

Лекція 1. ВСТУП. ПРЕДМЕТ І ЗАВДАННЯ КУРСУ МЕДИЧНОЇ ХІМІЇ

План

1. Вступ.
2. Загальні відомості про біогенні елементи
3. Якісний та кількісний вміст біогенних елементів в організмі людини. макроелементи, мікроелементи та домішкові елементи
4. Учення В.І. Вернадського про біосферу та роль живих організмів. зв'язок між вмістом біогенних елементів в організмі людини та їх вмістом у довкіллі
5. Електронні структури біоелементів
6. Періодичний закон і періодична система хімічних елементів
7. Знаходження в періодичній системі біоелементів
8. Електронна структура та властивості s-p-елементів
9. Загальна характеристика і властивості d-елементів

Медична хімія - розділ хімії, що охоплює основні поняття, закони і методи загальної, біонеорганічної, біоорганічної, аналітичної, фізичної та колоїдної хімії у застосуванні до медико-біологічних проблем.

У розділі «**Біонеорганічна хімія**» пояснюється взаємозв'язок між біологічною роллю біогенних s-, p-, d- елементів та формою знаходження їх в організмі, з'ясовуються принципи будови комплексних сполук.

У розділі «**Біоорганічна хімія**» поглиблюються знання, отримані в шкільному курсі «Органічна хімія» на основі розкриття ролі біологічно активних речовин (вітамінів, гормонів та ферментів) у процесі життєдіяльності організму людини, даються загальні уявлення про обмін речовин та енергії, водно-сольовий обмін, біологічний склад крові.

У розділі «**Загальна хімія**» пояснюються основні закономірності процесів розчинення речовин та способи вираження складу розчину (масова частка, молярна та нормальна концентрація), а також узагальнюються, поглиблюються, розширюються знання з теорії розчинів сильних і слабких електролітів, відомості про гідроліз солей.

У розділі «**Аналітична хімія**» розкриваються основи якісного та кількісного аналізу (визначення) хімічних речовин.

У розділі «**Фізична та колоїдна хімія**» розглядається енергетика хімічних реакцій та біохімічних процесів, кінетика біохімічних реакцій, фізико-хімія поверхневих явищ та властивості колоїдних систем.

У другій половині ХХ ст. сформувалась нова наука щодо ролі йонів металів та їх сполук в життєдіяльності організмів, яка отримала назву **біонеорганічна хімія**. Засновниками її вважають В. Вернадського, П. Пфейфера, Л.Ч угаєва, К. Яцимірського. Завданнями біонеорганічної хімії є:

- моделювання біокомплексів та біологічних процесів;
- пояснення механізму біологічної активності металів;
- профілактика захворювань;
- пошук нових лікарських препаратів

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БІОГЕННІ ЕЛЕМЕНТИ

Біологічні властивості хімічних елементів тісно пов'язані з їх фізико-хімічними особливостями і будовою атома, тобто з положенням у періодичній системі.

На біологічну активність елементів впливає: величина заряду ядра атома; розміри радіусів атомів і йонів; енергія гідратації йонів; ступінь складності електронних конфігурацій; поширення хімічних елементів у природі. Легкі атоми з малими розмірами і невеликим зарядом ядра частіше всього включаються в життєво важливі системи. Ось чому основу живих систем складають тільки шість елементів – Карбон, Гідроген, Оксиген, Нітроген, Фосфор, Сульфур,

загальна масова доля яких в організмі складає 97,4%, а для побудови живої матерії природа відібрала біля 20 хімічних елементів, які були названі біогенними.

Біогенними називають хімічні елементи, які постійно входять до складу живих організмів і виконують певні біологічні функції.

Основними *критеріями біогенності* елемента є постійний вміст його в організмі на певному рівні й фізіологічна активність тих кількостей елемента, в яких він знаходиться в природних умовах життєдіяльності організму; участь елемента в структурі і функціонуванні біологічно-активних речовин (ферментів, гормонів, вітамінів); встановлення значення дефіциту елемента для нормального функціонування організму.

ЯКІСНИЙ ТА КІЛЬКІСНИЙ ВМІСТ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ. МАКРОЕЛЕМЕНТИ, МІКРОЕЛЕМЕНТИ ТА ДОМШКОВІ ЕЛЕМЕНТИ

Біогенні елементи класифікують за кількістю і за роллю в організмах. За кількісним вмістом в організмі елементи ділять на макроелементи (10 % і більше), олігобіогенні (в межах 1-10%), мікроелементи (від 0,1 до 0,0001%), ультрамікроелементи (< 0,0001%).

Табл.1. Вміст хімічних елементів в організмі людини

Вміст, г/кг	Елементи	Група
Більше 90	O, C, H	Макроелементи
10-90	Ca, N, P	
1-9	K, Na, S, Cl	Олігобіогенні
0,1-0,9	Mg, Si	
0,01-0,09	Fe, Zn, F, Sr, Mo, Cu	Мікроелементи
0,001-0,009	Br, Si, Cs, J, Mn, Al, Pb	
0,0001-0,0009	Cd, B, Rb	
0,00001-0,00009	Se, Co, V, Cr, As, Ni, Li, Ba, Ti, Ag, Sn, Be, Ga, Ge, Hg, Sc, Zr, Bi, Sb, Rh	Ультра-мікроелементи

За роллю, яку відіграють біоелементи в живих організмах (табл.2), їх можна поділити на три групи: органогени, йоногени, мікроелементи.

Табл. 2. Значення біогенних елементів для організму людини

Група	Елементи	Вміст	Біологічна роль
Елементи - органогени	Переважаю р-елементи: C, H, O, N, P, S та Ca	99,4% маси тіла людини	Виконують структурну, пластичну функції в організмі
Елементи - йоногени	Переважаю s-елементи Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ та Cl ⁻	-	Забезпечують: а) умови для проходження процесів (рН, осмотичний тиск, водний режим); б) передачу нервових імпульсів; в) явища переносу
Мікроелементи	Переважаю d-елементи Mo, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Cr, V, I, F,	10 ⁻⁴ -10 ⁻⁷ %	Беруть участь у побудові й активації близько 2000 ферментативних систем (Zn активуються карбоангідраза, дегідропептидаза, Fe – пероксидаза, , Cr - трипсин)

Мікроелементи розподіляються неоднорідно і нагромаджуються в окремих органах і тканинах. При цьому деякі елементи навіть не є біогенними, але концентруються окремими органами і тканинами. Наприклад, Аргентум концентрується в райдужній оболонці ока, Аурум - у головному мозку. Універсальними органами, які накопичують мікроелементи є печінка, скелет, і нирки (коли не встигають їх виводити).

УЧЕННЯ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО ПРО БІОСФЕРУ ТА РОЛЬ ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ. ЗВ'ЯЗОК МІЖ ВМІСТОМ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ ТА ЇХ ВМІСТОМ У ДОВКІЛЛІ

Біосфера - частина земної кори, заселена живими організмами. Вона охоплює літосферу, доступну безпосередньому дослідженню частину земної кори (до 10 км в глибину), гідросферу, водну оболонку Землі, атмосферу, газове середовище Землі (12-15 км).

Біогенна міграція атомів – це постійний колообіг активних елементів, які переходять від організму до організму, у неживу природу і знову до організму. Елементи, які вивільняються мікроорганізмами при гнитті, надходять у ґрунт й атмосферу, знову включаються в колообіг речовин біосфери, поглинаючись живими організмами. Для біогенної міграції характерним є накопичення хімічних елементів у живих організмах, а також їх вивільнення в результаті розкладу мертвих організмів. Біогенна міграція викликається трьома процесами: обміном речовин в організмах; ростом; розмноженням.

В.І. Вернадський, вивчаючи геохімічні перетворення в земній корі, встановив *закономірність розподілу хімічних елементів у літосфері та біосфері*, суть якої зводиться до наступних положень:

1. Хімічний склад живих організмів є виразом хімічного складу природного середовища.

2. Кількісний вміст хімічного елемента у живій речовині обернено пропорційний порядковому номеру цього елемента в періодичній системі елементів, або заряду його ядра.

Академік В.П. Виноградов підтвердив взаємозв'язок вмісту елементів у живих організмах і в біосфері, розробив вчення про **біогеохімічні провінції** (території яких відзначаються певним складом і кількісним вмістом хімічних елементів в ґрунті, воді й, відповідно, в живих організмах), створив підґрунтя *геохімічної екології* (вчення про біохімічну і фізіологічну адаптацію організмів до хімічних елементів даного середовища). Підвищення або зниження тих чи інших елементів у різних біохімічних провінціях може стати причиною ендемічних захворювань. Наприклад, понижений вміст Йоду в гірській місцевості є причиною захворювань щитоподібної залози, підвищений вміст Молибдену (Кавказ) ендемічної подагри, підвищення вмісту у воді й ґрунті Стронцію і Барію, порівняно з Кальцієм (Забайкалля, Далекий Схід) – причиною ураження суглобів, їх деформації, затримки росту.

Прикладами **біогеохімічних провінцій** (Б.п.) можуть бути випадки збільшення щитовидної залози у людей в регіонах, де в ґрунті, повітрі та питній воді спостерігався брак йоду. Іншим прикладом може бути пошкодження емалі зубів і розвиток ендемічного флюорозу внаслідок надлишку фтору в питній воді. При підвищеному вмісті в природних водах стронцію - конкурента кальцію - з'являється так звана уровська хвороба, або хвороба Кашина-Бека, яка була виявлена у жителів Забайкалля, які проживають в прибережному районі р. Уров (права притока р. Аргунь), а також у їхніх домашніх тварин. Хвороба проявлялася в важких ураженнях кістково-суглобового апарату - викривленні кісток, їх підвищеної крихкості, болях в суглобах. Надлишок селену (певні райони Китаю, Центральної і Південної Америки, Туркменістану) веде до випадання волосся і захворювань шкіри. Подібні явища фіксуються і в деяких районах Венесуели, де місцеве населення споживає так званий мавпячий горох, що містить підвищену кількість селену. Механізм його дії на організм обумовлений спорідненістю селену з сіркою, яку він заміщає в молекулах білків, амінокислот і багатьох інших компонентів тканини, особливо нервової. Показово, що антидотом при селеновому токсикозі виявився миш'як, який також має спорідненість з сіркою.

В Австрії, Новій Зеландії тварини гинули від недокрів'я і загальної слабкості, так як в траві містилося недостатня кількість кобальту. Вівці, а також велика рогата худоба, як і інші жуйні тварини, відчувають особливу потребу у вітаміні В₁₂, що містить Со. В Англії серед ягнят поширена хвороба «вигнута спина» (Ензоотична атаксія), викликана підвищеним вмістом в траві цинку або свинцю. Ця хвороба виліковується додаванням в їжу міді.

В Австралії в деяких регіонах надлишок марганцю веде до захворювання, нагадують хвороба Паркінсона, а також до хронічних марганцевих інтоксикацій.

В Україні - встановлена зворотна залежність частоти розсіяного склерозу і змісту в природі рухомих форм кобальту, цинку, марганцю, молібдену, бору. Зокрема, в степових регіонах, де ці метали були виявлені в великих кількостях, відзначено незначне поширення розсіяного склерозу, а на Поліссі, де рівень вмісту металів виявився низьким, - його значну поширеність.

У Донбасі функціонують великі промислові комплекси з видобутку, переробці і отримання ртуті - традиційної для України проблеми «ртутної небезпеки». Спостереження за здоров'ям населення, що проживає в провінції, показало, що загальна захворюваність тут за кількістю випадків звернення за медичною допомогою була вище в порівнянні з контрольним районом. Найбільш часто відзначалися такі захворювання, як інфекційні хвороби, хвороби ротової порожнини і зубів, органів дихання і кровообігу, ураження кісток, м'язів і суглобів.

До значних змін в організмах призводить дефіцит йоду. Особливо неблагополучні західні області країни, частина центральних областей та деякі райони Криму. Встановлено, що йодисте голодування призводить до підвищеного ризику народжуваності кретинів. Найбільше споживають йоду японці. Йодування солі - ефективний засіб профілактики при йодному дефіциті. Результати його разучі. Так, в горах Китаю було відомо селище, жителі якого помітно відрізнялися від решти населення. Вони насилу читали і писали, не могли належним чином освоїти будь-яку професію, діти відставали в розумовому розвитку, у них погіршувалася пам'ять, слабшало зір. Дівчат з цього селища не хотіли брати заміж. Після того, як була налагоджена йодна профілактика, ситуація різко змінилася - серед жителів селища з'явилися навіть власні вчителі.

Червоноградська промзона, Сокальський район - забруднена цілим букетом елементів. Отримані дані свідчать про високий ступінь забруднення токсичними металами свинцю, міді, молібдену, цинку. Проявляється це в майже поголовно зустрічається патології емалі зубів (гіпоплазія, флюороз і ін.), включаючи ураження молочних зубів. У деяких дітей були виявлені зміни в будові кісток. Наявність аномальних кількостей стронцію і цинку в організмах всіх дітей, а заліза - у більшості з них, є закономірним, беручи до уваги широке поширення цих елементів в ґрунтах та питній воді Червоноградської промислової зони. Дуже часто виявлено вміст в організмах місцевих жителів літію, який в нормі повинен бути відсутнім. Свинець, алюміній, стронцій, барій порушують кальцієво-фосфорний обмін і мають тенденцію до підвищеного накопичення в дитячому організмі. Бор, селен, фтор, ванадій і цинк викликають ураження емалі зубів.

ЕЛЕКТРОННІ СТРУКТУРИ БІОЕЛЕМЕНТІВ

На основі сучасної квантово-механічної теорії будови атома встановлені електронні структури атомів усіх елементів, які зображують електронними формулами, користуючись такими принципами.

1. **Принцип мінімальної енергії:** найстійкішому стану електронів в атомі відповідає мінімальна енергія, тобто електрони розміщуються на найближчих до ядра енергетичних рівнях.

2. **Принцип Паулі:** в атомі не може бути електронів з однаковими значеннями усіх чотирьох квантових чисел. Максимальне число електронів N на енергорівні n визначають за формулою: $N = 2n^2$.

3. **Правило Клечковського:** послідовне заповнення атомних орбіталей при збільшенні заряду ядра атома відбувається за зростанням суми головного і побічного квантових чисел. За однакових значень суми цих чисел заповнення атомних орбіталей відбувається у порядку зростання головного квантового числа.

Заповнення енергетичних рівнів і підрівнів відбувається в такій послідовності: $1s^2 \rightarrow 2s^2 \rightarrow 2p^6 \rightarrow 3s^2 \rightarrow 3p^6 \rightarrow 4s^2 \rightarrow 3d^{10} \rightarrow 4p^6 \rightarrow 5s^2 \rightarrow 4d^{10} \rightarrow 5p^6 \rightarrow 6s^2 \rightarrow 5d^1 \rightarrow 4f^{14} \rightarrow 5d^{2-10} \rightarrow 6p^6 \rightarrow 7s^2 \rightarrow 6d^1 \rightarrow 5f^{14} \rightarrow 6d^{2-10} \rightarrow 7p^6$.

4. **Принцип Хунда:** сумарне спінове число електронів певного підрівня повинно бути максимальним.

Приклади:

Символ елементу	Схема електронної будови	Електронна конфігурація	Електронно-графічна формула
²¹ Sc скандій	$\begin{array}{cccc} \text{K} & \text{L} & \text{M} & \text{N} \\ (+21) &) &) &) \\ & 2 & 8 & 9 & 2 \end{array}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$ або $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$	
²⁴ Cr хром	$\begin{array}{cccc} \text{K} & \text{L} & \text{M} & \text{N} \\ (+24) &) &) &) \\ & 2 & 8 & 13 & 1 \end{array}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$	
²⁹ Cu купрум	$\begin{array}{cccc} \text{K} & \text{L} & \text{M} & \text{N} \\ (+29) &) &) &) \\ & 2 & 8 & 18 & 1 \end{array}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$	

ПЕРІОДИЧНИЙ ЗАКОН І ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Основою для вивчення властивостей хімічних елементів є відкритий у 1869 р Д. І. Менделєєвим періодичний закон (ПЗ):

властивості елементів, а також форми і властивості сполук елементів перебувають у періодичній залежності від значення атомних мас елементів.

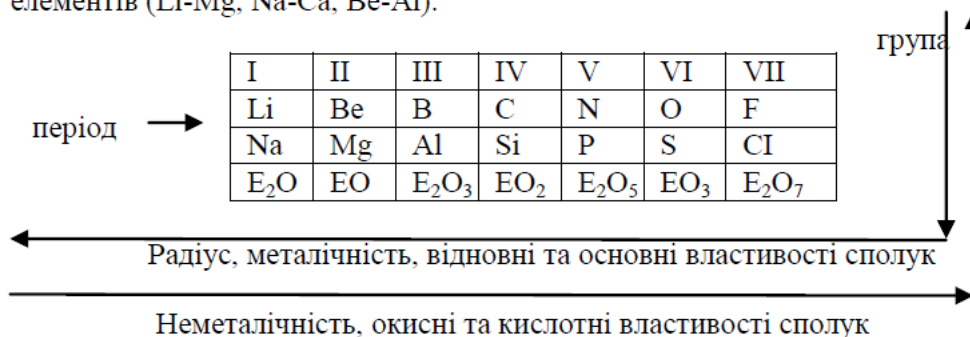
Сучасне формулювання періодичного закону:

властивості хімічних елементів, а також форми і властивості їх сполук перебувають у періодичній залежності від значення заряду їх атомних ядер.

У періодичній системі (ПС) хімічних елементів систематизовані чисельні хімічні факти, на основі яких можна зробити такі висновки:

1. Періодичність зумовлена повторенням електронних конфігурацій атомів.

2. Властивості елементів та їх сполук закономірно змінюються як по горизон-талі (у межах періодів), так і по вертикалі (у межах груп і підгруп). Крім того, спостерігається ще й діагональна подібність елементів (Li-Mg, Na-Ca, Be-Al).



3. Порядковий номер елемента вказує на заряд ядра і кількість електронів, які знаходяться навколо ядра.

4. Положення елемента в періоді вказує на кількість енергетичних рівнів.

5. Номер групи вказує на найвищу можливу валентність елемента, тобто на кількість валентних електронів у збудженому стані (винятки N, O, F).

6. Приблизно по діагоналі (від Be до At) розміщені елементи, які виявляють амфотерні властивості (Be, Al, Cr, As, Sn, Pb). Елементи, які виявляють типові металічні властивості, розміщені в лівому нижньому кутку ПС, елементи з типово неметалічними властивостями розміщені у верхньому правому кутку.

ЗНАХОДЖЕННЯ В ПЕРІОДИЧНІЙ СИСТЕМІ БІОЕЛЕМЕНТІВ

Елементи-органогени та всі біоелементи, крім Мо, розміщені у I-IV періодах, тобто великі та важкі атоми не входять до складу живих систем. А.Виноградову і А.Войнару вперше вдалось пов'язати біологічну роль і фізіологічні властивості хімічних елементів з розміщенням їх у ПС, тобто з певними фізико-хімічними параметрами елементів (табл. 3).

Табл. 3. - Зв'язок фізико-хімічних параметрів елементів з їх положенням у періодичній системі

Фізико-хімічний параметр	Позначення, од. вимірювання	Визначення	Застосування
Заряд ядра атома	Z	Число протонів у ядрі атома	Визначає електронну структуру атомів
Радіус атома (ефективний)	r, Å	Дорівнює ½ відстані між ядрами однакових атомів у молекулі (кристалі)	Передбачення можливості заміщення йонів одного металу іншим
Стандартний електродний потенціал	φ^0 , В	Потенціал, який виникає на електроді при активності йонів у розчині, що дорівнює 1, за стандартних умов	Кількісна міра активності металів. Характеристика окисно-відновних властивостей
Енергія йонізації	$E_{\text{йон}}$, Дж/моль	Мінімальна енергія, не обхідна для відщеплення електрона від незбудженого атома і перетворення його на катіон	Характеристика відновних властивостей атомів

ЕЛЕКТРОННА СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ s-p-ЕЛЕМЕНТІВ

Біометали з родини s-елементів знаходяться у головних підгрупах I і II групи. Їх відносять до неперехідних елементів. Найхарактернішою їх ознакою є висока хімічна активність, особливо в реакціях відновлення. Це підтверджується малими значеннями енергії йонізації атомів цих елементів та електродних потенціалів простих речовин у розчинах. Тенденція до утворення ковалентних зв'язків у них виражена дуже слабо, що пов'язано з невеликими значеннями їх електронегативностей. Тому йони Калію і Натрію практично не вступають у реакції комплексоутворення, а їх гідратні сполуки є нестійкими.

Табл. 4. - Характеристика s-елементів

Характеристика	Елементи IA групи	Елементи IIA групи
Назва групи	Лужні: Li, Na, K, Rb, Cs, Fr	Лужноземельні: Ca, Sr, Ba, Ra та Be, Mg,
Визначення	Вид атомів, у яких іде заповнення електронами s-підрівня зовнішнього енергорівня	
Електронна формула	ns^1	ns^2
Ступені окиснення	+1	+2
Енергія йонізації, твердість, температура плавлення та кипіння	У групі (зверху вниз) зменшується У періоді (зліва направо) збільшується	
Хімічна активність	У групі збільшується	
Властивості	Сильні відновники з киснем, галогенами, азотом, сіркою, фосфором, вуглецем, кремнієм утворюють бінарні сполуки (оксиди, галогеніди, нітриди, сульфіді, фосфіди, карбіди, силіциди),	

Табл. 5. - Електронна будова та властивості p-елементів

Характеристика	Елементи IIIA	Елементи IV-VIA	Елементи VII A
----------------	---------------	-----------------	----------------

		групи	груп											
Визначення		Вид атомів, у яких заповнюється електронами р-підрівень зовнішнього енергорівня.												
Формула валент-ного рівня	$ns^2 np^1$	$ns^2 np^{2-4}$	$ns^2 np^5$											
Максимальний ступінь окиснення (СО)		Дорівнює номеру групи (виняток N, O, F). У групі зменшується, у періоді збільшується.												
Вищим СО відповідають тільки окисні, нижчим - тільки відновні властивості, проміжним СО – і окисні, і відновні														
Твердість, $t_{\text{кип}}$, $t_{\text{пл}}$, $E_{\text{йон}}$		У групі (зверху вниз) зменшується У періоді (зліва направо) збільшується.												
Властивості простих речовин		Змінюються від металічних до неметалічних, посилюються окиснювальні властивості												
Сполуки		бінарні <i>-иди</i> (оксиди, сульфід, нітриди і т.п.) й складніші <i>-ати</i> (нітрати, сульфати і т.п.).												
Оксиди	Al_2O_3 амфотерний	оксиди Si, P, S, Cl – кислотні.												
Для металів характер оксидів змінюється від основного (нижчі СО) через амфотерний до кислотного. Для неметалів нижчі оксиди несолетворні (СО, NO), вищі кислотні.														
Оксигеновмісні кислоти		<table style="margin-left: auto; margin-right: auto; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">III</td> <td style="text-align: center;">IV</td> <td style="text-align: center;">V</td> <td style="text-align: center;">VI</td> <td style="text-align: center;">VII</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">H_3EO_3</td> <td style="text-align: center;">H_2EO_3</td> <td style="text-align: center;">HEO_3</td> <td style="text-align: center;">H_2EO_4</td> <td style="text-align: center;">HEO_4</td> </tr> </table> Сила і термічна стійкість у періоді зростає, у групі спадає			III	IV	V	VI	VII	H_3EO_3	H_2EO_3	HEO_3	H_2EO_4	HEO_4
III	IV	V	VI	VII										
H_3EO_3	H_2EO_3	HEO_3	H_2EO_4	HEO_4										
Властивості водневих сполук		У періоді кислотні та відновні властивості послаблюються, у групі – посилюються.												

Табл. 6. - Біологічна роль s-та p-елементів

Назва елемента	Вміст в організмі людини (на 70 кг маси)	Органи локалізації	Біологічна роль
Li	$10^{-4}\%$, (70 мг)	М'язи, мозок, печінка, нирки, селезінка, легені, кров і молоко	Активатор ферментативних систем; Впливає на транспорт Na^+ крізь оболонку нервових і м'язових клітин, діяльність головного мозку; Має антистресорну дію (препарати - антидепресанти: літій карбонат, літій гідроксибутират)
Na	0,08% (70 г) Добова потреба - 1-6 г	44% в позаклітинній рідині а 9% – у внутрішньоклітинній, решта - у кістковій тканині у депонованому вигляді	Основний позаклітинний йон, підтримує постійний осмотичний тиск біологічних рідин, Входить до складу буферних систем гідрокарбонатної, фосфатної, Бере участь у процесі передачі імпульсів нервових клітин, а також скороченні м'язів. Приймає участь в ядерному синтезі білка. NaCl є головним джерелом HCl шлункового соку.

K	0,23% (250 г) Добова потреба - 2-3 г	98% - у внутрішньоклітинній рідині. Печінка, нирки, серце, м'язи, мозок	Приймає участь у підтримці водного режиму в організмі, Сприяє проходженню фізіологічних процесів, Бере участь у синтезі білка, Входить до складу буферних систем організму
Mg	0,027% (близько 20 г) Добова потреба - 0,5-1 г	Емаль зубів, кісткова тканина, підшлункова залоза, скелетні м'язи, нирки, печінка і серце	Входить до складу ферментів, Активує процеси синтезу і гідролізу АТФ; Впливає на обмін К і Са; вуглеводний та фосфорний обміни; Сприяє виділенню жовчі, стимулює перистальтику кишківника
Ca	1,4% Добова потреба - 0,7-1,3 г, (50% засвоєння)	У кожній клітині організму	Структурний компонент плазми крові, кісток зубів, скелету; Четвертий фактор зсідання крові; Гальмує збудження ЦНС
H	10%	В усіх системах організму	У складі води, біологічно-активних речовин, які підтримують кислотно-основну рівновагу організму.
B	-	Щитоподібна залоза, легені, печінка, нирки	Бере участь у вуглеводно-білковому обміні (підсилює дію інсуліну)
C	-	В усіх системах організму	Входить до складу біополімерів (білки, вуглеводи), біорегуляторів (ферменти, гормони, вітаміни)
Si	Добова потреба 0,4-0,5 мг	Покривні та сполучні тканини	Впливає на формування покривних і сполучних тканин, надаючи міцності й еластичності
N	3,1%	В усіх системах організму	Входить до складу білків, НК, вітамінів, гормонів
P	0,93% Добова потреба 1,0-1,5 мг/кг	Скелет, зуби, біологічні рідини	Важлива роль в обміні речовин. Входить до складу зубів та кісток; АТФ та ряду ферментів
O	62,4%	В усіх системах організму	Бере участь у всіх видах обміну, Необхідний для дихання тканин
S	0,16% Добова потреба - 1,5 мг/кг	Волосся, шерсть, кістки, нервова тканина	Входить до складу деяких амінокислот, гормонів, вітамінів (В1), ліпідів, біорегуляторів (інсулін)
Se	Добова потреба - 0,5 мг/кг	Нігті, волосся, сітківка ока	Впливає на функцію статевих залоз, Необхідний для нормального перебігу вагітності
F	Добова потреба - 0,5-1 мг/кг	Кістки, зуби, волосся, нігті	Бере участь в процесах утворення кісток, формування емалі зубів і дентину
Cl	8-10 ⁻² % Добова потреба - 4-6 г	Плазма крові, лімфа	Бере участь у регулюванні водно-сольового обміну; Сприяє відкладанню глікогену; Стимулює дію ферменту амілази,

			Входить до складу НСІ шлункового соку (0,5-0,9%)
Br	10 ⁻⁴ % Добова потреба - 0,8 мг	Нирки, гіпофіз, щитоподібна залоза	Посилює процеси гальмування в нейронах кори головного мозку
I	10 ⁻⁴ % Добова потреба - 0,2 мг/кг	Щитоподібна залоза, м'язи, шкіра, кістки	Бере участь у синтезі гормонів щитоподібної залози; водно-електролітному обміні; підвищує активність статевих гормонів

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА І ВЛАСТИВОСТІ d-ЕЛЕМЕНТІВ

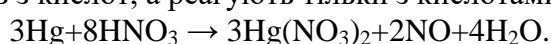
d-Елементами називають вид атомів, в яких відбувається заповнення d-підрівня передостаннього (n-1) енергетичного рівня. Валентну електронну конфігурацію d-елементів можна зобразити у вигляді формули (n-1)d¹⁻¹⁰ns¹⁻², де n - номер періоду в якому стоїть елемент. Валентними для d-елементів є s-електрони і s-орбіталі зовнішнього рівня та d-електрони й d-орбіталі передзовнішнього рівня. У кожного 4-го (Cr, Mo) і 9-го (Cu, Ag, Au) елемента є „провал||”: з s-підрівня n-го рівня на (n-1) d-підрівень, що пояснюється тим, що повністю або наполовину заповнені підрівні мають підвищену енергетичну стійкість.

У періодичній системі d-елементи утворюють «декади» великих періодів. Їх називають перехідними металами.

Невелика кількість електронів на зовнішньому рівні визначає металічні властивості простих речовин d-елементів. Ці елементи практично не проявляють негативних ступеней окиснення.

Радіуси атомів d-елементів зі зростанням заряду ядра по періодах зменшуються незначно тому, що на зовнішньому шарі у них завжди 1-2 електрони, а заповнення електронами відбувається передзовнішнього шару. У підгрупах радіуси при переході від IV до V періоду збільшуються, а при переході від V до VI періоду - не змінюються внаслідок «лантаноїдного стиснення».

Енергія йонізації по періодах і в підгрупах зростає, що призводить до зменшення хімічної активності простих речовин, зростає ступінь «благородства» металів (Cu → Ag → Au), (Fe → Ru → Os, Co → Rh → Zr, Ni → Pd → Pt). Тому багато з цих d-елементів не витісняють водень з кислот, а реагують тільки з кислотами окисниками:



Температура плавлення і кипіння, густина, пластичність, електропровідність d-елементів у групах збільшується, твердість зменшується.

Здатність d-елементів утворювати хімічний зв'язок d-електронами і d-орбіталами зумовлює: а) забарвленість їх сполук; б) різноманітність ступеней окиснення; в) високу здатність до комплексоутворення, що пояснює їх біологічну роль.

Максимальний ступінь окиснення дорівнює номеру групи. Виключення складають Fe, Co, Ni та ін. Ступені окиснення по періоду спочатку зростають, а потім, коли починається спарювання d-електронів - спадають. Наприклад, для d-елементів IV періоду максимальний ступінь окиснення зростає до Mn, співпадаючи з номером групи, а від Феруму - спадає.

Зі зміною ступінь окиснення d-елементів змінюються кислотно-основні і окисно-відновні властивості їх сполук. Сполуки з мінімальним ступенем окиснення проявляють тільки основні й відновні властивості, з максимальним - кислотні й окиснювальні, з проміжним - амфотерні.

Наприклад, для сполук **Mn**:

Ступінь окиснення	+2	+3	+4	+6	+7
Оксиди	MnO	Mn ₂ O ₃	MnO ₂	MnO ₃	Mn ₂ O ₇
Гідрати	Mn(OH) ₂	Mn(OH) ₃	Mn(OH) ₄ , H ₂ MnO ₃ *	H ₂ MnO ₄	HMnO ₄
Властивості	Основні	Амфотерні	Кислотні	Відновні	Окисні

*- кислота не існує, але відомі її солі

Основи d-елементів є слабкими, солі утворені ними з сильними кислотами, в розчині гідролізують, створюючи кисле середовище.

Гідратні сполуки d-елементів у вищих ступенях окиснення – сильні кислоти (HMnO_4 , HTeO_4 , HReO_4).

d-Елементи є хорошими комплексоутворювачами. У розчинах вони не утворюють простих йонів, а тільки комплексні катіони або аніони.

Зі збільшенням порядкового номеру вздовж періоду спостерігається, в цілому, збільшення здатності до комплексоутворення, що пояснюється зменшенням радіусів і збільшенням їх поляризуючої дії. У підгрупах d-елементів зі збільшенням порядкового номера величина координаційного числа збільшується.

Для d-елементів IV періоду найхарактернішими є к.ч. 6 і 4. Якщо елемент проявляє декілька ступеней окиснення, то низьким ступеням окиснення відповідають катіонні (аква- і аміно-) комплекси, вищим - аніонні (ацидо-) комплекси.

d-Елементи входять до складу тканин організму як мікроелементи. У клітинах вони існують у вигляді комплексів з білками.

Властивості d-елементів

Кислото-основні властивості

Виявляються по відношенню їх оксидів, гідратних сполук оксидів та солей до кислот, лугів, індикаторів і води (гідроліз).

А) Взаємодія з кислотами, лугами (на прикладі сполук хрому):

Оксиди	Гідроксиди	Властивості сполук
CrO	Cr(OH)_2	Основні: $\text{Cr(OH)}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow [\text{Cr(H}_2\text{O)}]\text{Cl}_2$
Cr_2O_3	Cr(OH)_3	Амфотерні: $\text{Zn(OH)}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Zn(OH)}_2 + 2\text{KOH(p-n)} \rightarrow \text{K}_2[\text{Zn(OH)}_4]$
CrO_3	H_2CrO_4	Кислотні: $\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$

Б) Реакції гідролізу. Розчинні у воді солі d-елементів підлягають гідролізу за катіоном:

$$\text{Fe}^{2+} + \text{HOH} \leftrightarrow \text{FeOH}^+ + \text{H}^+$$

$$\text{Zn}^{2+} + \text{HOH} \leftrightarrow \text{ZnOH}^+ + \text{H}^+$$

Внаслідок гідролізу утворюються основні солі й кислота, яка й надає розчину кислотної реакції ($\text{pH} < 7$).

*Окисно-відновні
властивості*

Перехідні елементи мають незавершену d-електронну оболонку і тому ступінь окиснення їх у сполуках є змінним, що й визначає окисно-відновні властивості:

➤ Катіони металів з найменшими значеннями ступеней окиснення виступають відновниками. Катіони металів з найбільшим значенням ступеня окиснення виступають окисниками.

Наприклад для сполук хрому:

Оксиди	Гідроксиди	Властивості сполук
CrO	Cr(OH) ₂	Відновні: $4\text{Cr(OH)}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Cr(OH)}_3$

CrO ₃	H ₂ CrO ₄	Спільні окиснювачі: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$
------------------	---------------------------------	--

Елемент у складі катіона чи аніона з проміжним ступенем окиснення виявляє двоякі функції – окисника або відновника.

d-елементи з вищими значеннями ступеней окиснення існують переважно у формі аніонів, а з нижчим – у формі катіонів: CrO₄²⁻ і Cr³⁺, MnO₄⁴⁻ і Mn²⁺.

ОВР відбуваються у напрямку утворення слабкіших окисників і відновників. Із кількох можливих реакцій у першу чергу відбувається та, що характеризується найбільшою різницею стандартних ОВП окисника і відновника, тобто має найбільшу величину ЕРС.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення поняттям «біогенні елементи», «есенціальні елементи», «критерії біогенності», «біогенна міграція», «біогеохімічна провінція», «ендемична територія».
2. Класифікація біогенних елементів за кількісним вмістом та роллю. Наведіть приклади до кожної групи елементів.
3. Назвіть фізико-хімічні параметри, які відіграють значну роль у розподілі біогенних елементів у живих організмах. Проаналізуйте зміни цих характеристик у періодичній системі.
4. Наведіть приклади сполук s-, p- і d-елементів, що застосовують у медицині як лікарські засоби.
5. Біологічна роль, локалізація в організмі людини, добова потреба s- і p-елементів.
6. Чому d-елементи називають «металами життя»?
7. За таблицею Д. І. Менделєєва прочитайте електронні конфігурації елементів № 24, 26, 29.
8. Дайте загальну характеристику d-елементів.
9. Наведіть формули сполук оксидів та гідроксидів Феруму. Охарактеризуйте їх властивості.
10. Наведіть приклади сполук d-елементів, що застосовують у медицині.