборати і тетраборати), а зі спиртами - естери. Під час нагрівання ортоборатна кислота втрачає воду, перетворюючись на

метаборатну кислоту HBO_2 . При подальшому нагріванні утворюється тетраборатна кислота $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$.

Крім того, боратна кислота добре розчиняється в ліпідах і тому швидко проникає крізь клітинні мембрани. Сполуки Бору, взаємодіючи з деякими біологічно активними речовинами, сповільнюють їх дію, зокрема, амілази, вітамінів групи В, а також гальмують процес окиснення адреналіну. Тому при систематичному вживанні продуктів харчування з підвищеним вмістом Бору порушується обмін вуглеводів та білків і розвиваються ендемічні ентерити.

Неорганічні сполуки Бору характеризуються антисептичними і протизапальними властивостями. Так, водний розчин боратної кислоти використовують для промивання очей, а у вигляді мазі - при деяких шкірних захворюваннях. Розчин натрій тетраборату $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (тривіальна назва - бура) застосовують як антисептик. Боратна кислота, її ангідрид та цитрат бору в комплексі з іншими фармацевтичними препаратами застосовують для лікування захворювань, спричинених порушеннями обмінних процесів в організмі.

Алюміній (Al) - один із найпоширеніших елементів земної кори (8 % за масою). Це металічний елемент, його оксид і гідроксид - типові амфотерні сполуки. Хімічні зв'язки в багатьох сполуках Алюмінію мають змішаний йонно- ковалентний характер, ступінь окиснення сталий і дорівнює +3.

Алюміній належить до незамінних мікроелементів. Він надходить в організм із продуктами харчування і частково з водою, добова потреба в ньому становить 45-50 мг. Накопичується у кістках, печінці, легенях, нирках, головному мозку.

Цей мікроелемент сприяє розвитку і регенерації епітеліальної, сполучної Ті кісткової тканин, бере участь в обміні фосфоровмісних сполук. У разі підвищеного вмісту його в організмі спостерігаються значні порушення рівноваги реакцій фосфорування.

Сполуки Алюмінію мають кровоспинні, протизапальні та антацидні властивості, і тому їх здавна використовують у медичній практиці. Наприклад, алюміній гідроксид $\text{Al}(\text{OH})_3$ або його суміші з магній оксидом (препарат альмагель чи з $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (маалокс) застосовують при підвищеній кислотності шлункового соку.

Силіцій - типовий неметал ІУА групи ПСЕ, у хімічних сполуках виявляє валентність чотири, хімічні зв'язки переважно ковалентні.

Із неорганічних сполук найбільше значення має силіцій(ІУ) оксид SiO_2 , або кремнезем. Це не розчинний у воді оксид, який повільно переходить у розчин гід дією лугів з утворенням натрій силікату: $\text{SiO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

Розчинні силікати мають здатність впливати на формування і нормальне функціонування епітеліальних і сполучних тканин, надаючи їм міцності та еластичності. Доведено також, що Силіцій впливає на діяльність підшлункової залози, перешкоджає проникненню ліпідів у плазму крові та відкладанню їх на стінках кровоносних судин. Із порушенням обміну цього елемента пов'язують такі захворювання, як ревматизм, гіпертонія, виразка шлунка.

Силіцій не належить до необхідних у харчуванні елементів, оскільки надходить з їжею в достатній кількості. Надмірне потрапляння силіцій(ІУ) оксиду

з органи дихання, зокрема з промисловим пилом, спричинює силікоз (ушкодження легеневої тканини).

Станум є обов'язковою складовою кісток (0,08 % за масою), печінки »0 ,06 %), легень. Його загальний вміст в організмі становить близько 17 мг.

Біологічна роль цього елемента вивчена ще недостатньо. Відомо, що в більших дозах сполуки Стануму(II) інгібують ферменти, які містять сульфгідрильні групи, наприклад глутатіонредуктазу.

Людина з давніх часів контактує з оловом та його сплавами. Наприклад, олово входить до складу різних припоїв. Сплави срібла, міді і олова використовують в стоматології для виробництва металевих пломбувальних матеріалів, які останнім часом здебільшого замінюють синтетичними полімерними матеріалами.

Плюмбум (РЬ) накопичується в печінці, входить до складу трубчастих кісток. Біологічна функція цього елемента остаточно не з'ясована. Відомо, що в більших дозах Плюмбум та його сполуки токсичні. Вони потрапляють у навколишнє середовище в результаті виробничої діяльності людини та при спалюванні автомобільного пального з добавками тетраетилплюмбуму. Йони Pb^{2+} з митною водою та продуктами харчування потрапляють в організм, де утворюють міцні малорозчинні сполуки.

Надлишок Плюмбуму в організмі є причиною серйозних порушень ЦНС та механізмів синтезу гемоглобіну, ушкодження нирок, травного каналу. Хронічне отруєння свинцем та його сполуками називають сатурнізмом.

У медичній практиці препарати Плюмбуму (плюмбум ацетат $Pb(CH_3COO)_2$ і алюміній ацетат $Al(CH_3COO)_3$) використовують зовнішньо як в'яжучий засіб при запальних захворюваннях шкіри та слизових оболонок.

Арсен міститься в організмі у незначних, так званих слідових кількостях. Найбільше його накопичується в печінці, нирках, селезінці, мозковій тканині, еритроцитах.

Арсен належить до групи важливих мікроелементів, необхідних для життєдіяльності організму. У малих дозах його сполуки поліпшують процес кровотворення, беручи участь у синтезі гемоглобіну. Виявлено також позитивний вплив сполук Арсену на окисно-відновні процеси та нуклеїновий обмін.

У більших дозах Арсен та його сполуки токсичні. Отруєння ним можливе при використанні деяких медикаментів, інсектицидів, фунгіцидів та на виробництві. Сполуки Арсену належать до сильних тіолових отрут. Вони інгібують ферменти, які містять групи $-SH$ у молекулах цистеїну, глутатіону, ліпоєвої кислоти.

Цікаво, що сполуки Арсену здавна відомі як лікарські засоби. Наприклад, вперше арсеновмісний препарат проти блідої спірохети під назвою сальварсан синтезував і впровадив у медичну практику П. Ерліх, якого вважають засновником хіміотерапії. До появи у 1940 р. пеніциліну сальварсан був єдиним медичним засобом для лікування сифілісу.

Арсен(III) оксид As_2O_3 (назва медичного препарату - білий миш'як) іноді використовують у стоматології для некротизації пульпи, а також призначають внутрішньо при недокрів'ї та неврастенії.

Біогенні d-елементи (Fe, Си, Zn, Mn, Со, Ni, Сг, Мо)

З великої групи d-елементів до біогенних належать вісім найважливіших елементів: **Fe, Си, Zn, Mn, Со, Ni, Сг, Мо** концентрацію яких в організмі достовірно встановлено і їхню фізіологічну роль доведено. Ці елементи входять до складу великої кількості металоферментів, яких нині відомо понад 200, а також деяких вітамінів.

(d-Елементи ще називають перехідними елементами, оскільки вони мають змінні ступені окиснення. Із перелічених вище біоелементів тільки Цинк, маючи завершену 18-

електронну оболонку, характеризується постійною валентністю і тому не належить до перехідних елементів.

Біологічна роль хімічних елементів визначається передусім будовою електронних оболонок їхніх атомів, від якої залежать хімічні властивості як самих елементів, так і їхніх сполук. Ці властивості виявляються у здатності

d-елементів вступати у різні хімічні реакції: кислотно-основні, окисно-відновні, комплексоутворення тощо.

Ферум (Fe). В організмі Ферум міститься у вигляді йонів Феруму(II) та Феруму(III), які мають велике значення для життєдіяльності організму людини. Вони необхідні для кровотворення, нормального функціонування деяких ферментів, перенесення кисню від легень до тканин, а також електронів у ланцюзі дихання.

Загальна масова частка Феруму в організмі становить 4-5 г, або 0,01 %, тобто він належить до мікроелементів. Його багато в печінці, м'язах, кістковому мозку, причому 60-70 % загальної маси міститься в еритроцитах та нервових клітинах. Тому Ферум, що входить до складу біосистем, поділяють на гемовий і негемовий («гемове і негемове залізо» - термін застарілий). Ферум у вигляді йонів Fe^{2+} , що входять у структуру порфіринових комплексів - гемоглобіну, метгемоглобіну та цитохромів, називають гемовим, а в складі інших біологічно активних сполук, зокрема, феритину, гемосидерину, лактоферину, ферумсульфуровмісних білків - негемовим. Серед білків, що містять йони Феруму(II) в гемах, найбільше значення мають гемоглобін і метгемоглобін. Гемоглобін (Hb) — важливий компонент еритроцитів крові, що забезпечує зв'язування і перенесення кисню від легень до всіх клітин організму і виведення з них вуглекислого газу, а міоглобін зберігає запас кисню в м'язах.

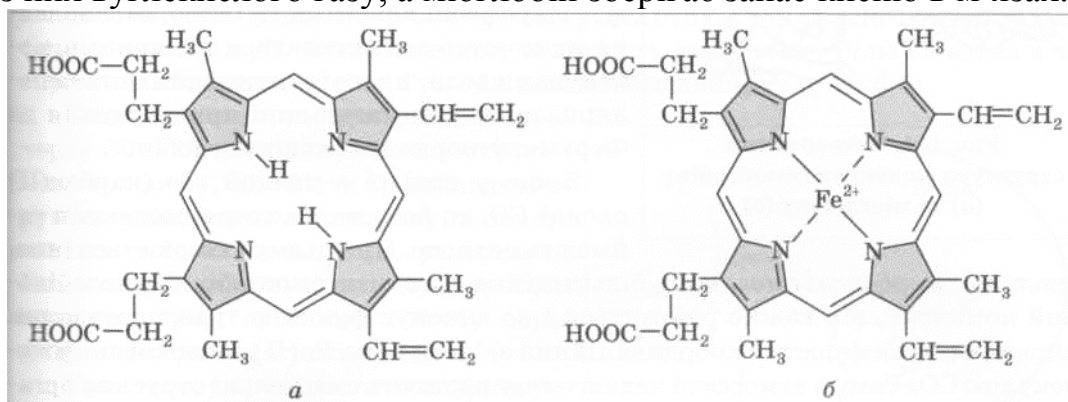


Рис. 2 Будова молекул протопорфірину(а) і феропротопорфірину(б)

Шостий вільний координаційний зв'язок йона Феруму(II) використовується для зв'язування кисню або інших лігандів - H_2O , CO , CN^- . Лабільний комплекс, що утворюється при цьому, називають оксигемоглобіном і умовно позначають HbO_2 . Його утворення за схемою $Hb + O_2 \rightleftharpoons HbO_2$ відбувається в альвеолах легень, де парціальний тиск кисню більший, ніж у тканинах. Рівновага цієї реакції в легнях зміщується вправо, а в клітинах - навпаки, лабільний комплекс HbO_2 руйнується і кисень виділяється для окиснення різних біосубстратів. Якщо йони Fe^{2+} в молекулі гемоглобіну Hb (Fe^{2+}) окиснити (наприклад, нітрид-іонами) до Fe^{3+} , то утворений комплекс

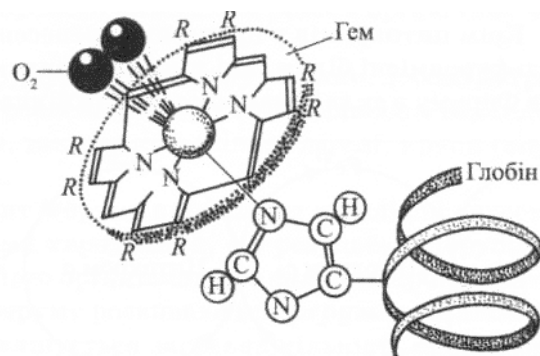


Рис..3. Схема зв'язування кисню гемоглобіном крові

MetНb(Fe³⁺), який називають метгемоглобіном, повністю втрачає здатність приєднувати кисень у легенях, що й спричинює гіпоксію. Це і є основною причиною сильного отруєння організму нітратами, які потрапляють в організм з продуктами харчування.

Білкова частина макромолекули - глобін (рис. 3) з молекулярною масою близько 65 000 необхідна для забезпечення оборотного процесу зв'язування кисню. На одну таку молекулу припадає чотири йони Феруму в гемах. Кожний гем оточений білковим ланцюжком, що складається з 574 амінокислот, причому таких ланцюжків є чотири і вони згорнуті в клубок певної форми (рис. 4).

На поверхні гемоглобіну та міоглобіну є невеликі заглиблення, в яких містяться йони Феруму(II). В них йони металу оточені вуглеводневими радикалами амінокислот, які мають гідрофобні властивості. Отже, заглиблення не можуть заповнюватися полярними молекулами води, проте їх легко займають неполярні молекули кисню, які приєднуються до Феруму, утворюючи оксигемоглобін.

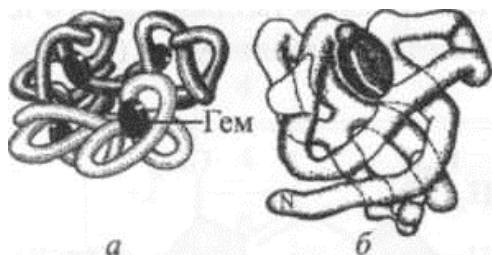


Рис. 4. Четвертинна структура молекули гемоглобіну (а) та міоглобіну (б)

Якщо у повітрі є **чадний газ карбон(II) оксид) CO**, то його малополярні молекули займають це місце. При цьому утворюється інша сполука - карбоксигемоглобін, більш стійка, ніж оксигемоглобін. Це нелабільний комплекс, він важко руйнується і не виконує функцію транспортування кисню, оскільки шостий координаційний зв'язок йона Fe (II) заблокований молекулою CO. Тому в атмосфері чадного газу настають смертельні отруєння організму; гранично допустима концентрація цього оксиду в повітрі населених міст не повинна перевищувати 0,075 мг/м³. Слід зазначити, що еритроцити крові через 80-120 днів руйнуються і замінюються новими, але після їх розпаду Ферум не виводиться з організму, а сполучається з іншими білками, утворюючи біокомплекс феритин, що регенерується кровотворними органами і знову перетворюється на гемоглобін.

Йони Феруму(III) входять до складу і таких важливих ферментів, як каталаза та пероксидаза. Каталаза захищає клітини від токсичної дії гідроген пероксиду H₂O₂, а пероксидаза каталізує процеси окиснення різних органічних субстратів гідроген пероксидом.

Враховуючи велике значення Феруму для організму людини, добова потреба в ньому становить 12-15 мг. Цей мікроелемент у достатній кількості надходить в організм

з продуктами харчування, такими як печінка, легені, крупи (вівсяна, рисова, гречана), хліб, яйця та ін.

Зазначимо, що найчастіше дефіцит Феруму виникає не внаслідок недостатнього надходження його з продуктами харчування, а в результаті порушення функції всмоктування та засвоєння його організмом або значних крововтрат.

При нестачі в організмі сполук Феруму розвиваються ферумдефіцитні (залізодефіцитні) анемії, при яких зменшується загальна кількість еритроцитів та вміст у них гемоглобіну. Для лікування цих захворювань у медицині використовують різні препарати, що містять Ферум, фероплекс, фероцерон, ферумградумет, гемофер, актиферин, аскофер та ін. Вони містять у своєму складі різні солі Феруму(II) - сульфат, хлорид, глюконат або фумарат, які поповнюють запаси Феруму в організмі.

У надмірних дозах Ферум зумовлює дезактивацію ферментів циклу Кребса, що призводить до накопичення органічних кислот у крові, а при хронічній інтоксикації - сидероз.

Купрум (Cu) - дуже важливий мікроелемент, необхідний для життєдіяльності людини, тварин і рослин. В організмі дорослої людини міститься в середньому 0,15 г, або 2-10⁻⁴ % , Купруму, причому половина цієї кількості припадає на м'язи й кістки, решта - на внутрішні органи (печінка, серце, мозок) та кров (переважно на еритроцити і лейкоцити). Відомо понад 30 різних білків і ферментів, у складі яких виявлено Купрум. Подібно до Феруму вони виконують функцію перенесення кисню та електронів в окисно-відновних процесах, що пов'язано з існуванням в організмі Купруму у двох валентних станах - Cu⁺ і Cu²⁺.

Купрум, що надходить в організм людини з їжею, проходить через епітелій слизової оболонки шлунка та тонкої кишки і зв'язується з певними білками, які включаються в купрумовмісні ферменти. Наприклад, цей мікроелемент входить до складу низки ферментів із групи оксидаз, які каталізують перебіг в організмі окремих ОВР. У плазмі крові міститься фермент аміноксидаза, що прискорює реакцію окиснення первинних амінів. У сироватці крові виявлено білок церулоплазмін (з масовою часткою Cu до 0,3 %), що каталізує процес окиснення біогенних амінів та йонів Fe²⁺ до Fe³⁺. Фермент внутрішньої мембрани мітохондрій - цитохром-с-оксидаза, крім йонів Феруму, містить також йони Купруму(I). Це один із важливих ферментів у ланцюзі дихання, де спільно діють обидва d-елементи.

В еритроцитах виявлено такий металофермент, як супероксиддисмутаза, що містить йони Купруму і Цинку. Супероксиддисмутаза виконує важливу захисну функцію, прискорюючи розкладання побічних продуктів кисневого дихання.

Отже, Купрум - незамінний компонент багатьох ферментів і білків, що відіграють важливу роль в ОВР; бере участь у процесах кровотворення, дихання тканин, сприяє синтезу гемоглобіну.

Дефіцит цього мікроелемента (гіпокупреоз) спричинює анемію, патологічний ріст кісток, дефекти сполучної тканини, захворювання шкіри, ураження ЦНС.

Вище зазначалося, що Купрум концентрується в печінці та головному мозку. Тому вміст цього мікроелемента змінюється при інфекційних захворюваннях мозку, зокрема при енцефаліті, та порушенні функцій головного мозку (шизофренія та епілепсія). З мозкових тканин деяких тварин виділено білки, що містять Купрум, - альбокупреїни та нейрокупреїни, які сприяють нормальному функціонуванню головного мозку. Тому

сполуки Купруму використовують для зниження збудження ЦНС при психічних захворюваннях.

Загальна потреба дорослої людини в цьому мікроелементі становить 2- 5 мг на добу. Вміст його поповнюється за рахунок харчових продуктів, особливо круп, гороху, хліба, грибів, журавлини, м'яса тощо.

При надлишку Купруму в організмі він накопичується в тканинах і спричинює токсикоз. У тварин спостерігають переродження клітин печінки, виникнення цирозів та панкреатитів. Унаслідок порушення обміну Купруму виникає гепатоцеребральна дистрофія (хвороба Вільсона-Коновалова) - дегенеративне спадкове захворювання ЦНС, поєднане з цирозом печінки.

Цинк (Zn) - один із поширених мікроелементів організму, оскільки посідає друге місце після Феруму. Вміст його в організмі становить 1,5-2,3 г (у середньому $2,7 \cdot 10^{-3} \%$). Його виявлено в усіх органах і тканинах, але найбільше Цинку в скелетних м'язах, сперматозоїдах.

За своїми фізико-хімічними характеристиками Цинк значно відрізняється від перехідних біометалів, оскільки в сполуках виявляє постійне значення валентності, має менший йонний радіус і більший потенціал йонізації. Він характеризується високою здатністю до координації з амініними та сульфгідрильними групами, що й реалізується при утворенні металоферментів. Нині відомо понад 200 різних ферментів, які містять Цинк і беруть участь у метаболічних процесах - синтезу і розпаду вуглеводів, жирів, білків та нуклеїнових кислот. У найбільшій кількості ферменти, що містять Цинк, представлені в класах гідролаз, ліаз і трансфераз.

Добре вивченим ферментом класу трансфераз є карбоксипептидаза - гідролітичний ензим, що каталізує реакцію розкладання білків до амінокислот. Специфічність його дії полягає у здатності відщеплювати амінокислотні залишки від кінця поліпептидного ланцюга, на якому знаходиться карбоксильна група.

Важливим ферментом Цинку є карбоангідраза - металофермент з молекулярною масою 30 000, що містить у молекулі один йон Цинку. Фізіологічна роль карбоангідрози пов'язана з процесом дихання, оскільки цей фермент каталізує реакцію гідратації вуглекислого газу як продукту метаболізму. Хімізм процесу полягає у взаємодії карбон(IV) оксиду з водою з утворенням гідрогенкарбонат-іонів HCO_3^- у клітинах) та розкладання його на вуглекислий газ (в альвеолах легень):

До металоферментів, що містять Цинк, належать і алкогольдегідрогеназа, яка міститься в печінці і забезпечує окиснення та метаболізм етанолу, а також інсулін, що міститься в підшлунковій залозі й прискорює процес метаболізму глюкози.

Слід зазначити, що одні ферменти Цинк активує, наприклад, пероксидазу, амінопептидазу, а інші (протеазу, лужну фосфатазу) - інгібує. Біологічна роль цього мікроелемента пов'язана із залозами внутрішньої секреції, в яких він також концентрується. Вважають, що простата добре функціонує за достатньої кількості Цинку в організмі.

Оскільки Цинк відіграє важливу роль у функціонуванні клітин головного мозку, його використовують для лікування психічних захворювань. У зв'язку з тим, що йони Zn^{2+} сприяють загоєнню ран, цинкові мазі здавна застосовують у дерматології.

Здатність Цинку підвищувати загальний енергетичний рівень біохімічних процесів та посилювати захисні реакції організму відкриває нові перспективи застосування його як стимулятора багатьох фізіологічних процесів. У разі нестачі Цинку в організмі

спостерігають такі типові симптоми: сповільнення росту і статевого дозрівання, ушкодження шкіри.

Добову потребу організму в цьому мікроелементі встановлено в межах 15 мг для дорослих і 5 мг для дітей.

Хронічне отруєння сполуками Цинку на виробництві спричинює гіпертонію, атеросклероз, захворювання судин.

Манган (Mn) - важливий мікроелемент для життєдіяльності організму. Вміст його в організмі перебуває в межах 10-20 мг на 70 кг маси тіла. Найбільше Мангану в трубчастих кістках (43 %), печінці, нирках, де він міститься переважно у вигляді йонів Mn^{2+} .

На відміну від розглянутих вище мікроелементів, Манган входить до складу тільки трьох ферментів - аргінази, піруваткарбоксилази і супероксиддисмутази.

Аргіназа - фермент печінки, який каталізує розщеплення аргініну з утворенням сечовини. У молекулі цього ферменту містяться чотири йони Мангану(II), отже, при дефіциті Мангану активність аргінази істотно знижується. Таку саму кількість Мангану виявлено у складі піруваткарбоксилази, яка каталізує реакцію поетапного синтезу вуглеводів із піровиноградної кислоти.

Третім металоферментом мітохондрій, що містить Манган, є супероксиддис- мутаза, біохімічну функцію якої було розглянуто вище (див. Біологічна роль Купруму).

Отже, Манган входить до складу ферментних систем, які прискорюють окисно-відновні реакції внутрішньоклітинного обміну речовин. Він впливає на ріст людини, необхідний для утворення кісток, збереження репродуктивної функції організму, метаболізму глюкози та ліпідів. Крім того, цей мікроелемент необхідний для активування багатьох ферментів.

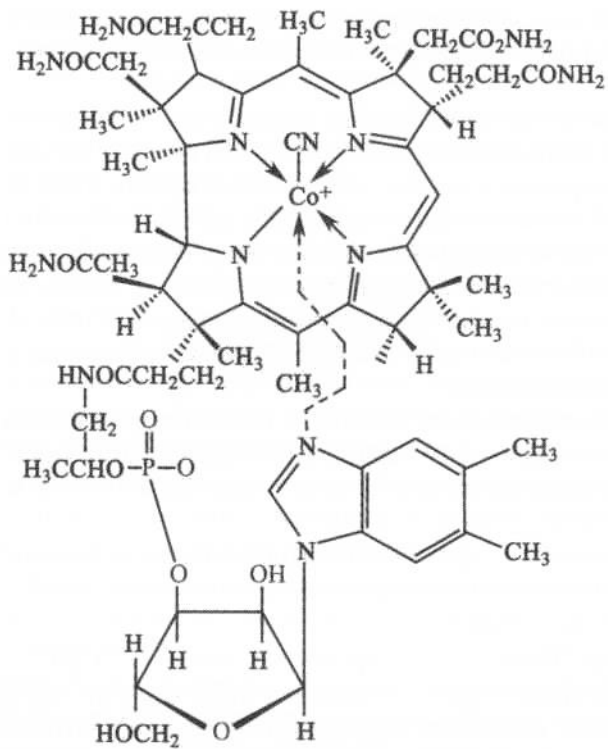
Таким чином, мангановмісні ферменти каталізують складні процеси клітинного дихання, посилюють обмін вуглеводів і жирів, сприяють синтезу вітаміну С та обміну вітамінів групи В та Е.

Добова потреба організму в Мангані становить 2-5 мг. Він надходить в організм із продуктами харчування; найбільше міститься в крупах, борошняних виробах, малині, смородині, журавлині, капусті, горосі, шпинаті. Вміст Мангану в продуктах харчування достатній для забезпечення потреб організму, отже, дефіцит виникає передусім унаслідок порушення його всмоктування в тонкій кишці.

При дефіциті цього мікроелемента в організмі порушується фосфорно- кальцієвий обмін, що спричинює виникнення рахіту, як і при нестачі вітаміну D. Манган прискорює процес утворення антитіл, які знешкоджують чужі для організму білки (віруси, бактерії), посилює синтез гормонів щитоподібної залози. Оскільки йони Мангану позитивно впливають на засвоєння Йоду, то рівень цього мікроелемента в крові корелюється з імовірністю виникнення ендемічного зоба. Доведено, що рівень Мангану в сироватці крові підвищується при хворобах серця, інфекційних та деяких психічних захворюваннях, що можна використати для діагностики цих захворювань.

Враховуючи багатогранну фізіологічну дію Мангану, його сполуки використовують у медичній практиці при невритах (у комплексі з полівітамінами) та в разі захворювання кровотворних органів (разом зі сполуками Кобальту та Купруму).

У разі надлишкового надходження в організм цього біоелемента в умовах промислового виробництва (хронічна інтоксикація) виникають тяжкі розлади рухової активності (синдром паркінсонізму).



Ціанокобаламін (вітамін B₁₂)

Кобальт (Co). Масова частка Кобальту в організмі мала - $1 \cdot 10^{-5} \%$ (1,2 мг/70 кг маси тіла), добова потреба в ньому становить 0,03-0,05 мг. Як незамінний мікроелемент він входить до складу еритроцитів і металопротеїнів, що є компонентами тканин внутрішніх органів - печінки, нирок, підшлункової залози.

Його біологічна роль тісно пов'язана з функціонуванням низки ферментів і гормонів. Зокрема, Кобальт бере участь у синтезі гормонів щитоподібної залози

тироксину і трийодтироніну, активує такі ферменти, як карбоангідраза та карбоксипептидаза. Установлено позитивний вплив йонів Кобальту на білковий, вуглеводний, ліпідний та мінеральний обміни, а також на обмін аскорбінової кислоти й синтез вітаміну PP (ніацину).

Залежно від вмісту в біосистемах Кобальт може бути як активатором, так і інгібітором

ферментних систем, в основі функціонування яких лежать реакції окиснення-відновлення.

Йон Кобальту(III) входить до складу природної внутрішньокмплесної сполуки (вітаміну B₁₂) є ефективним протианемічним засобом, оскільки істотно впливає на утворення еритроцитів та синтез гемоглобіну в крові (гемопоез).

Вітамін B₁₂ у достатній кількості надходить в організм людини з м'ясними та молочними продуктами (добова потреба 2 мкг). Однак унаслідок порушення його всмоктування виникає мегалобластична (B₁₂-дефіцитна) анемія. Ознаки цього захворювання пов'язані з недокрів'ям, ураженням нервової системи та травного каналу. Надлишок цього мікроелемента в організмі також шкідливий, оскільки йони Кобальту сповільнюють адсорбцію йонів Fe (II), блокуючи його транспортні системи. Унаслідок цього виникає поліцитемія — захворювання крові, що характеризується збільшенням кількості еритроцитів та гемоглобіну.

Кобальт ефективно діє на біосистеми за наявності в організмі достатніх запасів Феруму та Купруму. Під впливом Кобальту підвищується всмоктування Феруму і використання його в процесах утворення гемоглобіну.

Молібден (Mo) є одним із важких металів (атомна маса 95,9 а. о. м.), виявлених в організмі людини. Цей хімічний елемент має 8 різних ступенів окиснення, проте в біосистемах міститься переважно у вигляді йонів Mo⁶⁺, рідше Mo⁴⁺, Mo³⁺. Різноманітність форм існування Молібдену є причиною того, що такий важкий металічний елемент використовується для побудови деяких структур живого організму.

Оскільки Нітроген у сполуках з Оксигеном і Гідрогеном використовується в процесах біосинтезу білків, нуклеїнових кислот, ферментів та інших нітроге - новмісних органічних сполук, то основна біологічна функція Молібдену полягає у зв'язуванні неорганічного азоту.

Молибден входить також до складу ферментів ксантиноксидази, ксантиндегідрогенази, пурингідроксилази, які беруть участь у метаболізмі пуринів. Зазначимо, що порушення пуринового обміну призводить до виникнення подагри.

Слід зазначити, що в малих дозах Молибден позитивно впливає на синтез гемоглобіну і сприяє накопиченню в організмі вітамінів С і В₁₂. Тому дуже важливим чинником є баланс Молибдену в організмі. У мікродозах його сполуки, підвищуючи фагоцитарну активність крові, впливають на імунний захист. За підвищеного вмісту в організмі Молибдену порушується пуриновий обмін і розвивається молибденова подагра, пов'язана з утворенням і відкладенням сечової кислоти в тканинах, що призводить до деформування суглобів.

Добова потреба організму в Молибдені є меншою, порівняно з іншими біометалами, і становить 0,1-0,3 мг.

Доведено, що біологічна роль Молибдену тісно пов'язана із вмістом в організмі Купруму. Ці елементи є антагоністами, оскільки надлишок Молибдену зумовлює зменшення концентрації Купруму. Антагонізм цих мікроелементів використовують у терапевтичній практиці. Для зменшення токсичної дії Молибдену на організм вводять розчинні солі Купруму, що призводить до утворення малорозчинної солі купрум молибдату CuMoO_4 і виведення останнього з організму.

Хром (Cr). Життєву необхідність Хрому було доведено лише в 1959 р., проте механізм його фізіологічної дії ще остаточно не з'ясований. Цей мікроелемент відіграє значну роль у функціонуванні біосистем. Він впливає на обмін вуглеводів, ліпідів та нуклеїнових кислот, активує дію інсуліну й такі ферменти, як трипсин і трансферин.

Концентрація Хрому в крові становить 1,4-3,1 нмоль/дм³, де він, як і Ферум, зв'язується з трансферином, який переносить його до тканин різних органів. Найбільше Хрому накопичується у волоссі, дещо менше - в печінці, нирках.

Доведено, що вміст Хрому в крові знижується при старінні або виснаженні організму. Поліпшуючи загальний обмін речовин, сполуки Хрому(III) сповільнюють процес старіння організму. Досліди показали, що тварини, яким до кормів додавали сполуки тривалентного Хрому, жили довше, ніж тварини контрольних груп.

Хром посилює дію інсуліну в усіх метаболічних процесах, тому в медичній практиці використовують хром піколінат для лікування діабету. Ця сполука Хрому входить до складу комплексних препаратів з мікроелементами та вітамінами. Крім того, хром позитивно впливає на ліпідний обмін, тому дефіцит цього мікроелемента може спричинити розвиток атеросклерозу.

Добова потреба організму в Хромі незначна - 0,05-0,2 мг. Багаті на Хром такі продукти харчування, як чай, шпинат, оселедці, вівсяна крупа, печінка, яловичина.

Про токсичну дію Хрому та його сполук на організм було відомо давно. Токсичними є сполуки шестивалентного Хрому - хромати Me_2CrO_4 та дихромати $\text{Me}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (де Me - метал I групи ПСЕ). Найменш токсичними є сполуки Хрому(III).

У разі хронічної інтоксикації Хромом на виробництві спостерігаються захворювання шкіри й слизових оболонок, катар верхніх дихальних шляхів, емфізема, а іноді й рак легень. Надлишок цього елемента в організмі спричинює ушкодження легеневої тканини та розвиток злоякісних пухлин.

Застосування сполук d-елементів у медицині

Наведемо перелік деяких медичних препаратів із родини d-елементів, які здавна використовують у медичній практиці, а також приклади комплексних лікарських засобів,

що містять вітаміни з мікроелементами. Останні активно впроваджуються в медичну практику як з метою профілактики, так і при захворюваннях, спричинених дефіцитом того чи іншого біоелемента. До їх складу входять найважливіші вітаміни і макро- та мікроелементи.

Ферум(II) сульфат гептагідрат $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, ферум лактат тригідрат застосовують для лікування ферумдефіцитних анемії. Цинк сульфат ZnSO_4 використовують у вигляді розчинів з масовою часткою солі 0,1-0,25 % для лікування очних хвороб. Ця сіль входить до складу деяких стоматологічних цементів типу «Дентин», «Вікасол» та препарату цинк- терал, який використовують у дерматології. Цинк оксид ZnO застосовують у дерматологічній практиці у вигляді мазей, паст і присипок. Суспензію цинк- інсулін, що складається з цинк хлориду та інсуліну, використовують для ін'єкцій при цукровому діабеті. Вітамін С-Плюс (вітамін С з Цинком) рекомендують для посилення імунітету, нормалізації кровотворення.

Хром піколінат у мінімальних дозах (50-100 мкг) використовують у разі порушень вуглеводного та жирового обмінів, хром(III) оксид Cr_2O_3 входить до складу деяких стоматологічних паст.

Амоній або натрій молібдат $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ (Na_2MoO_4) у мікродозах вводять до складу різних полівітамінних комплексних препаратів, зокрема препарату «Дуовіт», враховуючи той факт, що Молібден підвищує фагоцитарну функцію крові.

Манган(II) сульфат та хлорид $\text{MnSO}_4 + \text{MnCl}_2$ як мінеральні добавки входять до складу різних полівітамінів, наприклад, «Кальцеміну», «Теравіту». Калій перманганат KMnO_4 у вигляді розбавлених розчинів застосовують як протимікробний препарат.

Вітамін B_{12} (ціанокобаламін) використовують для лікування мегало- бластичної анемії, дистрофії та при захворюваннях печінки.

Радіоактивний нуклід Кобальту ^{60}Co застосовують для лікування злоякісних пухлин радіоактивним випромінюванням (так звані кобальтові «гармати»),

З великої кількості полівітамінних препаратів з мікроелементами виділимо тільки деякі: Суміш «Мінерал», Лікарська форма «Юнікап»

Крім того, широко застосовуються полівітамінні комплексні препарати з мінеральними добавками: «Мульти-табс», що містить 7 мікроелементів, а також краплі «Береш Плюс», у складі яких є 5 макроелементів і 9 мікроелементів, комплексний препарат «Дуовіт», що містить Магній, Кальцій, Ферум, Цинк, Купрум, Манган, Молібден та 11 найважливіших вітамінів.

Найповніший асортимент необхідних для організму макро- і мікроелементів і вітамінів входить до складу препарату «Вітрум». Вітаміно-мінеральний комплекс під назвою «Активан» містить 31 компонент.