

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Є. Я. Левітін, І. О. Ведерникова,
А. О. Коваль, О. С. Криськів

БІОАКТИВНІСТЬ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Навчальний посібник
для аудиторної та самостійної роботи студентів

За редакцією проф. Є. Я. Левітіна

Харків
НФаУ
2017

УДК 615.015.11:615.916:546

Б 63

*Рекомендовано ЦМР Національного фармацевтичного університету
(протокол № 2 від 15.11.2016 р.)*

Рецензенти: *Л. О. Перехода*, доктор фарм. наук, професор, завідувач кафедри медичної хімії Національного фармацевтичного університету;

С. В. Баюрка, доктор фарм. наук, доцент, завідувач кафедри лікарської та аналітичної токсикології Національного фармацевтичного університету

Левітін Є. Я., Ведерникова І. О., Коваль А. О., Криськів О. С.

Б 63 Біоактивність неорганічних сполук: навч. посібн. для аудит. та самост. роботи студентів / за ред. проф. Є. Я. Левітіна. – Х. : НФаУ, 2017. – 83 с.

У навчальному посібнику наведено відомості про вміст в організмі, біологічну роль, основні джерела надходження, токсичну дію та використання у фармації та медицині деяких хімічних елементів та їх сполук. Матеріал подано згідно робочої програми з вибіркової дисципліни «Біоактивність неорганічних сполук» (Харків, НФаУ, 2016) для студентів фармацевтичних вузів та факультетів.

Навчальний посібник призначений для аудиторної та самостійної роботи студентів першого курсу спеціальності «Фармація» при вивченні вибіркової дисципліни «Біоактивність неорганічних сполук» і може бути корисний усім, хто цікавиться даною тематикою.

УДК 615.015.11:615.916:546

© Левітін Є. Я., Ведерникова І. О.,
Коваль А. О., Криськів О. С., 2017
© НФаУ, 2017

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
I. РОЛЬ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ	8
Історія відкриття есенціальних (життєво необхідних) хімічних елементів	8
Метаболізм біоелементів в організмі людини	11
Абсорбція біоелементів.....	11
Секреція біоелементів	12
Екскреція біоелементів.....	12
Сучасні методи визначення хімічних елементів у біосубстратах людини	13
II. ОРГАНОГЕННІ, МАКРО- ТА МІКРОЕЛЕМЕНТИ.....	17
Біоелементи – органогеми.....	17
Елемент – ОКСИГЕН, прості речовини – КИСЕНЬ O ₂ , ОЗОН O ₃	17
КАРБОН.....	19
ГІДРОГЕН.....	21
НІТРОГЕН	23
Біоелементи – макроелементи	25
КАЛЬЦІЙ.....	25
ФОСФОР.....	27
СУЛЬФУР.....	29
КАЛІЙ.....	32
НАТРІЙ.....	34
ХЛОР.....	36
МАГНІЙ.....	38
Біоелементи – життєво необхідні мікроелементи	40
ФЕРУМ	40
ЦИНК	42
КУПРУМ.....	44
МАНГАН	46
МОЛІБДЕН.....	47
КОБАЛЬТ	48
ХРОМ	49
СЕЛЕН.....	51
ЙОД.....	53
Умовно життєво необхідні мікроелементи.....	55
ФЛУОР	55
БОР	56
СИЛІЦІЙ.....	57
НІКОЛ	58
ВАНАДІЙ	59
БРОМ.....	60
АРСЕН.....	61
ЛІТІЙ.....	62

III. ТОКСИЧНА ДІЯ МЕТАЛІВ ТА ЇХ СПОЛУК	63
Потенційно токсичні мікроелементи	63
РУБІДІЙ	63
ЦИРКОНІЙ	64
СТАНУМ	65
АРГЕНТУМ	66
АУРУМ	67
ВОЛЬФРАМ	68
ГЕРМАНІЙ	69
ГАЛІЙ	70
СТРОНЦІЙ	71
ТИТАН	72
Токсичні мікроелементи	73
АЛЮМІНІЙ	73
ПЛЮМБУМ	74
БАРІЙ	75
БІСМУТ	76
КАДМІЙ	77
МЕРКУРІЙ	78
ТАЛІЙ	79
БЕРИЛІЙ	80
СТИБІЙ	81
Рекомендована література	82

ВСТУП

Біоактивність неорганічних сполук – вибіркова природнича дисципліна у системі вищої фармацевтичної освіти, знання якої необхідні для плідної, творчої діяльності фахівців у галузі фармації. Вона розвиває діалектичний спосіб мислення, розширює й поглиблює наукові знання про біологічні властивості хімічних елементів та їх неорганічних сполук, а також визначає шляхи вирішення прикладних задач у галузі фармації.

Знання дисципліни «Біоактивність неорганічних сполук» дають можливість майбутнім фахівцям оволодіти сучасними уявленнями про біологічну активність та механізми взаємодії неорганічних речовин, що використовуються в медичній і фармацевтичній практиці, а також з біотрансформацією молекул в організмі людини.

Предметом вивчення є

- ✓ закономірності між хімічним складом, будовою речовин та їх медико-біологічними властивостями;
- ✓ взаємозв'язок хімічних процесів та явищ, що їх супроводжують у живих системах;
- ✓ встановлення можливості перебігу та напрямку хімічних процесів у біологічних об'єктах;
- ✓ визначення функції речовин у протолітичних та редокс-процесах біологічних систем;
- ✓ зв'язок «структура-дія» неорганічних речовин та їх використання у медицині та фармації.

Метою викладання є формування наукового світогляду здобувачів вищої освіти, розвиток у них сучасних форм теоретичного мислення та здатності аналізувати явища, формування умінь і навичок для застосування хімічних законів і процесів у майбутній практичній діяльності, вивчення ролі хімічних елементів у фізіологічних процесах живих організмів; формування вихідного рівня знань студентів, необхідного для успішного вивчення спеціальних дисциплін і здійснення завдань професійної діяльності, грамотне використання хімічних речовин та матеріалів у фармацевтичній галузі.

Основними **завданнями** є ознайомлення студентів з:

- ✓ класифікацією хімічних елементів за будовою та їх вмістом та біологічною роллю в організмі людини;
- ✓ сучасними даними про роль елементів та їх неорганічних сполук у біохімічних процесах;
- ✓ застосуванням фізіологічно активних речовин на основі неорганічних, координаційних і металоорганічних сполук у медицині як лікарських препаратів, біоматеріалів, біозондів, радіофармацевтичних препаратів;
- ✓ механізмами токсичності екзогенних сполук металів – ксенобіотиків, створення підходів до детоксикації і пошук детоксикуючих агентів для вирішення конкретних задач у галузі фармації, відповідно до вимог сучасності.

Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Обсяг у годинах					
	денна форма			заочна форма		
	усього	у тому числі		усього	у тому числі	
		сем.	с.р.		сем.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Вступ. Органогенні, макро- та мікроелементи						
Тема 1. Роль хімічних елементів у життєдіяльності людини	11	4	7	11	1	10
Тема 2. Біоелементи – органогени. Оксиген. Карбон. Гідроген. Нітроген.	11	4	7	12	2	10
Тема 3. Біоелементи – макроелементи. Кальцій. Фосфор. Сульфур. Калій. Натрій. Хлор. Магній.	12	6	7	11	2	9
Тема 4. Біоелементи – життєво необхідні мікроелементи. Ферум. Цинк. Купрум. Манган. Молібден. Кобальт. Хром. Селен. Йод.	11	4	7	11	2	9
Тема 5. Умовно життєво необхідні мікроелементи. Флуор. Бор. Силіцій. Нікол. Ванадій. Бром. Арсен. Літій.	11	4	7	11	1	10
Разом за змістовим модулем 1	57	22	35	56	8	48
Змістовий модуль 2. Токсична дія металів та їх сполук						
Тема 6. Потенційно токсичні мікроелементи. Рубідій. Цирконій. Станум. Аргентум. Аурум. Вольфрам. Германий. Галій. Стронцій. Титан	11	4	7	11	2	9
Тема 7. Токсичні мікроелементи. Алюміній. Плюмбум. Барій. Бісмут. Кадмій. Меркурій. Талій. Берилій. Стибій.	11	4	7	11	2	9
Разом за змістовим модулем 2	22	8	14	22	4	18
Підсумковий модульний контроль	11	4	7	12	2	10
Усього годин	90	34	56	90	14	76

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач освіти повинен *знати*:

- життєво необхідні елементи, електронні конфігурації їх атомів згідно їх положення у періодичній системі;
- фізичні властивості біогенних елементів: розмір атомів та іонів, здатність утворювати певні форми речовин та комплексні сполуки;
- особливості електронної конфігурації та положення у періодичній системі біогенних елементів;
- типи взаємодії металів з білками, нуклеїновими кислотами, вуглеводами, ліпідами та іншими природними сполуками;
- найважливіші лікарські препарати неорганічної природи, які застосовують у медичній практиці;
- токсичність екзогенних сполук і способи їхньої детоксикації.

вміти:

- класифікувати елементи за їх вмістом у організмі: макроелементи, мікроелементи, ультрамікроелементи;
- трактувати загальні закономірності, що лежать в основі застосування неорганічних речовин у фармації та медицині;
- застосовувати теоретичні основи та набуті експериментальні навички загальної та неорганічної хімії при вивченні профільних дисциплін;
- пояснювати зв'язок токсичності елементів та їх сполук з їх електронною будовою.

володіти:

- навичками хімічного мислення;
- методами використання основних понять та законів хімії, результатів самостійного пошуку, аналізу та синтезу інформації з різних інформаційних джерел для вирішення прикладних задач;
- технологіями самостійної діяльності та самоконтролю, узагальнювання та систематизації інформації, яку отримано в результаті наукових досліджень, для рішення типових завдань професійної діяльності.

Завдання для самостійної роботи

1. Для підготовки до семінарських занять студент користуючись основними та додатковими джерелами інформації та інтернет-ресурсами, має вивчити теорію з відповідної теми.
2. Бути готовим до представлення наукової доповіді у формі мультимедійної презентації щодо трактування біологічної ролі елементів та їх сполук у живих системах, їх медико біологічні властивості та використання у медицині і фармації за схемою:
 - ✓ характеристика елемента згідно існуючих класифікацій і згідно його положення у Періодичній системі Д.І. Менделєєва (ПС);
 - ✓ розчинність природних сполук та його здатність до комплексоутворення;
 - ✓ топографія елемента в організмі, вміст та потреба;
 - ✓ біологічна роль елемента в організмі (участь в обміні речовин; у синтезі вітамінів, ферментів, гормонів; порушення біохімічних процесів при нестачі або надлишку елемента; схильність до синергізму або антагонізму);
 - ✓ лікарські препарати та косметичні засоби, до складу яких входить елемент;
 - ✓ продукти харчування, які використовують для лікувальних дієт при нестачі елемента в організмі.

Схема нарахування та розподіл балів

Поточне тестування та самостійна робота					Підсумковий контроль		За курс	
змістовий модуль 1					змістовий модуль 2		40	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
30					30			

I. РОЛЬ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ

Історія відкриття есенціальних (життєво необхідних) хімічних елементів

Застосування мінералів і металів з лікувальною метою було відомо ще з часів найдавніших цивілізацій Китаю, Індії та Месопотамії. Новий імпульс застосування солей, як ліків, відзначений у часи Парацельса (XV ст.). Аж до початку XX ст. метали та їх сполуки широко використовували у медицині. Значний вплив на розвиток вчення про мікроелементи надало створення у 1869 Д. І. Менделєєвим Періодичної системи елементів.

Володимир Іванович Вернадський (1863–1945) – великий український натураліст і філософ, перший президент Всеукраїнської Академії Наук, отримав блискучу освіту в Петербурзькому університеті, коли там викладали великі вчені Д. І. Менделєєв, О. М. Бекетов, М. П. Вагнер, творчо розвинувши ідеї своїх попередників, запропонував принципово новий підхід до явищ життя. Він науково обґрунтував вчення про хімічні елементи, довів тісний взаємозв'язок між хімічним складом земної кори, Світового океану та живого організму. Вчений вважав, що живі організми і земна кора утворюють єдину систему, причому живі організми беруть участь у геохімічних процесах розподілу хімічних елементів у земній корі. Зв'язок живого з неживим виявляється, насамперед, схожістю елементного складу. Речовини живої та неживої природи складаються з одних і тих же хімічних елементів, між ними діють однакові сили хімічної взаємодії. Під час дослідження переміщення елементів В. І. Вернадський виявив, що їх міграція, розсіювання і концентрація залежать від атомної маси, атомних та іонних радіусів, а також здатності елементів до утворення хімічних сполук.

Розвиваючи ідеї В. І. Вернадського, російський геохімік О. П. Виноградов усі хімічні елементи, які беруть участь у біологічних процесах живих організмів, назвав **біогенними елементами**. Він відкрив загальний закон розподілу хімічних елементів: кількісний склад хімічних елементів у живій речовині (жива речовина – сукупність усіх живих організмів) обернено пропорційний їх порядковим номерам у ПС елементів, тобто кількісний хімічний склад живої речовини є періодичною функцією порядкового номера елемента.

Вітчизняними та закордонними науковцями було відкрито роль окремих елементів у життєдіяльності органів та систем організму, виявлені залежності розвитку різних патологій при надлишку та недостатності тих чи інших елементів. Пізніше було відкрито ефект взаємодії між різними елементами – їх антагонізм та синергізм. Паралельно розвивалося вчення про токсичність та есенціальність макро- та мікроелементів, визначення необхідної добової потреби та норм вмісту елементів в індикаторних середовищах. Накопичення знань про елементи та хвороби, що асоційовані з їх надлишковим надходженням чи недостатністю, привело до виникнення поняття «мікроелементози».

На перехресті неорганічної і біологічної хімії народилася нова суміжна галузь – **біонеорганічна хімія**. Впродовж короткого часу біонеорганічна хімія перетворилась у самостійну науку, що швидко розвивається. Об'єктами її досліджень є біокомплекси (біокоординаційні сполуки), які беруть участь у багатьох біологічних процесах. Біонеорганічна хімія розвивається за такими напрямками: дослідження біологічно-активних речовин як переносників кисню та іонів (іонофори); антитоксинів і міграції токсичних металів у природі; вивчення структури і механізму дії

металоферментів; відтворення найважливіших біохімічних процесів (біохімічне моделювання біологічних структур).

Основні відомості про макро- та мікроелемент

Із 118 хімічних елементів ПС, 81 елемент було виявлено в організмі людини. Із усіх елементів 11 (O, N, H, S, Ca, Mg, K, Na, Cl, P, C) становлять 99,5 % маси організму. Внесок усіх інших елементів є меншим за 0,5 %. Хімічний склад живих клітин більш ніж на 90 % представлений усього 4 елементами – C, H, O, N. Ще більше, 9 % маси тіла, представлено елементами, які перебувають у достатній кількості у воді первинного океану, де зародилося життя: Na, K, Ca, Mg, S, Cl, P. Метали цієї групи слабо зв'язуються з негативно зарядженими лігандами та існують у вигляді катіонів, що відносно легко проникають через клітинні мембрани. Їх клітини використовують для створення електричних біопотенціалів і біострумів, а також як тригери, що опосередковують передачу сигналів.

Відомо, що обмінні процеси на клітинному і субклітинному рівнях забезпечуються функціонуванням біля 2000 ферментів, кожен з яких каталізує відповідну хімічну реакцію. У свою чергу, каталітична активність ферментів забезпечується коферментами небілкового походження – органічними сполуками або неорганічними елементами (іонами металів – макро- і мікроелементами). Таким чином, мікроелементи є найважливішими каталізаторами обмінних процесів і відіграють важливу роль в адаптації організму в нормі та патології. Незважаючи на те, що мінеральні речовини не мають енергетичної цінності, як білки, жири і вуглеводи, багато ферментативних процесів в організмі неможливі без участі тих або інших елементів.

Природний відбір елементів зумовлений такими чинниками:

- ✓ здатністю до утворення міцних (енергоємних) зв'язків;
- ✓ здатністю до утворення ланцюгів;
- ✓ лабільністю зв'язків;
- ✓ утворенням сполук, які легко розчиняються у воді, що сприяє їх концентруванню в організмі;
- ✓ здатністю до утворення стійких координаційних сполук із біологічними молекулами.

У живому організмі біогенні елементи розподіляються нерівномірно. Мідь концентрується в печінці; цинк – у підшлунковій залозі; йод – у щитовидній залозі; фтор – у зубній емалі; алюміній, миш'як – у волоссі й нігтях; кадмій, ртуть, марганець – у нирках; стронцій – у передміхуровій залозі; барій – у сітківці ока.

На сьогодні є різні **класифікації хімічних елементів**, що знаходяться в організмі людини.

За **кількісним складом** вмісту в біологічному середовищі хімічні елементи розподіляють на 3 групи (табл. 1). Але така класифікація **не вказує на роль і значення в організмі** того чи іншого елемента.

Вміст макроелементів в організмі достатньо сталий, навіть відносно великі відхилення від норми сумісні з життєдіяльністю організму. Для мікроелементів незначне відхилення їх вмісту від норми викликає тяжкі захворювання: Аналіз на вміст окремих мікроелементів в органах і тканинах - чутливий діагностичний тест, що дозволяє прогнозувати та лікувати різні захворювання: зниження Zn у плазмі

крові – слідство інфаркта міокарда; зниження Li у крові – показник гіпертонії; збільшення Cu у спинномозговій рідині - свідчить про захворювання центральної нервової системи.

Макроелементи – хімічні елементи, що містяться в тілі живих організмів у концентрації від 0,001 % до 70 %. До макроелементів відносяться: кисень, водень, вуглець, азот, фосфор, калій, кальцій, сульфур, магній, натрій, хлор, ферум та ін.

Таблиця 1. Середній вміст мінеральних елементів в організмі

Концентрація у % до маси тіла	Елементи	Група
1–9 0,1–0,9 0,01–0,09	Ca P, K, Na, S, Cl Mg	Макроелементи
0,001–0,009 0,0001–0,0009 0,00001–0,00009	Fe, Zn, F, Sr, Mo, Cu Br, Si, Cs, I, Mn, Al, Pb, Cd, B, Rb	Мікроелементи
0,000001– 0,000009	Se, Co, V, Cr, As, Ni, Li, Ba, Ti, Ag, Sn, Be, Ga, Ge, Hg, Sc, Zr, Bi, Sb, U, Th, Rh	Ультрамикроелементи

Саме розлади метаболізму мікроелементів відповідальні за багато порушень, які є або універсальними (ферумдефіцитна анемія чи карієс зубів), або вкрай важкими (наприклад, мікседема, ексфолюативний акродерматит, селензалежна міокардіодистрофія). У вченні про мікроелементи особливо виразно видно справедливість слів Парацельса про те, що немає токсичних речовин, а є токсичні дози.

А. П. Виноградов запропонував класифікацію, згідно з якою біологічна роль елементів визначається *електронною будовою їх атомів*, отже, залежить від положення в ПС елементів Д. І. Менделєєва. Виходячи з електронної будови атомів, до біогенних належать елементи *s*-, *p*-, *d*-блоків. Електронна структура атома зумовлює особливості його поведінки в хімічних реакціях, впливає на утворювані ним типи хімічних зв'язків у сполуках.

Більш вдалою є класифікація А. В. Скального, що базується на біологічній ролі елементів (таблиця 2). Випускник Івано-Франківського медичного інституту А. В. Скальний за свої наукові дослідження у галузі особливостей елементного складу організму людини при функціональних станах і захворювань та способів підвищення адаптаційних функцій за допомогою корекції мікроелементного обміну був обраний генеральним директором Інституту мікроелементів ЮНЕСКО (Trace Element – Institute for UNESCO, Ліон, Франція).

Таблиця 2. Класифікація біоелементів

Органогени (96%)	O > C > H > N
Макроелементи (3%)	Ca, P, S, K, Na, Cl, Mg
Життєво необхідні мікроелементи	Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, Co, Cr, Se, I
Умовно життєво необхідні мікроелементи	F, B, Si, Ni, V, Br, As, Li
Потенційно токсичні мікроелементи	Rb, Zr, Sn, Ag, Au, W, Ge, Ga, Sr, Ti
Токсичні мікроелементи	Al, Pb, Ba, Bi, Cd, Hg, Tl, Be, Sb

Метаболізм біоелементів в організмі людини

Метаболізм має три етапи:

1. Абсорбція.
2. Секреція.
3. Екскреція.

Елементи надходять в організм в основному з питною водою і продуктами харчування, при цьому вони проходять складний шлях це:

- взаємодія із вмістом шлунково-кишкового тракту;
- всмоктування через стінку кишковика;
- транспорт і розподіл в організмі (з кров'ю, лімфою, жовчю, внутрішньоклітинною рідиною);
- депонування (печінка, кісткова і хрящова тканини, придатки шкіри – волосся, нігті тощо);
- включення до складу ферментів та інших біологічно активних структур залежно від механізму дії мікроелемента (гормони, вітаміни, компоненти мембрани, органи та ін.);
- виведення з організму (кишечник, нирки, жовч, слина, панкреатичний, шлунковий сік, потові і сальні залози, волосся, злущування відмираючого епітелію, виділення статевих органів).

Абсорбція біоелементів

Основний процес всмоктування макро- і мікроелементів відбувається у верхньому відділі тонкого кишковика, а саме у дванадцятипалій кишці. Регуляція здійснюється за допомогою центральної і вегетативної нервової системи, ендокринної системи. Всмоктуваність мікроелементів корелює з віком і, як правило, наближається до одиниці у дітей. Всмоктуваність знижується із збільшенням атомної маси елемента і його металічних властивостей. Погана всмоктуваність важких металів пояснюється їх здатністю утворювати колоїди і нерозчинні комплексні сполуки. Більшість життєво необхідних елементів практично повністю (H, C, N, O, F, Cl, I, K, Na, P, Mo) або досить добре (Mg, Ca, S, Co, Fe, Cu, Zn, Se) абсорбуються у шлунково-кишковому тракті (ШКТ). Пусковим механізмом асиміляції мікроелементів в ШКТ є зниження їх концентрації у тканинних депо. У просвіті ШКТ мікроелементи піддаються всмоктуванню різними механізмами пасивної дифузії, парацелюлярного і активного транспорту.

Органи дихання – це другий за значущістю шлях надходження мікроелементів в організм.

Можливе надходження мікроелементів в організм і іншими шляхами:

- через шкіру (татування, креми, предмети особистої гігієни, лікувальні грязі, браслети);
- через слизові оболонки (неорганічна ртуть, що міститься в зубному пломбувальному матеріалі).

Будь-який метал, що потрапив в організм тим або іншим шляхом, досить швидко проникає у кров, досягаючи найбільшого рівня вже у перші хвилини або години. При цьому рівень вмісту елемента порівняно вищий при інгаляційному шляху надходження, ніж при ентеральному. З крові іони металів переходять у внутрішні органи досить швидко: через декілька годин – одну добу, а в крові можуть залишатися лише сліди. Проте деякі метали (кобальт, ванадій та ін.) навіть через

добу містяться в крові в помітних кількостях. У той самий час в органах максимум накопичення металів спостерігається після надходження в організм через 1-2 доби. З органів-депо метали повільно (приблизно протягом одного місяця) виділяються з організму переважно через нирки або кишечник.

Мікроелементи нерівномірно розподіляються між тканинами і органами організму. Так, наприклад, більшість мікроелементів у максимальних концентраціях містяться в тканині печінки, у зв'язку з чим печінку розглядають як функціональне депо МЕ в організмі. Кісткова і м'язова тканини хоча і містять у процентному відношенні менші кількості мікроелементів, проте, складаючи основну масу організму, є основними депо для більшості мікроелементів. Окремі мікроелементи виявляють неначе особливу хімічну спорідненість стосовно деяких тканин і містяться в них у великих кількостях. Наприклад, цинк у високих концентраціях виявляють в острівковій частині підшлункової залози, молібден – у нирках, барій – у сітчастій оболонці очей, стронцій – у кістках, йод – у щитовидній залозі, марганець, бром, хром – у гіпофізі і т.д.

Включення металопротеїнів (метал+білок-переносник) тканинами здійснюється за допомогою фіксації їх на специфічних рецепторах мембран, у комплексі з якими вони надходять у клітини, де і руйнуються лізосомальними ферментами, а метал відновлюється і використовується в обміні.

Секреція біоелементів

В організмі людини здійснюється інтенсивний кругообіг деяких мікроелементів між кров'ю і травною системою, завдяки чому відбуваються збагачення і вирівнювання їх ендogenous складу. Зокрема, в порожнину шлунково-кишкового тракту із секретами залоз постійно виділяються відносно великі кількості цинку. Далі цей елемент повторно всмоктується і використовується слизовою оболонкою кишечника й іншими тканинами. Мідь також піддається повторному всмоктуванню в кишечнику. Об'єм тонкокишквопечінкової рециркуляції міді в чотири рази переважає її надходження. Період напівелімінації продовжується близько одного місяця. Такі елементи, як калій, натрій, хлор, йод, також секретуються травними соками у просвіт травного тракту.

Екскреція біоелементів

Одночасно в тонкому кишечнику поряд із процесом поглинання відбувається складний процес виведення МЕ. При ентеральному надходженні металів організм звільняється від них помітно швидше, і максимальні кількості металу залишають його у перші дві доби, а потім процес виділення залишкових кількостей розтягується у часі.

Виділення мікроелементів з організму здійснюється через кишечник, нирки, жовч, слину, панкреатичний та шлунковий сік, потові і сальні залози, волосся, злущування відмираючого епітелію, виділення із статевих органів.

Таким чином, складний механізм надходження, метаболізму і виведення з організму мікроелементів дає можливість розвитку патологічних станів при порушенні будь-якої ланки їх обміну. Тому аналіз макро- та мікроелементного гомеостазу неможливий без детального вивчення усіх складових їх обміну.

Сучасні методи визначення хімічних елементів у біосубстратах людини

Оцінка елементного статусу людини є основним питанням визначення впливу на здоров'я людини дефіциту, надлишку або порушення тканинного перерозподілу макро- і мікроелементів. Ця оцінка здійснюється або шляхом прямого визначення вмісту хімічних елементів в органах і тканинах людини, або опосередковано – шляхом вивчення різних біохімічних реакцій і процесів, у які залучені ці елементи. Головним завданням завжди є вибір найбільш придатних для цілей дослідження біосубстратів (кров, сеча, волосся) і методів аналізу.

Атомно-абсорбційна спектрометрія (ААС)

Цей метод дозволяє визначити близько 70 індивідуальних елементів з допомогою атомізації проби в полум'я, графітової кювети або з використанням спеціальної техніки

Переваги даного методу: надзвичайно висока специфічність при визначенні елементів, що дозволяє використовувати спрощену пробоподготовку, низькі межі виявлення, мала витрата проби.

Недоліки: ААС – одноелементний метод, що має обмежену лінійність області вимірювань (зазвичай 1:10), ефекти матриці та леткість сполук (у графітовій кюветі).

Плазмова атомно-емісійна спектрометрія (ІСП-АЕС)

Багатоелементний метод, придатний для одночасного визначення багатьох елементів для скринінгових біомедичних і екологічних досліджень.

Досягаються межі виявлення елементів в інтервалі (0,1-100 мкг/л).

До переваг цього методу слід віднести: відносно малі матричні ефекти, широкий діапазон вимірювань (1:10000), високу продуктивність (значно вище, ніж при використанні ААС).

Недоліки: ймовірність появи спектральних перешкод, перекривання емісійних ліній деяких елементів.

Плазмова мас-спектрометрія (ІСП-МС)

Багатоелементний метод. В останні роки вважається найбільш перспективним методом для визначення мікро - і ультра-та мікроелементів у біосубстратах. Використовується в науково-дослідних і клінічних лабораторіях.

Переваги даного методу: надзвичайно низькі межі (по більшості елементів нижче 0,01 мкг/л) і висока продуктивність. Відноситься до спеціальних методів дослідження можливості визначення ізотопів елементів. Дозволяє проводити дослідження з штучно збагаченими стійкими ізотопами та аналіз методом ізотопного розбавлення.

До недоліків відносяться: висока вартість обладнання, підвищені вимоги до обслуговуючого персоналу. Надзвичайно низькі межі виявлення повинні поєднуватися з відповідними високими трудовитратами щоб уникнути забруднення проб.

Іонна хроматографія

Відносно новий метод. При сприятливих умовах межі виявлення досягають 1 мкг/л.

Переваги: спільне визначення присутніх елементів з однієї проби. Насамперед, це відноситься до лужних і лужноземельних металів у водних розчинах.

Недоліки методу: повна мінералізація проби, малий наявний практичний досвід застосування.

Полярнографічний метод (інверсійна амперометрія)

Метод визначення невеликого числа окремих або спільно присутніх елементів, в першу чергу для водних розчинів.

Переваги даного методу: незначні витрати на обладнання.

Недоліки: повна мінералізація проби, велика ймовірність внесення забруднень за рахунок реагентів або втрат, даний метод вимагає великої кількості проби.

Нейтронно-активаційний аналіз (НАА)

Багатоелементний метод. Застосовується головним чином у наукових дослідженнях. Використовується при підтвердженні результатів інших, більш продуктивних методів, наприклад, для атестації стандартних зразків і в арбітражному аналізі.

До переваг належать: проста пробопідготовка, мала витрата проби, висока селективність. Межі виявлення відомих елементів досягають 0,001–1 нг/г, має варіанти не руйнуючого контролю.

Недоліки: дороге устаткування і витратні матеріали, значні тимчасові витрати. Час від аналізу до отримання результатів дослідження по окремим елементам може досягати 6 місяців.

Полум'яна фотометрія

Атомно-емісійний спектрометричний метод використовується для рутинного визначення деяких елементів в пробах добре відомих об'єктів, таких як плазма крові або сеча. Застосовується в клінічних лабораторіях.

До переваг цього методу слід віднести: помірні вимоги до обслуговування, висока продуктивність.

Недоліки: обмежено придатний для деяких елементів, має невисоку чутливість (1–100 мг/л).

Спектрофотометричний метод

Вимірювання молекулярного поглинання пофарбованими комплексними сполуками досліджуваних елементів з відповідними реагентами, наприклад, з дитизоном.

Переваги методу: малі витрати на обладнання.

Недоліки: повна мінералізація проби, велика ймовірність внесення забруднень (проба, посуд, реагенти), що вимагає великої кількості проби і тимчасових витрат.

Рентгено-флуоресцентна спектрометрія (РФА)

Багатоелементний метод визначення основних компонентів. Використовують два типи приладів: з дисперсією за довжинами хвиль та енергій. Застосування цього методу в медицині обмежене.

До переваг відносяться: висока продуктивність за рахунок відносно простої пробопідготовки. Прилади з дисперсією по енергіям дозволяють швидко виконати якісний і кількісний оглядовий аналіз.

Недоліки: кількісне визначення містяться в пробі елементів обмежена за рахунок одночасного посилення і ослаблення рентгенофлуоресцентного випромінювання.

Спеціальні харчові продукти – дієтичні добавки (БАДи) є композиціями натуральних чи ідентичних до натуральних біологічно активних речовин, призна-

чених для безпосереднього вживання з їжею, введення до складу харчових продуктів з метою збагачення раціону окремими харчовими чи біологічно активними речовинами та їх комплексами. Для спрощення БАДи іноді називають “харчовими добавками”, що абсолютно неприпустимо, оскільки цей термін призначений для визначення зовсім іншого типу продуктів, а саме харчових барвників, консервантів, смакових і ароматичних добавок тощо. БАДи – термін, який використовують для визначення речовин, що за своїми властивостями близькі до лікарських засобів, але такими формально не є, оскільки умови реєстрації БАД і ліків істотно різняться. Нерідко фірма реєструє свій продукт в одній країні як лікарський засіб, а в іншій – як БАД.

Виходячи з того, що об’єднувальними для всіх БАД є їх лікувально-профілактичні властивості та відносна простота реєстрації, доцільним вважають розподіл БАДів на вітамінно-мінеральні комплекси, парафармацевтики і нутрицевтики.

Вітамінно-мінеральні комплекси призначені для заповнення дефіциту різних мікрокомпонентів нашого раціону.

Парафармацевтики за своїм зовнішнім виглядом і дією близькі до лікарських засобів – це таблетки, капсули тощо. Зазвичай основою парафармацевтиків є природні речовини рослинного походження, що мають фармакологічну активність. Такі речовини за своїми властивостями дуже близькі до ліків. Парафармацевтики – БАДи до їжі застосовують для профілактики, допоміжної терапії та підтримання у фізіологічних межах функціональної активності органів і систем.

Нутрицевтиками називають продукти харчування, збагачені корисними добавками, призначеними для оптимізації раціону та оздоровлення. Нутрицевтики можуть виявитися досить перспективним засобом профілактики найпоширеніших захворювань. Психологічно такі БАД легше сприймають ті, хто відмовляється від таблеток, не вважає себе хворим, але готовий споживати “здорову їжу”. Нутрицевтики – БАДи до їжі, які застосовують для корекції хімічного складу продуктів харчування людини (додаткові джерела нутрієнтів: білка, амінокислот, жирів, вуглеводів, вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон).

Клінічна ефективність нутрицевтиків і парафармацевтиків різна. Це зумовлено тим, що нутрицевтики заповнюють дефіцит певних макро- та мікронутрієнтів в організмі людини – білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, мікроелементів – і швидше є засобами профілактики. Парафармацевтики ж завдяки вмісту міnorних компонентів їжі – біофлавоноїдів, сапонінів, глікозидів, терпеноїдів та багатьох інших – мають виражену фармакологічну активність.

Багато суперечок викликає офіційне уявлення про те, що БАДи не можливо використовувати для лікування. Аргументи проти лікувальних БАД здаються досить розумними: якщо засіб має терапевтичну ефективність, його слід зареєструвати як лікарський засіб і поширювати через аптечну мережу. Проте, наприклад, атеросклероз розвивається роками, тому і лікування може тривати дуже довго. Тривале застосування можливе тільки в тому разі, якщо засіб не має негативних побічних ефектів і не може завдати істотної шкоди. У цьому контексті БАДи придатні для тривалого застосування, оскільки основна їх властивість, на яку звертається увага при реєстрації, – це нешкідливість

Дані досліджень структури харчування сучасної людини свідчать про значне поширення недостатнього споживання незамінних компонентів їжі. Цей факт зумовлений об'єктивними закономірностями, що мають визначальний вплив на структуру харчового раціону в усіх економічно розвинутих країнах:

- відхилення фактичного харчування від рекомендованих норм споживання унаслідок місцевих, кліматичних, національних і соціальних особливостей;
- різке зниження енергозатрат організму основної маси населення внаслідок широкого використання досягнень науково-технічного прогресу в повсякденному житті, що призводить до обмеження споживання їжі як джерела енергії і, відповідно, до зниження споживання незамінних компонентів⁴
- застосування сучасних технологій вирощування, транспортування, переробки, розподілу та приготування їжі також призводить до втрати її незамінних компонентів;
- вплив несприятливих чинників зовнішнього середовища, які сприяють зростанню потреби у незамінних компонентах їжі.

Таким чином, оптимізація раціону сучасної людини не може бути досягнута простим збільшенням споживання натуральних продуктів харчування, а потребує нових підходів і рішень. Одним із таких підходів є біологічно активні добавки до їжі у вигляді полівітамінних форм, вітамінно-мінеральних сумішей і рослинних комплексів – джерел природних біологічно активних речовин.

Вживання з їжею єдиної мінеральної добавки чи єдиного вітаміну (наприклад, аскорбінової кислоти, що впливає на засвоєння мінеральних речовин) може зумовити більший дисбаланс, ніж застосування багатокomпонентних мінерально-вітамінних сумішей.

Створення нових БАД – поєднаний і комплементарний набір екзогенних біологічно активних речовин, що адекватно впливає на метаболічні системи організму в умовах реального харчового та екологічного статусу, – є перспективним.

Саме БАДи – це той необхідний засіб, який дає змогу:

- ефективно скоригувати раціон необхідною кількістю вітамінів, макро- та мікроелементів, не перевантажуючи його при цьому зайвими калоріями;
- максимально індивідуалізувати харчування конкретної людини залежно від її потреб;
- допоміжні засоби при профілактиці, а також у комплексному лікуванні таких поширених захворювань, як ожиріння, атеросклероз, серцево-судинні, шлунково-кишкові захворювання, злоякісні новоутворення, імунодефіцитні стани, захворювання кістково-суглобової, ендокринної систем, органів зору, хвороби нирок і сечовивідних шляхів.

II. ОРГАНОГЕННІ, МАКРО- ТА МІКРОЕЛЕМЕНТИ

Біоелементи – органогени

Елемент – **ОКСИГЕН**, прості речовини – **КИСЕНЬ O₂**,
ОЗОН O₃.

O	$2s^2 2p^4$	8
16,00	Оксиген	

Загальна характеристика. Елемент VIA групи, 2 періоду ПС (*p*-елемент, халькоген), характерні ступені окиснення: –2; –1 ; 0.

Топографія в організмі, вміст та потреба. Вміст в організмі 62 % за масою (43 кг на 70 кг маси тіла). Майже 28,5 % усієї кількості міститься у кістковій тканині, 16,0 % – у м'язовій тканині, входить до складу води, білків (17,9 %), жирів (22,4 %), вуглеводів (49,38 %), нуклеїнових кислот тощо.

Добова потреба у кисні 300–400 л (280 мл/хв).

Нестача спричиняє асфіксію, гіпоксію (кисневе голодування), смерть від задухи. Якщо рівень кисню в атмосфері нижче 16 %, людина почне задихатися.

Основні причини дефіциту: припинення або зниження надходження кисню у легені; значне зменшення кількості еритроцитів або різке пониження вмісту в них гемоглобіну; порушення здатності гемоглобіну зв'язувати, транспортувати або віддавати тканинам кисень; порушення здатності тканин утилізувати кисень; пригнічення окисно-відновних процесів у тканинах; застійні явища у судинному руслі, унаслідок розладів серцевої діяльності, кровообігу і дихання; ендокринопатії, авітамінозу; гострих отруєнь.

Основні прояви дефіциту: у гострих випадках: втрата свідомості, розлад функцій вищих відділів ЦНС; у хронічних випадках: підвищена стомлюваність, функціональні порушення діяльності ЦНС, серцебиття і задишка при незначному фізичному навантаженні, зниження реактивності імунної системи.

Надлишок спричиняє брадикардію, судинозвужувальний ефект, збільшення опору периферичних судин, уповільнення кровотоку, посилення згортання крові;. При збільшенні вмісту кисню в повітрі до 30–40% відбувається киснева інтоксикація (гіпероксія), що супроводжується гострим оксидозом, ураженням ЦНС, опіком легень, кисневою пневмонією, усі процеси в організмах прискорюються і вони починають швидко старіти.

Токсичність обумовлена в основному дією озону. Токсичну дію O₃ і надлишку кисню пов'язують з появою у тканинах великої кількості радикалів, що виникають унаслідок розриву хімічних зв'язків. У невеликій кількості радикали утворюються і в нормі, як проміжний продукт клітинного метаболізму. При надлишку радикалів ініціюється процес окиснення органічних речовин, збільшується перекисне окиснення ліпідів та їх подальший розпад і утворення оксигеновмісних продуктів (кетони, спирти, кислоти).

Біологічна роль в організмі. Відіграє важливу роль для усіх форм життя: разом з Гідрогеном утворює молекулу води, яка є основним компонентом організму (вміст в організмі дорослої людини в середньому 55–65%), та бере участь у всіх біохімічних процесах організму.

Входить до складу багатьох біомолекул – від найпростіших до складних, взаємодія між якими забезпечує існування життя. Кисень бере участь у тканинному і клітинному диханні, окиснює жири, білки і вуглеводи, які надходять з їжею, знешкоджує токсини.

Кисень підтримує дихання і тому є однією з найважливіших речовин для живих організмів. Завдяки диханню відбуваються реакції окиснення поживних речовин, у результаті чого вивільняється енергія (для м'язової, розумової, метаболічної діяльності тощо) і тепло (для підтримання температури тіла).

Звичайний шлях надходження кисню в організм – через легені, де цей біоелемент проникає в кров, поглинається гемоглобіном і утворює сполуку – оксигемоглобін, а потім з крові надходить у всі органи і тканини. Потрапляє в організм також і у зв'язаному стані – у вигляді води. У тканинах витрачається переважно на окиснення різних речовин, у процесі їх метаболізму. Далі майже весь Оксиген метаболізується до карбон (IV) оксиду CO_2 і води H_2O , і виводиться з організму через легені і нирки. Оксиген у вигляді кисню незамінний, навіть короточасне (декілька хвилин) припинення його надходження може викликати важкі порушення функцій і подальшу смерть.

Використання у фармації та медицині. Використовують для інгаляцій при кисневій нестачі, отруєнні чадним газом CO і ціанідами. З лікувальною метою застосовують дозовану дію кисню на організм під підвищеним тиском (гіпербарична оксигенація), унаслідок чого покращується гемодинаміка і киснєве постачання тканин. Встановлено високу ефективність цього методу в різних галузях. При серцево-судинних захворюваннях для поліпшення обмінних процесів у шлунок вводять «кисневий коктейль», який звичайно виготовляють пропусканням кисню під невеликим тиском у вигляді дрібних бульбашок через білок курячого яйця з додаванням настоїв лікарських рослин, глюкози, вітамінів. Підшкірне введення кисню використовують при трофічних виразках та гангрени. У косметології використання кремів, масок, мезотерапії на його основі поліпшує стан шкіри, підвищує її еластичність та тонус.

Озонування питної води та повітря використовують для їх очищення і знезараження.

Радіоактивний ізотоп Оксигену ^{15}O використовують для досліджень швидкості кровообігу, легеневої вентиляції і обміну кисню в міокарді і головному мозку.

Атоми Оксигену є складовою частиною молекул безлічі лікарських засобів.

У медицині водний розчин гідроген пероксиду H_2O_2 (звичай, 3%) застосовують як антисептичний засіб. При контакті із пошкодженою шкірою чи слизовими оболонками H_2O_2 під впливом каталази розщеплюється з активним виділенням кисню O_2 , що сприяє згортанню крові та створює несприятливі умови для розвитку мікроорганізмів. Показання для застосування H_2O_2 : для зупинки капілярної кровотечі при поверхневому ушкодженні тканин, носові кровотечі, обробка слизової оболонки при стоматитах, пародонтитах, ангінах, гінекологічних захворюваннях, а також при гнійних ранах.

Спиртовий розчин H_2O_2 (1,5%) використовують при гнійному отиті (вушні краплі).

Джерела надходження: повітря (в атмосфері 21% O_2), їжа, вода.

КАРБОН

Загальна характеристика. Елемент IV А групи, 2 періоду ПС (*p*-елемент), характерні ступені окиснення: -4; -2; +2; +4.

C	$2s^2 2p^2$	6
12,00	Карбон	

Топографія в організмі, вміст та потреба. Вміст в організмі людини 21 % за масою (15 кг на 70 кг маси тіла). Майже 36 % усієї кількості міститься у кістковій тканині, 67 % – у м'язовій тканині, входить до складу білків (55%), жирів, вуглеводів, нуклеїнових кислот гормонів, ферментів, вітамінів тощо (у глюкозі 40%, глікогені 44,44%, вітаміні Е 80,93%, вітаміні D 92,09%). Гормон адреналін на 59% складається з цього елемента. У вільному стані трапляється у вигляді алмазу, графіту, карбену та фулерену. Головні неорганічні сполуки Карбону, що використовують у медицині: CO_2 , H_2CO_3 , NaHCO_3 , активоване вугілля.

Добова потреба сполук карбону 300 г.

Токсичність: у вільному вигляді карбон не токсичний, токсичні сполуки: CO_2 (вуглекислий газ), CO (чадний газ), карбон (IV) хлорид CCl_4 , карбон (IV) сульфід CS_2 , ціанідна кислота HCN та її солі, бензен C_6H_6 та ін.

CO_2 у концентрації понад 10% викликає ацидоз (зниження рН крові), задишку і параліч дихального центру. Входить до складу атмосферних аерозолів, у результаті чого може змінюватися регіональний клімат.

CO (чадний газ) – дуже отруйна сполука (летальна доза у повітрі 0,2%). Молекула CO є лігандом сильного поля і здатна зв'язуватися з гемоглобіном міцніше за кисень, що порушує його надходження до тканин організму.

HCN (ціанідна, синильна кислота), ціаніди (NaCN , KCN) – дуже отруйні сполуки, 50 і 150 мг відповідно – смертельні дози для людини. Ціаніди у промисловості застосовують для виділення золота і срібла ціанідо-лужними способами.

Тривале вдихання кам'яновугільного пилу може призвести до антракозу – захворювання, яке супроводжується відкладенням вугільного пилу в тканинах легень і лімфатичних вузлах, склеротичними змінами легеневої тканини, які згодом провокують виникнення туберкульозу та онкологічні хвороби. Найчастіше вони виникають у шахтарів, робітників коксохімічних печей, цукрорафінадних заводів та працівників, зайнятих у виробництві та використанні технічного вуглецю. Дрібні часточки сажі, потрапляючи в очі, призводять до різних захворювань. У разі постійного контактування шкіри із сажею, можливий розвиток дерматитів і дерматозів. Потрапляючи в ротову порожнину, сажа руйнує зуби. Токсична дія вуглеводнів та інших сполук із нафти у робітників, які зайняті у нафтовидобувній промисловості, може виявитися в огрубінні шкіри, появі тріщин і виразок, розвитку хронічних дерматитів.

Біологічна роль: Як і інші елементи-органогени, Карбон у вигляді окремого елемента не має біологічного значення, а його сполуки важливі для всіх форм життя. Властивості сполук Карбону багато в чому визначають умови, в яких можуть існувати різні форми життя. Атоми Карбону мають здатність утворювати ланцюги будь якої довжини, завдяки чому відомо декілька мільйонів органічних сполук. У біомолекулах Карбон утворює полімерні ланцюги і міцно з'єднується з Гідрогеном, Оксигеном, Нітрогеном та іншими елементами. Входить до складу всіх органічних сполук (вуглеводи, білки, жири, ДНК і РНК, гормони, аміно- та карбонові кислоти), які беруть участь у побудові тканин організму, і бере участь

практично у всіх біохімічних процесах в організмі, забезпечує життєдіяльність тварин і рослин.

Асиміляція CO_2 у процесі фотосинтезу при поглинанні сонячної енергії призводить до утворення органічних речовин (у першу чергу – глюкози) і виділення в атмосферу кисню. Цей процес є для організму джерелом енергії. CO_2 , який утворюється у процесі обміну речовин, і є стимулятором дихального центру, відіграє важливу роль у регуляції дихання і кровообігу, підтриманні рН крові.

Використання у фармації та медицині. Карбонатна кислота крові збуджує дихальний центр, розширює мозкові судини, підвищує збудливість серцевого м'яза.

Гідрокарбонати входять до складу буферних систем крові і тканин, що підтримують рН рідин організму.

Органічних (похідні карбонових кислот, гетероцикли, полімери та ін.) лікарських препаратів безліч. Із неорганічних слід відзначити:

- ✓ карбон (IV) оксид CO_2 разом з киснем застосовують для рефлекторного стимулювання дихального центру при шоці, асфіксії, отруєннях; газувана мінеральна вода, яка містить CO_2 , підвищує секреторну і всмоктувальну функції травного каналу; рідкий CO_2 застосовують для заморожування біоматеріалу;
- ✓ вугілля активоване з великою поверхнею, добре адсорбує гази, алкалоїди, токсини (призначають при метеоризмі, харчових інтоксикаціях, отруєннях алкалоїдами, солями важких металів, для профілактики і лікування деяких алергічних захворювань);
- ✓ натрій гідрокарбонат NaHCO_3 (харчова або питна сода) – для підвищення лужних резервів крові й зниження ацидозу; застосовують зовнішньо – для промивання слизових оболонок очей, ротової порожнини, інгаляцій, нейтралізації кислот, які потрапили на слизові оболонки й шкіру;
- ✓ графіт (у вигляді деяких мазей) – для лікування захворювань шкіри;
- ✓ радіоактивні ізотопи ^{14}C – для медичних досліджень.

З використанням ізотопів Карбону в біологічних і медичних дослідженнях пов'язано чимало великих досягнень у вивченні обміну речовин і кругообігу в природі. Так, за допомогою радіокарбонної мітки доведена можливість фіксації Карбону рослинами й тканинами тварин, встановлена послідовність реакції фотосинтезу, вивчено обмін амінокислот, простежені шляхи біосинтезу багатьох біологічно активних сполук тощо. Застосування ^{14}C сприяло успіхам молекулярної біології у вивченні механізмів біосинтезу білка та передачі спадкової інформації.

Джерела надходження: карбон знаходиться у всіх харчових продуктах у вигляді відповідних органічних сполук.

ГІДРОГЕН

Загальна характеристика. Елемент ІА групи, 1 періоду ПС (*s*-елемент), характерні ступені окиснення: -1; 0; +1.

Н	$1s^1$	1
1,00	Гідроген	

Топографія в організмі, вміст та потреба. Вміст в організмі людини 10 % за масою (7 кг на 70 кг маси тіла). Майже 5,2 % усієї кількості міститься у кістковій тканині, 9,3 % – у м'язовій тканині, входить до складу білків (10%), жирів(4,9%), вуглеводів (6,18%), нуклеїнових кислот і ін. Входить до складу води, яка є рідким середовищем організму, складаючи 60% маси тіла. Різні тканини відрізняються за вмістом води, %: мозок 81, кров 80, печінка 70, м'язи 50–75, хрящі 60, кістки 30.

Добова потреба 3 л води (1–1,5 мл на ккал спожитої їжі).

Нестача: Зменшення вмісту води (дегідратація), супроводжується зниженням тургору, сухістю шкіри і слизових оболонок, гемоконцентрацією і гіпотензією.

Надлишок: накопичення води (гіпергідратація), може супроводжуватися збільшенням вмісту води у міжклітинному секторі та у серединні клітин (набряки), серозних порожнинах (водянка).

Токсичність: молекулярний водень нетоксичний, але і не підтримує життя. Токсичні сполуки H_2O_2 , D_2O .

Біологічна роль: важливий для усіх форм життя, входить до складу біоорганічних сполук, які виконують структурні і регуляторні функції. Необхідний учасник окисно-відновних реакцій, джерело протонів. Основна функція - структуризація біологічного простору (вода і водневі зв'язки) та формування органічних (біологічних) молекул.

У біологічних процесах катіон гідрогену відіграє виключно важливу роль: визначає кислотні властивості розчинів, бере участь в окисно-відновних перетвореннях, за участю H^+ відбувається скріплення катіонів металів у біокомплекси, відбуваються реакції осадження (мінеральної основи кісткової тканини), гідролітичний розпад ліпідів, полісахаридів, пептидів. В організмі людини Гідроген у сполуках з Оксигеном, Нітрогеном, Карбоном, Сульфуром утворює аміно- та сульфгідрильні групи, які відіграють важливу роль у функціонуванні біомолекул. Завдяки наявності водневих зв'язків відбувається копіювання молекули ДНК, яка передає генетичну інформацію із покоління в покоління.

Вода – основна речовина, з якої складається організм. У тілі новонародженої людини вміст води складає близько 80%, у дорослого – 55–60%. Вода бере участь у багатьох біохімічних реакціях, у всіх фізіологічних і біологічних процесах, забезпечує обмін речовин між організмом і зовнішнім середовищем та між клітинами. Вода – структурна основа клітин, необхідна для підтримки їх оптимального об'єму, визначає просторову структуру і функції біомолекул.

У біосередовищах частина води (близько 40%) знаходиться у зв'язаному стані (асоціати з неорганічними іонами та біомолекулами). Решта (вільна вода) – асоційована водневими зв'язками у рухливу структуру. Між вільною і зв'язаною водою відбувається безперервний обмін молекул. Воду, що знаходиться в організмі, прийнято умовно розділяти на поза- і внутрішньоклітинну. Позаклітинна вода – рідина, що оточує клітини та знаходиться у серозних порожнинах і порожнистих органах.

Не зважаючи на те, що вода є одним з основних компонентів людського організму, її роль до сьогодні недооцінена і мало вивчена. Тим часом, втрата людиною майже всього глікогену і жиру або половини білка за наслідками для здоров'я менш критична, ніж втрата 10% води; втрата 20% води призводить до смерті.

Використання у фармації та медицині. Ізотоп ^2H (D, дейтерій), як мітку використовують при дослідженнях фармакокінетики лікарських препаратів. Інший ізотоп ^3H (T, тритій) застосовують у радіоізотопній діагностиці, при вивченні біохімічних реакції метаболізму ферментів і ін. H_2O_2 – дезінфікуючий та стерилізуючий засіб.

Вода високоочищена призначена для виготовлення лікарських засобів, коли потрібна вода підвищеної біологічної якості (крім випадків, коли необхідне використання тільки води для ін'єкцій). Вода для ін'єкцій використовується як розчинник при виготовленні лікарських засобів для парентерального застосування (вода для ін'єкцій «in bulk») або для розчинення чи розведення субстанцій або лікарських засобів для парентерального застосування перед використанням (вода для ін'єкцій стерильна). Якість контролюється вимогами ДФУ.

Джерела надходження: вода, харчові продукти. Близько 300–400 мл води щодня утворюється в організмі у результаті різних метаболічних реакцій. Окиснення 1 г вуглеводів призводить до утворення 0,6 г води, 1,07 г ліпідів і 0,41 г білків.

НІТРОГЕН

Загальна характеристика. Елемент VA групи, 2 періоду ПС (*p*-елемент), характерні ступені окиснення: від -3 до $+5$.

N	$2s^2 2p^3$	7
14,00	Нітроген	

Топографія в організмі, вміст та потреба. Вміст в організмі людини 3 % за масою (2,1 кг на 70 кг маси тіла). Майже 4,3 % усієї кількості міститься у кістковій тканині, 7,2 % – м'язовій тканині, крові (3,1 мг/мл); входить до складу білків, амінокислот, нуклеотидів, нуклеїнових кислот, вітамінів.

Добова потреба 8–16 г.

Нестача: недостатня кількість нітрогеновмісних сполук знижує стійкість організму до інфекційних захворювань, порушує процеси кровотворення, обмін ліпідів, вітамінів, уповільнюється ріст та розвиток розумових здібностей.

Надлишок: негативно впливає на життєдіяльність організму, викликаючи надмірне збудження нервової системи, порушення обмінних процесів, перевантаження печінки та нирок.

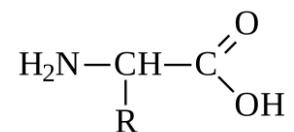
Токсичність: у вільному стані N_2 не токсичний, токсичні деякі сполуки: усі оксиди, нітрати NO_3^- , нітрити NO_2^- , аміак NH_3 . При порушенні функції нирок у крові може спостерігатися збільшення концентрації нітрогеновмісних продуктів.

Оксиди відносяться до сполук II класу небезпеки, викликають набряк легень.

При дії нітритів гемоглобін перетворюється на метгемоглобін, який нездатний зв'язувати і переносити кисень.

При дії NH_3 виникає збуджений стан, галюцинації, нудота і блювота, набряк органів дихання, рефлекторна зупинка дихання. У високих концентраціях пошкоджує нервові клітини. Молекули NH_3 легко проходять крізь мембрани і здатні проникати в клітини мозку, а також у мітохондрії, у результаті сповільнюються інтенсивність реакцій циклу Кребса і синтезу АТФ.

Біологічна роль: важливий для всіх форм життя, входить до складу різних біолігандів, що відіграють величезну роль у процесах життєдіяльності. Основна функція і здатність – утворювати пептидні зв'язки і формувати всю різноманітність білків, а також входить до складу біологічно-активних гетероциклів. Нітроген необхідний всім живим організмам для синтезу нітрогеновмісних будівельних блоків – амінокислот, з яких утворюються білки та нуклеїнові кислоти. Білки є основою процесів життєдіяльності організму. Основні функції білків в організмі: пластична (будівельний матеріал клітин, їх органодів і міжклітинної речовини, що разом з фосфоліпідами утворюють каркас усіх біологічних мембран); каталітична (основа усіх відомих ферментів); гормональна (більшість гормонів – білки або поліпептиди); специфічна (забезпечує тканинну індивідуальність і видову специфічність, що є основою дії імунітету та алергії); транспортна (організатор транспорту речовин: кисню крові, ліпідів, вуглеводів (глюкопротеїдів), деяких вітамінів, гормонів, лікарських речовин).



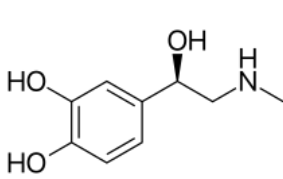
Загальна формула амінокислот

Аміак нейтралізує надлишкові кислоти в організмі, рефлекторно збуджує ЦНС, особливо центри довгастого мозку.

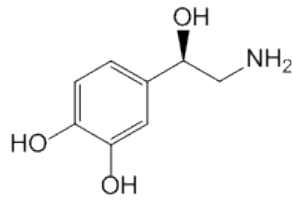
Нітроген (II) оксид NO – один із найважливіших імунотропних медіаторів, стимулює фагоцитоз, бере участь у підтриманні системної і локальної гемодинаміки, сечовивідній і статевій системі; бере участь в елімінації «старіючих» молекул цитохро-

мів, каталази, гемоглобіну, а також в індукції апоптозу (загибелі клітини, що виявляється в зменшенні її розміру). Головним джерелом і місцем утворення NO в організмі є ендотелій, загальна маса якого в тілі людини досягає 1,5 кг.

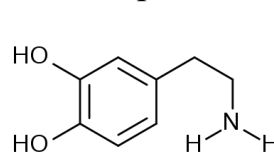
Велике значення у функціонуванні ЦНС мають фізіологічно активні речовини, які відносяться до біогенних моноамінів – адреналін, норадреналін, дофамін.



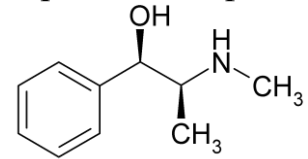
Адреналін



Норадреналін

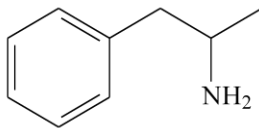


Дофамін

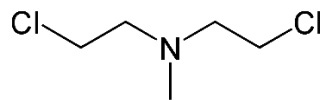


Ефедрин

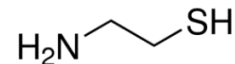
Використання у фармації та медицині. Метиламін CH_3NH_2 , диметиламін $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$, анілін $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ та інші органічні сполуки використовують у синтезі багатьох лікарських препаратів. Ціла низка лікарських препаратів містить первинну або заміщену аміногрупу. Адреналін, ефедрин, фенамін використовують як засоби, що збуджують нервову систему при зниженні кров'яного тиску, шоці, зупинці серця. Сполуки Нітрогену застосовують як протипухлинні (ембіхін), радіозахисні (меркамін) засоби.



Фенамін



Ембіхін



Меркамін

Із неорганічних лікарських препаратів слід відзначити:

- ✓ нітроген (I) оксид N_2O виявляє своєрідну фізіологічну дію, за що його називають «звеселяючий газ»; використовують як засіб для наркозу (у суміші з киснем);
- ✓ амоній хлорид NH_4Cl (нашатир) – діуретичний засіб для лікування набряків серцевого походження;
- ✓ натрій нітрит NaNO_2 – для розширення серцевих судин (антиангінальна дія);
- ✓ водний розчин аміаку 10 % (нашатирний спирт) – засіб для збудження дихального центру і виведення пацієнта з непритомного стану, для стимуляції блювання, а також зовнішньо – при укусах комах, невралгії, міозитах, для обробки рук хірурга за методом Спасокукоцького-Кочергіна;
- ✓ рідкий азот N_2 – для видалення судинних родимок, папілом та інших доброякісних пухлин, а також у кріотерапії та для зберігання біоматеріалів.

Джерела надходження: за вмістом і співвідношенням незамінних амінокислот до ідеального білка наближені курячі яйця та білки м'язових тканин тварин. Ці речовини розщеплюються в ШКТ та всмоктуються у вигляді амінокислот і низькомолекулярних пептидів, з яких організм будує власні амінокислоти і білки. Але організм людини не здатний синтезувати деякі необхідні для життя амінокислоти і отримує їх з їжею «у готовому вигляді». Рослинні білки (хліб, картопля, бобові) лімітовані за вмістом таких незамінних амінокислот, як треонін, ізолейцин та лізин. Для дорослої людини частка тваринних білків має становити не менш 55 % загальної кількості білка в раціоні.

Сприяє засвоєнню фермент шлунку пепсин, оптимальне значення рН функціонування якого 1,5–2,5.

Біоелементи – макроелементи

КАЛЬЦІЙ

Загальна характеристика. Елемент ІІА групи, 4 періоду ПС (*s*-елемент, лужноземельний метал), характерний ступінь окиснення +2.

Ca	$4s^2$	20
40,08	Кальцій	

Топографія та вміст в організмі: 2–4 % (за масою). Майже 99 % усієї кількості міститься у кістковій тканині і зубах, інших тканинах та органах (0,07 – 0,14 %), крові 2,25–2,5 ммоль/л (90 мг/л), з них 40–45 % зв'язані з білками плазми, 8–10 % знаходяться у вигляді комплексів (наприклад, з цитрат-іонами) і 45–50 % – у вигляді катіону Ca^{2+} .

Добова потреба для дорослих – 800 мг (дорослі жінки 1 г), дітей – 1 г, підлітків – 1,4 г, вагітних та лактуючих жінок – 1,5–2 г. Потреба зростає при підвищенні потовиділення, тривалому споживанні гормональних засобів, захворюваннях крові, кишківника, нирок, ендокринних залоз, алергічних захворюваннях та при підвищенні рухової активності.

Нестача спричиняє важкі нервові розлади, які супроводжуються судомою, підвищенням збудливості; розм'якшенням кісток (рахіт); остеопорозом; захворюваннями паразитовидних залоз та наднирників.

Надлишок спричиняє сечокам'яну хворобу; гіперкальціємію, що супроводжується нудотою, втратою апетиту, судомою та частим сечовиділенням; утворення каменів; пухлини легень і молочних залоз.

Токсичність: сполуки нетоксичні.

Біологічна роль в організмі. Домінуюче положення визначається хімічними особливостями двозарядного іона і відносно невеликим радіусом атома, завдяки чому він може успішно конкурувати з радіонуклідами і важкими металами на всіх етапах метаболізму.

Відіграє важливу роль для усіх форм життя: є основним елементом кісткової тканини ($Ca_5(PO_4)_3OH$, $CaCO_3$) та зубів ($Ca_5(PO_4)_3F$), який посилює їх міцність, сприяє відновленню клітин усього організму, оскільки є компонентом ядра клітини, клітинних та тканинних рідин, спричиняє «злипання» клітин при утворенні тканин.

Завдяки високій біологічній активності, виконує в організмі функції регуляції внутрішньоклітинних процесів, проникності клітинних мембран, нервової провідності і м'язових скорочень; забезпечує нормалізацію роботи ендокринних залоз, збільшення стійкості організму до інфекцій, підтримку стабільної серцевої діяльності (збудження та регуляція), формування кісткової тканини, мінералізацію зубів, участь у процесах згортання крові (за відсутності Ca кров не згортається).

Входить до складу багатьох біомолекул, утворюючи зв'язок через Оксиген з аніонами фосфатної, карбонатної та карбонових кислот.

Метаболізм перебуває під впливом прищитовидних залоз, кальцитоніну (гормон щитовидної залози), кальциферолу (вітамін D).

Використання у фармації та медицині.

Дрібнодисперсний синтетичний кальцій карбонат $CaCO_3$ використовують у виробництві косметичних засобів. Осаджений $CaCO_3$ має виражену антацидну активність, підсилює секрецію шлункового соку, входить до складу зубних порошків.

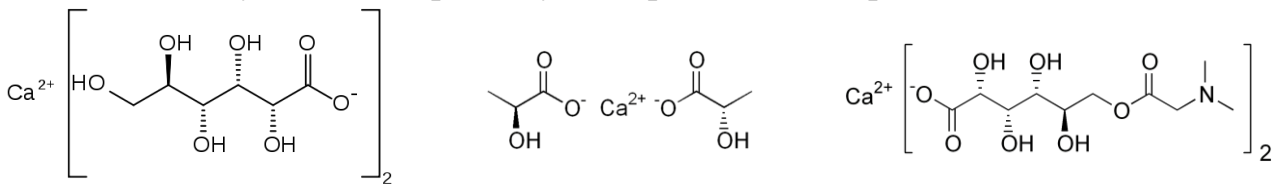
Кальцій хлорид $CaCl_2$, у вигляді 10% застосовують при станах, пов'язаних з посиленням виведенням Кальцію з організму (при тривалій іммобілізації хворих),

при алергічних захворюваннях і ускладненнях, пов'язаних з прийомом деяких ліків (сироваткова хвороба, кропивниця, сінна лихоманка, ангіоневротичний набряк), при васкулітах (для зменшення проникності судинних стінок), при отруєннях солями Магнію, токсичних ураженнях печінки, недостатній функції паращитовидних залоз, що супроводжуються тетанією або спазмофілією.

Гіпс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ використовують для одержання алебастру $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, або напівводного гіпсу, який при змішуванні з водою легко твердне, перетворюючись знову на гіпс, що використовують при накладенні гіпсових пов'язок.

Кальцій глюконат та кальцій лактат за дією на організм близькі до кальцій хлориду, але мають меншу місцево-подразнювальну дію і їх застосовують внутрішньо у тих же випадках, що й кальцій хлорид.

Кальцій глютамат використовують при психічних розладах.



Кальцій глюконат

Кальцій лактат

Кальцій глютамат

Кальцій гліцерофосфат застосовують як загальнозміцнювальний засіб при недостатньому харчуванні, перевтомі, виснаженні нервової системи, рахіті.

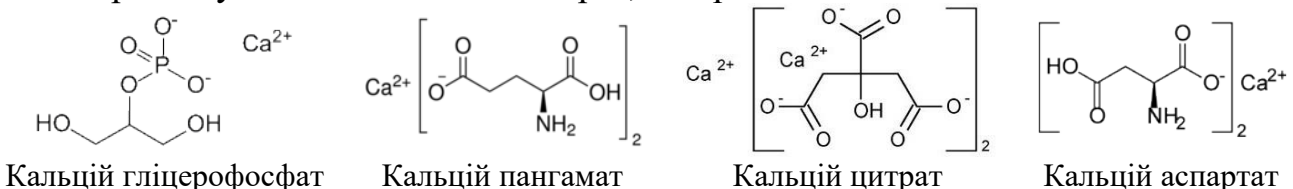
Кальцій пангамат (вітамін В₁₅) сприятливо впливає на метаболізм, покращує ліпідний обмін, збільшує засвоєння кисню тканинами, підвищує вміст креатинфосфату у м'язах, глікогену у м'язах і печінці, є одним із засобів комплексної терапії атеросклерозу, хронічного гепатиту, хронічної алкогольної інтоксикації, сверблячого дерматиту.

Штучні радіоактивні ізотопи Са використовують при вивченні обміну кальцію.

Джерела надходження. Кальцій у великих кількостях міститься у багатьох харчових продуктах і щодня надходить в організм із їжею. Значна кількість міститься у молочних продуктах (вершки, молоко, сир). У менших концентраціях міститься у городній зелені (петрушка, шпинат), овочах (боби, квасоля, цибуля), горіхах, рибі (сардини, лосось), гречаній та вівсяній крупах, насінні соняшника, сухофруктах.

Добова потреба організму (800–1500 мг), як правило, покривається за рахунок їжі. Біологічна засвоюваність – 25–40 %; практично не втрачається при кулінарній обробці. Може самочинно вимиватись із кісткової тканини (до 700 мг на добу).

При виготовленні кальційвмісних лікарських препаратів і дієтичних добавок до їжі використовують солі Кальцію: цитрат, аспартат або їх комбінацію з вітаміном D.



Кальцій гліцерофосфат

Кальцій пангамат

Кальцій цитрат

Кальцій аспартат

Сприяє засвоєнню Кальцію вітамін D, продукти харчування, які створюють кисле середовище у кишківнику (квашена капуста, лимонний сік).

Запобігають засвоєнню Кальцію надлишок Фосфору (оптимальне співвідношення Са : Р – 1 : 1,5), надлишок Магнію, Феруму, продукти харчування з великим вмістом жирів, смажене м'ясо, злаки, щавель, шпинат, какао, висівки.

ФОСФОР

Загальна характеристика. Елемент VA групи, 3 періоду ПС (*p*-елемент, неметал), характерні ступені окиснення –3, +3, +5.

P	$3s^2 3p^3$	15
	30,97	Фосфор

Топографія та вміст в організмі: біля 1 % (приблизно 700 г на 70 кг). Майже 80–87% усієї кількості міститься в скелеті, багато Фосфору в м'язах і нервовій тканині, близько 0,2% – у крові.

Разом з Кальцієм, Фтором і Хлором, Фосфор формує зубну емаль. Близько 14% Фосфору містять внутрішньоклітинні складові м'яких тканин і тільки 1% знаходиться у позаклітинній рідині.

Добова потреба для дорослої людини 1,2–1,6 г; новонароджених – 0,12 г, дітей до 1 року 0,3–0,8 г, до 10 років – 1,65 г, до 15 років – 1,7–1,8 г, вагітних та лактуючих жінок 1,8–2,0 г. При збільшенні навантаження необхідна доза Фосфору зростає. Важливим є співвідношення Ca:P (2:1) в організмі.

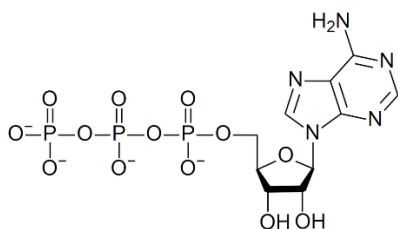
Нестача (гіпофосфатемія) зумовлює гальмуванням процесів утворення макроенергетичних сполук (АМФ, АДФ, АТФ), мінералізації кісток (рахіт, остеопороз, карієс зубів); зниження показників роботи нервової системи та інтелектуальної діяльності, репродуктивної сперми; втрату апетиту.

Надлишок (гіперфосфатемія) – викликає фосфатну подагру (відкладення кальцій фосфату $Ca_3(PO_4)_2$ у м'яких тканинах і суглобах), хворобу Педжета (деформація кісток через нерівномірне відкладення солей Ca та P), сечокам'яну хворобу.

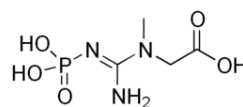
Токсичність: солі фосфатної кислоти (фосфати) нетоксичні; більшість інших сполук високотоксичні. Летальна доза білого фосфору P_4 для людини 50–500 мг. Хронічне ураження білим фосфором призводить до зниження маси і змін в кістках, випадання зубів, змертвіння частин щелеп. Палаючий білий фосфор викликає опіки, що довго не загоюються. Радіоактивний ізотоп ^{32}P здатний концентруватися у харчовому ланцюжку (біологічне накопичення).

Біологічна роль в організмі. Знаходиться в біосередовищі у вигляді фосфат-іона, який входить до складу неорганічних компонентів і органічних біомолекул (білків, нуклеїнових кислот, нуклеотидів, фосфоліпідів) усіх тканин.

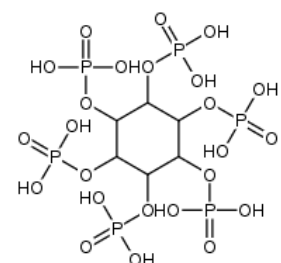
Сполуки фосфору АМФ, АДФ, АТФ, креатинфосфат – універсальне джерело енергії живих клітин. При розпаді вуглеводів енергія акумулюється в органічних сполуках фосфатної кислоти.



Аденозин трифосфат



Креатинфосфат



Фітин

Розчинні солі фосфатної кислоти формують фосфатну буферну систему, відповідальну за сталість кислотно-основної рівноваги внутрішньоклітинної рідини. Солі Кальцію ($Ca_5(PO_4)_3(OH)$, $CaCO_3$, $Ca_5(PO_4)_3F$) становлять мінеральну основу кісткової і зубної тканини.

Фосфор відіграє важливу роль у діяльності головного мозку (стимулює процеси запам'ятовування), серця, м'язової тканини. Бере активну участь в обміні білків, жирів, вуглеводів. Гідрогенфосфати К і Na входять до складу буферних систем крові та тканинних рідин, що підтримують рН організму. Необхідний для нормальної роботи ЦНС, підсилює потенцію (нестача негативно впливає на кількість і якість сперми). У сечі Фосфор міститься у вигляді $\text{NH}_4\text{NaNHPO}_4$.

Використання у фармації та медицині.

Для практичних цілей використовують препарати, які постачають в організм Фосфор або полегшують його доставку. Інколи достатнім є введення в харчовий режим продуктів з високим вмістом Фосфору, наприклад риби. Серед препаратів Фосфору поширені АТФ, фітин, кальцій гліцерофосфат. Таблетки: "Фітоферролактол", "Церебро-лецитин", "Ліпоцеребрин". Препарати фосфору в малих дозах посилюють ріст і розвиток кісткової тканини, стимулюють кровообіг, гальмують окисні процеси, беруть участь в обміні речовин.

Ізотоп фосфору ^{32}P використовують в медицині з діагностичною метою у вигляді $\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$ і $\text{Sr}^{32}\text{PO}_4$ у терапії новоутворень, як лікувальний засіб при використанні Я-випромінювання на пухлинні клітини.

Натрій аденозинтрифосфат та натрій фосфат Na_3PO_4 використовують при порушенні м'язової діяльності та хронічній серцевій недостатності. Цинку фосфат $\text{Zn}_2(\text{PO}_4)_3$ застосовують як пломбувальний матеріал у стоматології.

Джерела надходження: сухі дріжджі, молочні продукти, морепродукти, яйця (особливо жовток), печінка, м'ясо, боби, горох. З їжею надходить до 5 г Фосфору без жодної шкоди для здоров'я, за умови належного співвідношення Ca : P. Найкраще засвоюється з молочних продуктів. Діти засвоюють до 90% фосфору з молока.

Сприяють засвоєнню Фосфору продукти з високим вмістом Кальцію. Обмін P дуже тісно пов'язаний з обміном Ca, оптимальне співвідношення Ca: P – 1: 1,5 (2).

Запобігають засвоєнню Фосфору – пшеничний хліб і крупи з хлібних злаків, хронічний алкоголізм; надлишок Ca, Mn.

СУЛЬФУР

Загальна характеристика. Елемент VIA групи (халькогени), 3 періоду ПС (*p*-елемент, неметал), характерні ступені окиснення $-2, +4, +6$.



Топографія та вміст в організмі: до 140 г (0,16%). Входить до складу крові – 1800 мг/л; кісткової тканини – 0,05–0,24%; м'язової тканини – 0,5–1,1%, білків та амінокислот (цистеїн, метіонін).

Добова потреба дорослих 850–1500 мг. Значна кількість малорозчинних неорганічних сполук Сульфуру (солі) не всмоктуються, органічні білкові сполуки розщеплюються і всмоктуються в кишківнику.

Нестача виникає вкрай рідко, спричиняє тьмяне волосся, облісіння; крихкість і ламкість кісток. Відомі ацидоамінопатії – розлади, пов'язані з порушенням обміну сульфурвмісних амінокислот (гомоцистинурия, цистатіонурія).

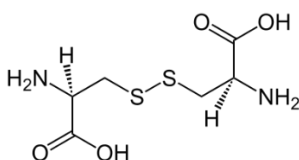
Надлишок викликає захворювання дихальних шляхів, несправжній круп; у маленьких дітей – обструктивний бронхіт; кон'юнктивіти; зміни печінки.

Токсичність: проста речовина сірка – нетоксична, деякі сполуки Сульфуру токсичні. При високих концентраціях гідроген сульфід H_2S у повітрі розвивається інтоксикація протягом декількох хвилин – виникають судоми, втрата свідомості, зупинка дихання. Наслідки перенесеного отруєння можуть викликати стійкий головний біль, порушення психіки, параліч, розлади системи дихання і ШКТ. У разі надходження сполук Сульфуру до ШКТ відбувається їх перетворення кишковою мікрофлорою у високотоксичний гідроген сульфід.

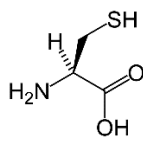
При хронічних інтоксикаціях (сірковуглець CS_2 , сірчистий газ SO_2) спостерігаються порушення психіки, органічні і функціональні зміни нервової системи, слабкість м'язів, погіршення зору, розлади діяльності інших систем організму.

Біологічна роль в організмі. Міститься у всіх тканинах людського організму: м'язах, скелеті, печінці, нервовій тканині, крові, входить до складу кератину (білок) і меланіну поверхневого шару шкіри.

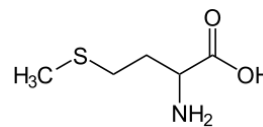
У тканинах Сульфур знаходиться у вигляді неорганічних (сульфат, сульфід, тиоціанат і ін.) органічних (меркаптани, тиоетери, сульфонові кислоти, тіосечовина та ін.) сполук. Сульфур входить до складу незамінних амінокислот (цистин, цистеїн, метіонін), гормонів (інсулін, кальцитонін), вітамінів (біотин, тіамін), глутатіону, таурину та інших важливих для організму сполук. Бере участь в окисно-відновних реакціях в організмі – тканинному диханні, виробленні енергії, передачі генетичної інформації та ін.



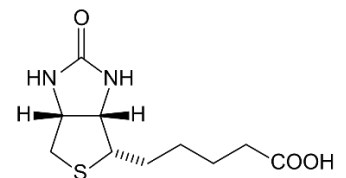
Цистин



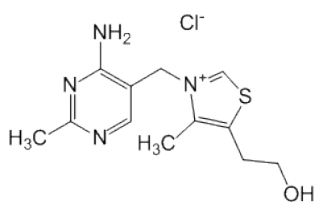
Цистеїн



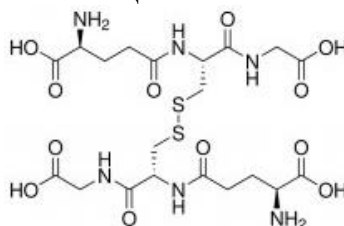
Метіонін



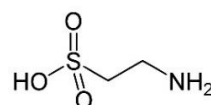
Біотин



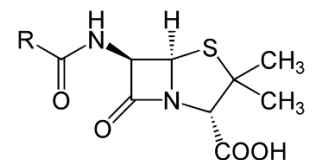
Тіамін



Глутатіон



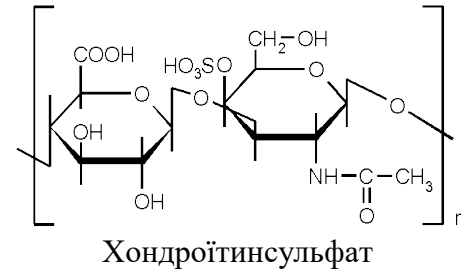
Таурин



Пеніцилін

Рослини містять Сульфур у складі глікозидів та амінокислот, відомі бактерії – репродуценти Сульфуру, деякі мікроорганізми утворюють специфічні сполуки Сульфуру (пеніцилін) як продукти життєдіяльності.

Забезпечує просторову організацію молекул білків, необхідну для їх функціонування, активує деякі протеолітичні ферменти, входить в активні центри молекул ряду ферментів у вигляді SH-груп, забезпечує нормальну роботу печінки, захищає клітини, тканини та шляхи біохімічного синтезу від окиснення, а весь організм – від токсичної дії сторонніх речовин, бере участь в згортанні крові, синтезі колагену, входить до складу хрящової тканини, волосся, нігтів (хондроїтинсульфат у шкірі, хрящах, нігтях, зв'язках і клапанах міокарда). Важливими сульфуровмісними метаболітами є гемоглобін, гепарин, цитохроми, естрогени, фібриноген і сульфоліпіди.



За рахунок утворення в організмі ендогенної сульфатної кислоти виявляється детоксикаційна роль Сульфуру у знешкодженні токсичних сполук (фенол, індол та ін.), що виробляються мікрофлорою кишечника; та зв'язуванні екзогенних сполук – лікарських препаратів та їх метаболітів, утворюючи нешкідливі сполуки (кон'югати), які легко виводяться з організму.

Використання у фармації та медицині.

Елементарна сірка не спричиняє виражену токсичну дію, але всі її сполуки токсичні. Здавна використовують дезінфікуючі властивості сірки при лікуванні шкірних хвороб, а також бактерицидну дію сірчистого газу SO_2 , що утворюється при горінні сірки. Ще у Древньому Єгипті сірку застосовували для виготовлення косметичних засобів та лікування захворювань шкіри.

Сірководень, H_2S , газ з типовим запахом тухлих яєць (відчутний навіть у співвідношенні 1: 100000), спричиняє сильне роздратувальну дію на центральну нервову систему, за характером дії нагадує синільну кислоту.

При високій концентрації сірководню в повітрі виробничого приміщення (1 мг / л і вище) отруєння може розвинути майже миттєво. Судоми і втрата свідомості супроводжуються швидкою смертю від зупинки дихання.

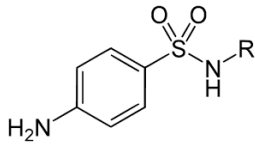
Осаджену сірку у вигляді мазей використовують для лікування себореї, псоріазу та ін. Сірку очищену – як протиглисну речовину при пероральному застосуванні та зовнішньо при деяких захворюваннях шкіри. Розчин з вмістом сірки 1% у соняшниковій олії використовують у вигляді ін'єкцій при лікуванні деяких форм шизофренії.

Сполуки сірки у вигляді сульфаніламідних препаратів (сульфідин, сульфазол, сульгін та ін.) виявляють антимікробну дію. Стерильний розчин 1-2% сірки в персиковому маслі застосовують для пірогенної терапії при лікуванні деяких форм шизофренії. Сірка та її неорганічні сполуки застосовують при хронічних артропатіях, при захворюваннях серцевого м'яза (кардіосклероз), при багатьох хронічних шкірних і гінекологічних захворюваннях, при професійних отруєннях важкими металами (ртуть, свинець). Очищену сірку застосовують зовнішньо в мазях і присипках при захворюваннях шкіри (себорея, сикоз); при лікуванні себореї волосистої частини голови використовують селену дисульфід SeS_2 .

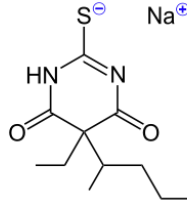
Розчин натрій тіосульфату Na_2SO_3S (30%) використовують при важких

алергічних захворюваннях, отруєннях хлором, сполуками Арсену, Меркурію, Плюмбуму, ціанідною кислотою та ціанідами, а його розчин (60%) використовують для лікування корости та грибкових захворювань шкіри.

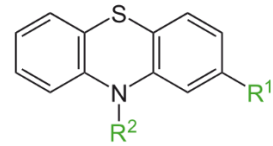
Сульфур входить до складу багатьох лікарських препаратів седативної (тіопентал натрій), нейролептичної (група фенотіазину – тіопроперазин, тіоридазин та ін.) та протипухлинної дії.



Загальна формула
сульфаніламідних препаратів



Тіопентал натрій



Загальна формула препаратів
фенотіазину

Джерела надходження: нежирна яловичина, риба, молюски, яйця, сири, молоко, капуста і квасоля. Останнім часом, за використання сульфатів, як консервантів багатьох харчових продуктів, алкогольних та безалкогольних напоїв спостерігається надлишкове надходження Сульфуру, що спричиняє бронхіальну астму (10% хворих є сенсibiliзованими до сульфатів). Для зниження негативного впливу сульфатів на організм рекомендується збільшувати вміст у раціоні сирів, яєць, жирного м'яса, птиці.

КАЛІЙ

Загальна характеристика. Елемент ІА групи, 3 періоду ПС (s-елемент, лужний метал), характерний ступінь окиснення +1.

К	4s¹	19
39,10		Калій

Топографія та вміст в організмі: 160–250 г (близько 0,22 %) – макроелемент. Майже 98% усієї кількості міститься у складі клітин (0,21 % у кістках, 1,6 % у м'язах; кров – 1620 мг/л).

Добова потреба для дорослих 2–2,7 г, зростає до 5,0 г при значній розумовій активності. Вміст Калію в їжі жителів різних країн коливається від 1,8 до 5,6 г. У США рекомендоване мінімальне добове споживання Калію – не менше 2,0 г для осіб 18-річного віку, з віком потреба зростає.

Нестача викликає порушення серцево-судинної діяльності (аритмія), загальну слабкість і нервозність, високу втомлюваність і безсоння; м'язову слабкість, судоми; спрагу і непереносимість цукру; суху шкіру і вугри; запори; підвищення рівня холестерину.

Надлишок спричиняє порушення серцево-судинної діяльності; м'язову слабкість; «Калієве гальмування», затьмарення розуму, труднощі з вимовою. Підвищений вміст Калію в організмі (гіперкаліємія) зменшує збудження. Високі дози Калію пригнічують автоматизм і скорочувальну функцію міокарда.

Токсичність: токсична доза сполук – 6 г; летальна доза – 14 г.

Біологічна роль в організмі. Калій є основним внутрішньоклітинним катіоном. Формує трансмембранний потенціал ($K_{in} > K_{out}$) і поширює його зміну по клітинній мембрані шляхом обміну з іонами натрію по градієнту концентрацій. Калій (разом з Na^+ і Cl^-) є постійним елементом усіх клітин і тканин. В організмі ці елементи містяться у певному співвідношенні і забезпечують сталість внутрішнього середовища. Катіон K^+ бере участь у підтримці гомеостазу (іонна рівновага, осмотичний тиск у рідинах організму).

Іони Калію легко проникають крізь мембрану клітин, тому він є основним внутрішньоклітинним іоном. У плазмі крові, навпаки, вища концентрація катіонів Na^+ . Це зумовлює виникнення мембранного потенціалу клітин. В організмі існує постійне співвідношення іонів Na^+ і K^+ , завдяки чому підтримується певний ритм роботи м'язів. При кожному їх скороченні іони K^+ виходять із м'язового волокна, а на стадії спокою повертаються.

Калій бере участь у підтримці електричної активності мозку, функціонуванні нервової тканини, скороченні скелетних і серцевого м'язів. Підтримує кислотно-лужну рівновагу за конкурентної взаємодії іонів K^+ і Na^+ та K^+ і H^+ ; помітно впливає на синтез білків, виконує роль каталізатора при обміні вуглеводів і білків; входить до складу деяких ферментів і регулює активність K^+ -АТФ-ази, підтримує нормальний рівень кров'яного тиску; бере участь у забезпеченні видільної функції нирок.

Використання у фармації та медицині.

Терапевтичне значення Калію пов'язане з його подразнювальною дією на слизові оболонки і підвищенням тону гладких м'язів (кишечник, матка), через що його сполуки використовують як послаблюючі засоби. Зумовлює розширення судин внутрішніх органів і звуження периферійних судин, що сприяє посиленню сечовиділення. Уповільнює ритм серцевих скорочень і, діючи аналогічно блукаючому нерву, бере участь у регулюванні діяльності серця.

У радіоактивній діагностиці при вивченні розподілу та обміну Калію в організмі та для діагностики пухлин головного мозку і молочної залози застосовують ізотоп ^{42}K . За його допомогою мітять еритроцити і визначають проникність клітинних мембран.

У медицині препарати Калію застосовують як складову частину плазмозамінників, спазмолітиків, антиаритмічних, відхаркувальних, діуретичних препаратів. Препарати різняться вмістом Калію і здатністю дисоціювати у водному розчині. При цьому препарати неорганічного ряду містять більше Калію і мають більше значення ступеня дисоціації.

Калій хлорид KCl , який виявляє помірну діуретичну дію, використовують для відновлення іонного стану організму (зміна зумовлює порушення діяльності серця, мозку та скорочення м'язів); при гіпокаліємії та аритмії різного походження.

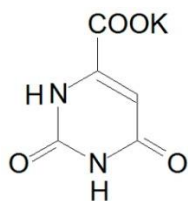
Трирезид калію (KCl , дигідралізину сульфат, резерпін, гідрохлоротіазид) – комбінований гіпотензивний препарат пролонгованої дії, запобігає розвитку гіпокаліємії.

Калій бромід KBr виявляє седативну дію, входить до складу різних препаратів: пертусин – відхаркувальна дія, плафевін – спазмолітична дія, таблетки адоніс-бром з кардіотонічною та заспокійливою дією, що нормалізують тонус ЦНС та роботу вестибулярного апарату, розширюють судини.

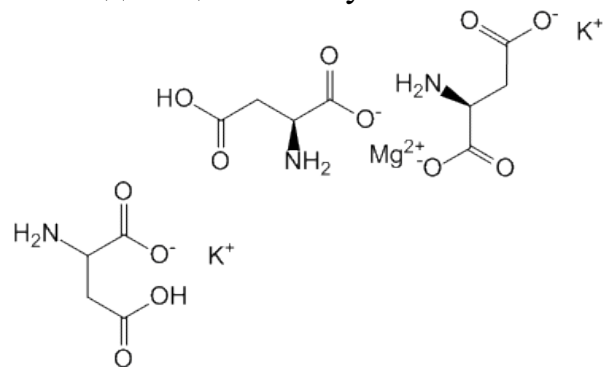
Калій ацетат CH_3COOK , осмотичний діуретик, використовують у терапії набряків, пов'язаних з порушенням кровообігу та при гіпокаліємії.

Калій оротат застосовують як антиаритмічний препарат і при дефіциті Калію в організмі (чинить помірну сечогінну дію).

Панангін – комбінований препарат, застосовують при аритмії серця, зумовленій порушенням електролітичного балансу, перш за все гіпокаліємією. Містить солі (калію і магнію аспарагінат), що належать до слабких електролітів, однак добре проникають крізь біологічні мембрани в недисоційованому стані.



калій оротат



калій і магнію аспарагінат

Джерела надходження: молочні продукти, м'ясо, какао, томати, боби, картопля, петрушка, абрикоси (курага, урюк), родзинки, чорнослив, банан, диня, чорний чай. Біозасвоєваність Калію 90–95%. При вживанні, солі швидко всмоктуються у шлунку, але відносно легко виводяться нирками (для підтримки необхідної концентрації у крові препарати приймають 4–5 разів на добу).

НАТРІЙ

Загальна характеристика. Елемент ІА групи, 3 періоду ПС (*s*-елемент, лужний метал), характерний ступінь окиснення +1.

Na	$3s^1$	11
23,00	Натрій	

Топографія та вміст в організмі: 0,08% (55–60 г на 70 кг). Входить до складу кісток – 1,0%, м'язів – 0,26–0,78 %, кров 1970 мг/л. Близько 40% усієї кількості знаходиться у кістковій тканині та у позаклітинній рідині.

Добова потреба дорослих 1,0–1,5 г, зростає при підвищенні потовиділення.

Нестача (гіпонатріємія) провокує втрату апетиту і смаку, хронічний пронос, судоми, спазми, нервові розлади, набряки, висипання на шкірі, слізливість, м'язову слабкість, погіршення пам'яті, часті інфекції

Надлишок (гіпернатріємія) зумовлює розвиток гіпертонічної хвороби, інтенсифікацію процесів склерозу; підвищення ламкості судин, порушення водного балансу в організмі; хвороби нирок (набряки і каміння), спрагу.

Токсичність: сполуки нетоксичні.

Біологічна роль в організмі. Виконує "позаклітинні" функції: формування потенціалу дії шляхом обміну з іонами калію; транспорт вуглекислого газу; гідратація білків; солнобілізація (утворення розчинних у воді) органічних кислот.

Регуляція осмотичного тиску і водного обміну, при порушенні яких розвиваються спрага, сухість слизових оболонок, набряклість шкіри. Натрій значно впливає і на білковий обмін.

Усередині клітин Натрій необхідний для підтримки нейром'язової збудливості і роботи Na^+ – K^+ -насоса, що забезпечують регуляцію клітинного обміну різних метаболітів. Від Натрію залежить транспорт амінокислот, вуглеводів, неорганічних та органічних аніонів через мембрани клітин.

За дією на серцевий м'яз Натрій є антагоністом Калію. Натрій розслабляє міокард, а Калій скорочує. Нормальна робота серцевого м'яза (ритм) здійснюється при співвідношенні Натрію і Калію 0,5: 1 при рН крові 7,0–7,4.

Обмін Натрію знаходиться під контролем щитовидної залози. При гіпофункції щитовидної залози відбувається його затримка в тканинах, при гіперфункції кількість Натрію в шкірі зменшується, а виділення з організму посилюється.

Використання у фармації та медицині.

Натрій гідрокарбонат NaHCO_3 (питна сода) – компонент штучних мінеральних вод і лимонадів, входить до складу деяких лікарських препаратів для нейтралізації підвищеної кислотності шлункового соку, використовується у випіканні хліба і виробництві мийних засобів та вогнегасників.

Ізотоп ^{24}Na застосовують у медичних дослідженнях при визначенні швидкості кровотоку і проникності судин.

У медицині натрій хлорид NaCl застосовують у вигляді ізотонічного (0,9 %) розчину при зневодненні організму як дезінтоксикаційний засіб, для промивання ран, очей і слизової оболонки носа, підняття осмотичного тиску крові. Гіпертонічний (3–5 % NaCl) розчин використовують в хірургії для очищення ран, при надмірно розвинутій грануляції, перед операціями пересадження шкіри. Гіпертонічний (10 % NaCl) розчин застосовують внутрішньовенно при легеневих, шлункових, кишкових кровотечах, а також для посилення діурезу (осмотичний діурез) і як полоскання при захворюваннях горла. У післяопераційному періоді 2–

5 % розчин призначають у мікроклізмах при атонії кишківника і для промивання шлунка при отруєнні аргентум нітратом.

Натрій нітрит NaNO_2 належить до серцево-судинних засобів, які виявляють антиангінальну дію; їх інколи застосовують внутрішньо при стенокардії та спазмах судин мозку. Препарати, що містять натрій бромід NaBr , виявляють седативну дію – посилюють процеси гальмування у корі головного мозку. Входить до складу Валокорміду та Кардіовалену. Натрій йодид NaI (у вигляді 10% розчину) використовують при пізніх сифілітичних змінах зорового нерва, при актиномікозі легень.

Генотропін (містить NaH_2PO_4 та Na_2HPO_4) виявляє анаболічну дію, викликає збільшення росту та маси тіла при карликовості, пов'язаній з недостатчею гормону росту.

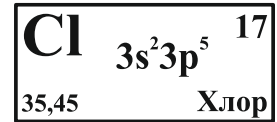
Натрій сульфат декагідрат $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ призначають внутрішньо, як проносний засіб. Натрій тіосульфат використовують у вигляді пентагідрату $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, який виявляє антитоксичну, протизапальну та сенсibiliзаційну дію. Натрій тетраборат декагідрат $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (бура) застосовують зовнішньо, як антисептичний та протизапальний препарат для спринцювань, полоскань та змащування горла при ангіні, хронічному фарингіті, тонзиліті, вагініті, сикозі, піодермі.

Натрій нітропрусид (нітрозилпентаціаноферат) $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ виявляє міотропну та спазмолітичну дію, розширює артерії та, частково, вени.

Джерела надходження: кухонна сіль, вода, м'ясні консерви, соєвий соус, овочі (селера, морква), житній хліб. В організм Натрій щоденно надходить у вигляді NaCl (ковбаса, сало, солена риба, ікра, сир, маслини, кетчуп, тощо) у кількості 12–15 г (або 4–6 г «чистого» Натрію).

ХЛОР

Загальна характеристика. Елемент VIIA групи (галогени), 3 періоду ПС (*p*-елемент, неметал), характерні ступені окиснення $-1, +1, +3, +5, +7$.



Топографія та вміст в організмі: у вигляді хімічно зв'язаного Хлору 0,14 % (приблизно 100 г на 70 кг). У клітинах акумулюється 10–15% усього Хлору, з цієї кількості від 1/3 до 1/2 – в еритроцитах. Близько 85% знаходяться в позаклітинному просторі. Накопичується у вісцеральній тканині, шкірі і скелетних м'язах. Близько 0,09% містить кісткова тканина; м'які тканини 0,2–0,52%; кров – 2890 мг/л.

Добова потреба для дорослих близько 800 мг на добу. Немовлята одержують необхідну кількість з молоком матері (11 ммоль/л).

Нестача (гіпохлоремія) спричиняє порушення функцій ШКТ внаслідок зниженої активності шлункового соку і слини, підвищену втомлюваність, сплутаність дихання. Дефіцит може спостерігатися у дітей, які перебувають на штучному вигодовуванні – гіпокаліємічний, гіпохлоремічний алкалоз з підвищеним рівнем реніну в плазмі та альдостерону в сироватці.

Надлишок (гіперхлоремія) зумовлює підвищення кислотності шлункового соку, розлади травлення, підвищення загальної кислотності організму, зниження апетиту, сильне збудження нервової системи.

Токсичність: проста речовина – газоподібний Cl_2 та багато інших сполук виявляють високу токсичну дію.

Біологічна роль в організмі. Хлорид-іон Cl^- має оптимальний радіус для проникнення через мембрану клітин, що обумовлює його участь (разом з Na^+ та K^+) у створенні осмотичного тиску і регуляції водно-сольового обміну.

Натрій хлорид NaCl необхідний для вироблення у шлунку хлоридної кислоти, яка сприяє травленню і знищенню хвороботворних бактерій.

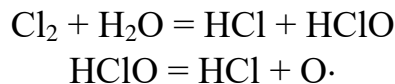
Хлорид-іони беруть участь у підтримці осмотичної рівноваги (основний позаклітинний аніон організму); під впливом ГАМК гальмують нейрони шляхом зниження потенціалу дії; створюють сприятливе середовище для дії протеолітичних ферментів шлункового соку; активізують ряд ферментів; сприяють відкладенню глікогену; впливають на ріст волосся і нігтів; здатні порушувати структуру подвійної спіралі ДНК і викликати її денатурацію.

Екскреція Хлору пов'язана з іонами натрію і калію, з гідрогенкарбонат іоном HCO_3^- (кисотно-лужний баланс). Хлорні канали представлені в багатьох типах клітин, мітохондріальних мембранах і скелетних м'язах. Ці канали виконують важливі функції в регуляції об'єму рідини, трансепітеліальному транспорті іонів і стабілізації мембранних потенціалів, беруть участь в підтримці рН клітин.

Використання у фармації та медицині.

Хлор і його сполуки (хлорне вапно $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$, гіпохлоритна кислота HClO та її солі) виявляють широкий спектр протимікробної дії. Хлор у концентрації 0,02 мг/л викликає загибель різних мікробів. Хлор взаємодіє з білками цитоплазми мікроорганізмів, де заміщує атом Гідрогену, зв'язаний з азотом, що запобігає утворенню водневих зв'язків і порушує утворення вторинної структури білка. Органічні речовини частково зв'язують Хлор, що знижує його бактерицидну дію. У кислому середовищі і при підвищенні температури протимікробна дія підвищується.

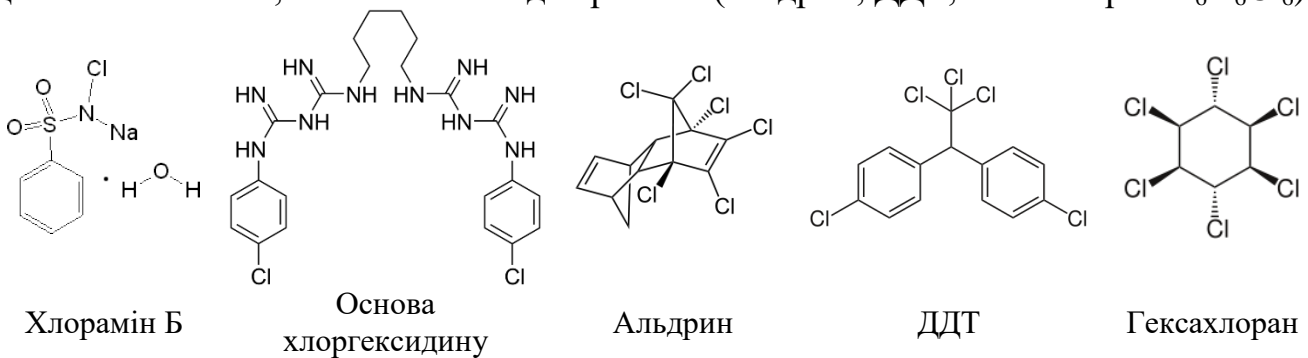
У водних розчинах препарати хлору можуть утворювати гіпохлоритну кислоту, яка розкладається на активний хлор і кисень, виявляючи властивості галогенів та окисників:



Хлорамін Б містить 25–29 % активного хлору. На відміну від хлорного вапна, віддає хлор повільно. Протимікробна дія його слабша, але триваліша, мало подразнює тканини. Виявляє також антимікотичну і дезодоруючу активність. Його призначають у вигляді розчинів для лікування інфікованих ран, дезінфекції рук, металевих інструментів, зовнішньої дезінфекції.

Хлоргексидину біглюконат містить поверхнево-активну речовину, є одним з найактивніших місцевих антисептичних засобів. Для знезараження операційного поля і швидкої стерилізації інструментів використовують 20 % розчин (у банках по 500 мл) із 70 % етанолом (1 : 40). Для дезінфекції ран, опіків використовують 0,05 % розчин; для промивання сечового міхура – 0,02 %; для дезінфекції рук – 0,5 % спиртовий розчин; для дезінфекції приміщень – 0,1 % водний розчин.

Поширені хлорорганічні інсектициди – речовини, що вбивають шкідливих для посівів комах, але безпечних для рослин (альдрин, ДДТ, гексахлоран $\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$).



Знезараження води «хлорування» – найпоширеніший спосіб обробки питної води. Застосовують хлор Cl_2 , хлор (IV) оксид ClO_2 , хлорамін NH_2Cl і хлорне вапно $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$.

У харчовій промисловості зареєстрований як харчова добавка E925.

Джерела надходження: кухонна сіль, капуста, печінка тріски, яєчний жовток, сир, шпинат, помідори. Враховуючи зв'язок хлору і натрію, надходження в організм цих елементів тісно взаємопов'язано. Необхідно підтримувати надходження в організм Хлору і Натрію в пропорції 1: 2. Добовий кругообіг Хлору у дорослих 85–250 ммоль. Людина споживає 5–10 г NaCl на добу.

МАГНІЙ

Загальна характеристика. Елемент ІІА групи, 3 періоду ПС (*s*-елемент, метал), характерний ступінь окиснення +2.

Mg	$3s^2$	12
24,31	Магній	

Іон Mg^{2+} міститься у морський воді, надаючи їй гіркою присмаку, у природних розсолах, надає постійної твердості воді. Магній завжди міститься у рослинах – як комплексоутворювач входить до складу хлорофілу.

Топографія та вміст в організмі: 140 г (0,2%), 2/3 цієї кількості міститься у кістковій тканині, решта – у головному мозку, м'язках тканинах та рідинах. Входить до складу кісток (7–18) $10^{-2}\%$, м'язів – 0,09%, крові – 37,8 мг/л.

Добова потреба дорослої людини 250–500 мг. Потреба зростає при стресах, атеросклерозі, ішемічній хворобі серця, жовчнокам'яній і гіпертонічній хворобах.

Нестача, навіть незначний дефіцит, може бути причиною серцевих хвороб, а серйозна нестача призводить до згубних наслідків, як правило, до інфаркту міокарда. Спричиняє захворювання кишківника; симптоми ниркової недостатності; дратівливість і порушення емоційного стану; посмикування м'язів, тремтіння рук, м'язові судоми, тремтіння і слабкість в м'язах; серцеву аритмію, спазмофілію; порушує структуру кісткової тканини; гіпертрофію плода; руйнує структуру рибосом; уповільнює алкогольну інтоксикацію.

Надлишок значно пригнічує ріст. Дуже високий вміст у крові зумовлює «магнезіальний наркоз», або сонливість. При хворобах печінки може викликати сонливість, загальмованість, уповільнення пульсу, гіпотонію; параліч і асфіксію; вдихання парів викликає «ливарну лихоманку», зумовлену порушенням роботи нирок, а іноді – при лікуванні препаратами Li.

Токсичність: сполуки нетоксичні.

Біологічна роль в організмі. Найважливіший внутрішньоклітинний елемент. Бере участь в обмінних процесах, тісно взаємодіючи з Калієм, Натрієм, Кальцієм; активатор багатьох ферментативних реакцій (гідроліз і перенесення фосфатної групи, функціонування Na^+-K^+ -АТФ насоса, Ca^{2+} -АТФ насоса, протонного насоса).

Нормальний рівень Магнію необхідний для забезпечення "енергетики" життєво важливих процесів, регуляції нервово-м'язової провідності, тонуусу гладких м'язів (судин, кишечника, жовчного і сечового міхура).

Стимулює утворення білків і нуклеїнових кислот; регулює обмін білків, жирів і вуглеводів та зберігання і вивільнення АТФ; знижує збудження в нервових клітинах. Перешкоджає проходженню іонів кальцію через пресинаптичну мембрану (частина хімічного синапса утворена закінченням нейрона, що передає нервовий імпульс); контролює баланс внутрішньоклітинного калію; знижує кількість ацетилхоліну в нервовій тканині; розслабляє гладкі м'язи; знижує артеріальний тиск (особливо при його підвищенні); пригнічує агрегацію тромбоцитів; підвищує осмотичний тиск у просвіті кишечника; прискорює пасаж кишкового вмісту.

Магній відомий як протистресовий біоелемент, здатний створювати позитивний психологічний настрій. Магній укріплює імунну систему, має антиаритмічну дію, сприяє відновленню сил після фізичних навантажень.

Є фізіологічним антагоністом Кальцію. Ці два найближчі електронні аналоги, легко витісняють один одного зі сполук. Дефіцит Mg в дієті, багатій на Ca, обумовлює затримку останнього в усіх тканинах.

У рослинах Магній знаходиться у зв'язаній формі, у вигляді фосфатів у протоплазмі, у молекулі хлорофілу, а у формі неорганічних солей – у клітинному соку. Під впливом магнієвих добрив покращується синтез вітамінів А і С.

Використання у фармації та медицині.

Входить до складу кровозамінних препаратів, які виявляють заспокійливу, снодійну, протисудомну, антацидну, знеболювальну, сечогінну, спазмолітичну та жовчогінну дію. Як макроелемент, входить до складу полівітамінних препаратів.

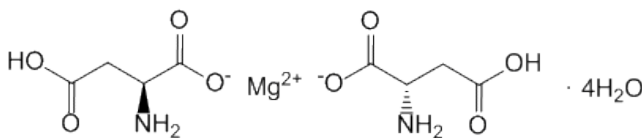
Сполуки Магнію виявляють антифагоцитарну активність і також можуть бути гербіцидним метаболітом.

Магній карбонат $MgCO_3$ і магній оксид MgO застосовують для нейтралізації підвищеного вмісту хлоридної кислоти шлункового соку і як легкі послаблюючі.

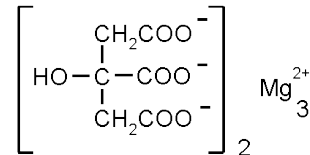
Алмагель, Риволокс, Алюмаг (містять $Mg(OH)_2$) застосовують при виразках шлунка та дванадцятипалої кишки.

Магній пероксид MgO_2 призначають як дезінфікуючий засіб при диспепсії, бродінні у шлунку і при проносах. Магній сульфат («англійська сіль») $MgSO_4$ застосовують як проносний, жовчогінний (при цьому введення препарату здійснюється через дуоденальний зонд) і беззаспокійливий засіб при спазмах жовчного міхура. Розчин вводять парентерально як протисудомний засіб при еклампсії, епілепсії, хорей, тетанії і як антиспастичні ліки при затримці сечовипускання, бронхіальній астмі, гіпертонічній хворобі.

Аспарагінат, цитрат та інші органічні солі магнію використовують при виготовленні дієтичних добавок і препаратів з широким спектром лікувально-профілактичної дії, таких, як хронічний стрес, захворювання серцево-судинної системи, сечокам'яна хвороба та ін.



Магній аспарагінат



Магній цитрат

Комплексні сполуки магнію надходять у печінку, де використовуються для синтезу біологічно активних сполук.

Джерела надходження: гречаний мед, цитрусові, злаки і крупи, фініки, інжир та інші сухофрукти, овочі, особливо листові, горох, козяче молоко, ячний жовток, насіння, поварена сіль, вода.

Майже не піддається змінам при кулінарній обробці; в овочах велика частина Mg «залягає» безпосередньо під шкіркою; легше засвоюється з молочних продуктів. Сіра, неочищена кухонна сіль містить до 1,7 % магній хлориду і сульфату, а біла очищена всього 0,35–0,45 %.

Частина іонізованого Магнію відщеплюється від солей їжі ще в шлунку і всмоктується у кров. Основна частина важкорозчинних солей магнію переходить у кишечник і всмоктується лише після їх з'єднання із жирними кислотами. У ШКТ абсорбується до 40–45 % магнію.

Особливо багато солей магнію у морській воді. Питна вода містить солі магнію, якщо його кількість у воді збільшується, таку воду називають твердою.

Запобігає засвоєнню надлишок Кальцію. Оптимальне співвідношення $Ca : Mg = 1 : 0,5$.

Біоелементи – життєво необхідні мікроелементи

ФЕРУМ

Загальна характеристика. Елемент VIII групи, 4 періоду ПС (*d*-елемент, метал), характерні ступені окиснення 0, +2, +3.

Fe	$3d^6 4s^2$	26
55,85	Ферум	

Топографія в організмі, вміст та потреба. В організмі дорослої людини міститься 4 г Феруму. Накопичується здебільшого в печінці, кістковому мозку, селезінці (до 20% від загальної кількості). Маже 60% входить до складу гемоглобіну (червоного пігменту крові), міоглобіну, цитохромів.

Вміст Феруму у волоссі у чоловіків вищий, ніж у жінок. При захворюваннях печінки його вміст у волоссі значно збільшується.

Добова потреба дорослих 6–14 мг (жінки 18 мг), вагітних та лактуючих жінок 33–38 мг. Щодоби 10% Fe втрачається лущенням епітелію та з жовчю.

Оптимальна інтенсивність надходження Феруму – 10–20 мг/добу. Дефіцит розвивається при надходженні в організм менше ніж 1 мг/добу.

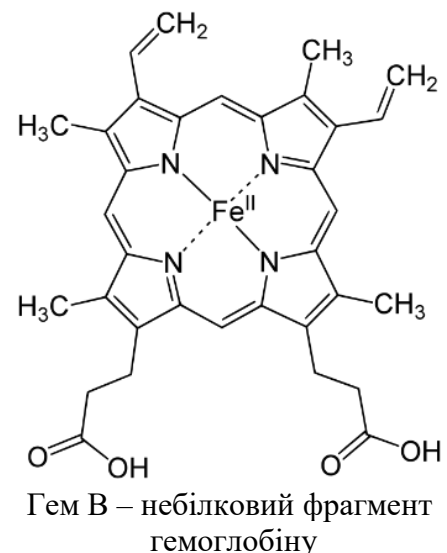
Нестача спричиняє анемію; набряки; ослаблення імунної системи і часті простудні захворювання; перевтому, дратівливість, безсоння, головний біль; оніміння кінцівок; сухість шкіри, ламкість нігтів; імпотенцію. Дефіцит частіше спостерігається у дітей в періоди інтенсивного росту, при великих крововтратах.

Надлишок відкладається у печінці, підшлунковій залозі і серцевому м'язі. Спричиняє ослаблення імунної системи, знижує засвоєння Zn; викликає аритмію. Гіпермінералоз часто спостерігається у дітей до 3 р. при передозуванні вітамінних препаратів.

Токсичність: токсична доза 150–200 мг, летальна доза 7–35 г.

Біологічна роль в організмі. Відіграє важливу роль у процесах виділення енергії, ферментативних реакціях, забезпеченні імунних функцій, метаболізмі холестерину.

У складі гемоглобіну крові Ферум забезпечує перенесення кисню від легень до тканин, а у зворотному напрямку – вуглекислого газу; входить до складу м'язового міоглобіну, стимулюючи клітинне дихання; входить до складу окисних ферментів, транспортуючи електрони (каталази, пероксидази, цитохрому); входить до активного центру ряду ферментів (гідролаз, супероксиддисмутази); стимулює внутрішньоклітинні процеси обміну; є складовою частиною протоплазми і клітинних ядер; необхідний для нормального функціонування імунної системи (білок трансферин входить до складу лімфоцитів); підвищує тонус організму і потенцію.



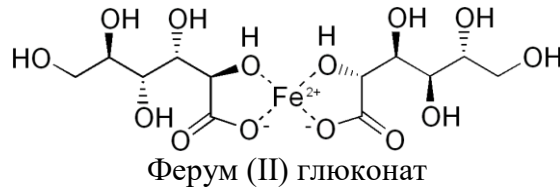
Міститься в організмах усіх тварин і в рослинах, входить до складу цитоплазми рослин, бере участь у процесі фотосинтезу.

Використання у фармації та медицині.

Основне призначення препаратів – профілактика і терапія залізодефіцитних станів при лікуванні гіпохромної та хронічної постгеморагічної анемії.

Використовують солі Fe^{2+} та Fe^{3+} , частіше у складі комплексних препаратів, що дозволяє забезпечити якісне надходження Феруму з ШКТ, стимулює синтез ферумвмісних метаболітів (у т.ч. гемоглобіну) та регулює еритропоез.

Перорально застосовують ферум (II) глюконат (феронал), ферум (II) хлорид FeCl_2 (гемофер), ферум (II) сульфат FeSO_4 (гемофер пролонгатум). Для парентерального застосування $\text{Fe}(\text{OH})_3$ сахарат (венофер), Fe_2O_3 з декстраном (феролек-плюс для ін'єкцій), комплекс $\text{Fe}(\text{OH})_3$ з полімальтозою (ферум лек, мальтофер), комплекс Феруму з карбоксиметилцелюлозою (феростат) та з полімальтозою (ферум лек, мальтофер).



Препарати комбінують з різними речовинами: вітаміном B_{12} і фолієвою кислотою (гемоферон, ранферон), полівітамінами і фолієвою кислотою (ферамін-віта), полівітамінами (вітафер, фонотек, фенюльс), полівітамінами і мінералами (актиферин, ранферон-12, фероплект, ферумаксин).

Радіоактивні ізотопи ^{59}Fe застосовують при дослідженнях обміну Феруму в організмі, ^{52}Fe (період напіврозпаду 8 год) при скануванні головного мозку.

Ферум (II) сульфат FeSO_4 використовують для лікування анемії. Ферум (III) хлорид ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) – як компонент кровоспинних засобів.

Ферумвмісні дієтичні добавки застосовують для заповнення відносного або абсолютного дефіциту особливо в період вагітності, лактації, при крововтраті та у періоди росту і розвитку.

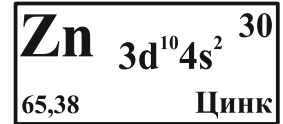
Джерела надходження. Харчові продукти тваринного походження містять Ферум у формі, що легко засвоюється. Деякі рослинні продукти також багаті на Ферум, проте його засвоєння організмом відбувається важче. Організм засвоює до 35 % "тваринного" Феруму. Велика кількість міститься в яловичині, яловичій печінці, рибі (тунець), гарбузі, устрицях, вівсяній та гречаній крупах, какао, горосі, листовій зелені, пивних дріжджах, інжирі і родзинках.

Сприяють засвоєнню цибуля-порей, горіхи, горох, яблука, тушковані овочі, вітаміни B_2 , B_6 , фолієва кислота, Cu .

Запобігають засвоєнню солодкий чай, кава, пшениця, зернові продукти тонкої обробки (булки, батони), продукти з підвищеним вмістом Ca , P , Zn .

ЦИНК

Загальна характеристика. Елемент ІВ групи, 4 періоду ПС (*d*-елемент, метал), характерні ступінь окиснення +2.



Топографія в організмі, вміст та потреба. Вміст у дорослому організмі 2–3 г. Найбільше міститься у передміхуровій залозі, спермі, шкірі, волоссі, м'язовій тканині ($2,4 \cdot 10^{-2}\%$), клітинах крові (7,0 мг/л), печінці, кістковій тканині ($(0,75–1,7) \cdot 10^{-2}\%$).

Добова потреба дорослих 15–20 мг (жінки 12–18 мг), вагітних та лактуючих жінок 25 мг, немовлят 4–6 мг.

Нестача викликає гіпогонадізм, що спричиняє порушення росту, проблеми загоєння ран, імунітету та менструального циклу, зниження гостроти смаку та нюху, смакові збочення, зміни апетиту, схильність до простудних захворювань, висипання на шкірі, тьмяне волосся. Хронічний дефіцит Zn – одна з причин карликовості. Ризик виникнення дефіциту високий у підлітків, людей похилого віку, у хворих з ураженнями ШКТ, у періоди після травми або хвороби.

Надлишок спричиняє пригнічення окисних процесів; анемію; порушення імунної системи, пригнічення діяльності Т-лімфоцитів і гранулоцитів; вторинну нестачу Cu, підвищення рівня холестерину у крові; може викликати передчасні пологи і народження мертвого плоду; підвищує ризик розвитку СНІДу у ВІЛ-інфікованих; порушення травлення.

Токсичність: сполуки Zn токсичні, особливо хлорид і сульфат; токсична доза 150–600 мг; летальна доза 6 г. Радіоактивний ^{65}Zn здатний концентруватися в харчових ланцюгах (біологічне накопичення).

Біологічна роль в організмі. Необхідний для нормального перебігу багатьох біохімічних процесів, є кофактором великої групи ферментів, що беруть участь у білковому та інших видах обміну.

Входить до складу ферментів: карбоангідази (прискорює розкладання гідрогенкарбонатів у крові, забезпечуючи швидкість процесів дихання і газообміну, сприяє видаленню з організму CO_2), супероксидисмутази (антиоксидант – руйнує вільні радикали), лактатдегідрогінази, лужної фосфатази, статевого гормону дигідрокортикостерону.

Входить до складу інсуліну (регулює рівень цукру в крові), підсилює дію гормонів гіпофіза; впливає на репродуктивну функцію: покращує функцію простати, регулює рівень тестостерону в крові, необхідний для розвитку статевих залоз; виявляє гонадотропну дію (збільшує рухливість сперматозоїдів і їх здатність проникати в яйцеклітину).

Бере участь у синтезі білків, обміні нуклеїнових кислот і утворенні їх спіральної структури, утворенні колагену і формування кісток. Відіграє важливу роль у процесах регенерації шкіри, росту волосся і нігтів, секреції сальних залоз.

Стимулює роботу тимусу, впливає на синтез і дозрівання Т-лімфоцитів тому прийом препаратів Цинку зменшує тривалість простудних захворювань.

Сприяє всмоктуванню вітаміну Е і підтримці нормальної концентрації цього вітаміну в крові. Важливу роль відіграє в переробці організмом алкоголю, тому недостатній вміст цинку може підвищувати схильність до алкоголізму (особливо у дітей і підлітків). Цинк укріплює імунну систему організму і має детоксикуючу дію.

Необхідний для утворення хлоридної кислоти шлунка; здатний сповільнювати розвиток ракових пухлин, але може бути і канцерогеном, мутагеном, антидепресантом.

Використання у фармації та медицині.

Препарати з цинк сульфатом $ZnSO_4$ використовують для лікування дефіциту Цинку, хвороб шкіри, волосся, нігтів, цирозу печінки, порушення загоєння ран.

Використання цинк сульфата. При кон'юктивітах призначають очні краплі (0,1–0,5%), при вагінітах та уретритах – розчин (0,1–0,5%) для спринцювання, а при ларингіті прописують 0,5%-ний розчин для змащування горла. При нестачі Цинку в організмі використовують цинк сульфат у таблетках: для профілактики – до 15 мг один раз на день, при терапії – 20-50 мг на добу.

Хелатні комплекси цинку (з аспарагіною, глюконою, піколіною кислотами, гістидином) мають підвищену біодоступність і їх використовують при лікуванні діабету, різних імунодефіцитних станів (СНІД), алопеції, безпліддя, хвороб шкіри, волосся, нігтів і печінки, у профілактиці простудних захворювань дітей, для поліпшення апетиту, у період розвитку та для концентрації уваги.



Цинк оксид ZnO – в'язучий, підсушуючий, дезінфікувальний засіб для зовнішнього застосування у вигляді присипок (дитячої і від пітливості ніг), мазей (цинкової і цинко-нафталанової), паст (цинкової і цинко-іхтіолової) при захворюваннях шкіри (дерматитах, виразках, опрілостях). Цинк оксид застосовують перорально при осередковому облісінні (гніздовій алопеції) у комплексі з цинковою маззю.

Свічки застосовують при тріщинах у задньому проході та геморої.

Для лікування грибкових захворювань шкіри застосовують мазь, що містить цинкову сіль ундециленової кислоти.

«Скін-кап» (аерозоль, креми і шампуні) використовують для лікування псоріазу шкіри волосистої частини голови та шкіри, себорейного дерматиту, екземи.

На основі Цинку створений принципово новий препарат для лікування виразкової хвороби шлунка та дванадцятипалої кишки – полапрецинк; препарати для профілактики і лікування аденоми передміхурової залози, ішемічної хвороби серця та інших хвороб, до яких схильні люди старшого віку.

Джерела надходження: м'ясо птиці, яловичина (м'ясо та печінка), морепродукти (устриці, молюски, оселедець), крупи (зародки пшениці, рисові та вівсяні висівки), яєчний жовток, сир, боби, кунжут, морква, цибуля, шпинат, горіхи, гарбузове насіння, кавові зерна.

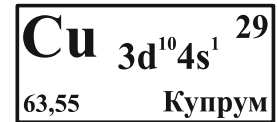
Сприяє засвоєнню біле сухе вино.

Запобігає засвоєнню вживання виробів з бездріжджового тіста, продуктів з великим вмістом Cu , Ca і Fe ; хронічний алкоголізм і наркоманія; прийом деяких ліків (протизаплідні препарати та ін.); часті дієти.

Кадмій (найближчий електронний аналог) витісняє Цинк з організму.

КУПРУМ

Загальна характеристика. Елемент ІВ групи, 4 періоду ПС (*d*-елемент, метал), характерні ступені окиснення +1, +2.



Топографія в організмі, вміст та потреба. Вміст в організмі дорослих 70–120 мг. Приблизно по 30% містять у собі печінка і мозок, а інша маса розподілена в м'язах, кістках, крові і нирках. Купрум здатний проникати в усі клітини, тканини і органи.

Добова потреба дорослих 5–15 мг, зростає при значних фізичних навантаженнях.

Нестача спричиняє анемію (гальмується включення Феруму у структуру гема), зниження тривалості життя еритроцитів, захворювання кісткової системи, зниження імунних можливостей організму, прогресуючу короткозорість, тонзиліти.

Дефіцит Купруму виявляється у ліпідному складі плазми крові: підвищується вміст холестерину, тригліцеридів і фосфоліпідів за рахунок пригнічення ліпопротеїнази, яка діє на ліпопротеїн дуже низької густини, перетворюючи їх у структури, близькі до ліпопротеїнів низької густини; при недостатності ферменту цей процес порушується, що призводить до гіперхолестеринемії.

Надлишок спричиняє анемію, гемолітичну жовтяницю, переродження печінки, хворобу Вільсона, аутоімунні реакції.

Токсичність: токсична доза 250 мг.

Біологічна роль в організмі. Провідну роль у метаболізмі Купруму відіграє печінка, оскільки тут синтезується білок церулоплазмін, що має ферментативну активність і бере участь у регуляції гомеостазу елемента. Купрум блокує SH-групи білків і ферментів (пепсин, амілаза та ін.).

Каталізує ряд клітинних процесів, особливо обмін вуглеводів (окиснення глюкози, розпад глікогену в печінці); підсилює водний, газовий і мінеральний обмін. Входить до складу багатьох важливих ферментів – цитохромоксидази, тирозинази, аскорбінази.

Входить до складу багатьох вітамінів (зокрема, В1), гормонів, ферментів, дихальних пігментів, бере участь у процесах обміну речовин, тканинному диханні.

Підтримує нормальну структуру кісток, хрящів, сухожилів (колаген), еластичність стінок кровоносних судин, легеневих альвеол, шкіри (еластин).

Входить до складу мієлінових оболонок нервів. Підвищує проникність мембран мітохондрій.

Бере участь у системі антиоксидантного захисту організму, є кофактором супероксиддисмутази, яка нейтралізує вільні радикал-іони кисню. Підвищує стійкість організму до деяких інфекцій, зв'язує мікробні токсини і підсилює дію антибіотиків.

Має виражену протизапальну дію, пом'якшує прояви аутоімунних захворювань (ревматоїдний артрит), сприяє засвоєнню Феруму. Бере участь в кровотворенні (еритропоез, синтез гема); впливає на чутливість хеморецепторів кровоносних судин і внутрішніх органів; регулює ріст і розвиток організму; необхідний для прояву статевого потягу і нормальної потенції.

Входить до складу аполіпопротеїду (апо-В) і необхідний для його переведення у розчинну форму, дефіцит купруму зумовлює структурні зміни апо-В і ускладнює його зв'язування рецепторним білком.

Використання у фармації та медицині.

Препарати солей Купруму використовують зовнішньо у терапії запальних процесів слизових оболонок, фізіотерапії у вигляді мазей, розчинів.

Купрум (II) сульфат CuSO_4 застосовують як в'яжучий і антисептичний засіб при лікуванні кон'юнктивітів (у вигляді очних крапель), для припікання при трахомі (у вигляді очних олівців – сплав купрум (II) сульфату, калій нітрату, галунів і камфори). Слабкі розчини (0,25–0,5 %) використовують при лікуванні гострих запальних захворювань шкіри для примочок, промивань при уретритах, спринцювань. Розчином (5 %) змочують уражені ділянки шкіри при опіках фосфором та приймають перорально (0,3–0,5 г CuSO_4 на 1/2 склянки води, промивають шлунок 0,1 % розчином) при отруєнні білим фосфором. Одноразово (0,5 г) використовують як блювотний засіб.

Купрум (II) цитрат застосовують у вигляді очної мазі (1–5 %) при трахомі і кон'юнктивітах. Для лікування трахоми використовують також мазь офтальмол, що містить 5 частин купрум (II) цитрату, 6 частин ланоліну безводного і вазелін.

Купрум, у поєднанні із Ферумом, застосовують при лікуванні дітей з гіпохромною анемією.

Препарати, що містять Купрум у складі спеціальних харчових продуктів, використовують у лікуванні і профілактиці захворювань опорно-рухового апарату, гіпотиреозу.

У гінекологічній практиці використовують мідну внутрішньоматкову спіраль (як засіб контрацепції), що додатково виявляє антимікробну дію.

Джерела надходження. В основному з їжею. У деяких овочах і фруктах міститься 30–230 мг Купруму. Міститься у продуктах моря, яловичій печінці, бобах, капусті, картоплі, кропиві, кукурудзі, моркві, шпинаті, яблуках, какао-бобах.

Сприяють засвоєнню сир, сметана, сир, соя, вівсяні пластівці, чорнослив, патока, ячні жовтки, пиво.

Запобігають засвоєнню продукти з великим вмістом вітаміну С, фрукти, овочі.

МАНГАН

Загальна характеристика. Елемент VIII групи, 4 періоду ПС (*d*-елемент, метал), характерні ступені окиснення +2, +4, +6, +7.

Mn $3d^5 4s^2$ 25
54,94 Манган

Топографія в організмі, вміст та потреба. В організмі дорослих (на 70 кг) – 12 мг. Міститься у кістковій тканині ((0,2-100) $10^{-4}\%$), м'язах ((0,2-2,3) $10^{-2}\%$), крові (0,0016-0,075 мг/л).

Добова потреба дорослих – 2–5 мг, біодоступність – 3–5%. Оптимальна інтенсивність надходження в організм 3–5 мг/добу.

Нестача виникає при надходженні у дозі меншій, ніж 1 мг/добу. Сприяє зниженню виробництва інсуліну, остеопороз, анемію при фізичних навантаженнях, розростання ендемічного зобу.

Надлишок спричиняє захворювання кісткової системи; при вдиханні пилу, що містить Mn розвивається «марганцева» пневмонія і ураження центральної нервової системи; летаргії, синдром Паркінсона.

Токсичність: токсична доза – 10–20 мг.

Біологічна роль в організмі. Належить до найважливіших біоелементів (мікроелементів) і є компонентом безлічі ферментів, виконуючи в організмі численні функції: перешкоджає вільнорадикальному окисненню, забезпечує стабільність структури клітинних мембран; входить до складу металопротеїнового комплексу ферментів; сприяє нормальному росту і розвитку молодих організмів, бере участь в остеогенезі, забезпечує розвиток сполучної тканини, хрящів і кісток, ембріональний розвиток внутрішнього вуха, нормальне функціонування м'язової тканини.

Має нейрофізіологічну дію: бере участь у синтезі і обміні нейромедіаторів у нервовій системі, підвищує збудливість адренореактивних систем, підвищує чутливість хеморецепторів та охоронне гальмування в корі великих півкуль.

Прискорює синтез ДНК; є активатором ферментів (карбоксилази); стимулює синтез холестерину і жирних кислот; бере участь в кровотворенні, синтезі вітаміну С, інсуліну; підсилює гіпоглікемічний ефект інсуліну та гліколітичну активність.

Використання у фармації та медицині.

Калій перманганат $KMnO_4$ (водні розчини) застосовують як антисептичний, дезінфікуючий засіб та як антидот ціанідів та бойових отруйних речовин.

Для полоскання, спринцювання в хірургічній, гінекологічній, урологічній, оториноларингологічній, стоматологічній практиці застосовують 0,01–0,02–0,1% розчини, для промивання ран застосовують 0,1–0,5% розчини, для змазування (зрошення) виразкових і опікових поверхонь застосовують 2–5% розчини. При отруєннях – промивання шлунка, застосовують 0,01–0,1% розчин.

Органічні сполуки (манган аспарагінат) використовують у мінерально-вітамінних комплексах, спеціальних харчових продуктах, для лікування і профілактики різних захворювань (зокрема, назальний спрей при лікуванні алергічного риніту).

Джерела надходження: ананаси, темний рис, овес, печінка, горіхи, петрушка, соя, чай, житній хліб, пшеничні і рисові висівки, горох, картопля, буряк, помідори, чорниці і деякі рослини (багно, евкаліпт).

Сприяють засвоєнню продукти з високим вмістом вітаміну С, алкоголізм.

Запобігають засвоєнню продукти з великим вмістом Р, Са, Fe, Cu.

МОЛІБДЕН

Загальна характеристика. Елемент VIВ групи, 5 періоду ПС (*d*-елемент, метал), характерні ступені окиснення +4, +6.

Mo	$4d^5 5s^1$	42
95,94	Молібден	

Топографія в організмі, вміст та потреба. Організм дорослих містить 9 г мікроелемента, який концентрується в кістках ($7 \cdot 10^{-5}\%$), нирках і наднирниках, у підшлунковій і щитовидній залозах, печінці, мозку, м'язах ($1,8 \cdot 10^{-6}\%$) та крові (0,001 мг/л).

Добова потреба дорослих – 75–300 мкг, дітям до десятирічного віку, залежно від маси, необхідно вживати 15–150 мкг.

Нестача спричиняє карієс зубів, анемію.

Надлишок виникає у результаті інтоксикації на виробництві, вживання препаратів з Молібденом у великих дозах. Надмірний вміст у питній воді викликає ендемічну подагру або молібденовий токсикоз, хвороби серцево-судинної системи; порушення пуринового обміну.

Токсичність: водорозчинні сполуки токсичні у дозі 5 мг; летальна доза – 50 мг (для щурів).

Біологічна роль в організмі. Вперше фізіологічне значення Молібдену для організму тварин і людини було встановлено при дослідженні його впливу на активність ферменту ксантиноксидази у 1953 р.

Входить до складу ферментів: альдегідоксидази, сульфітоксидази, ксантиноксидази. Засіб профілактики анемії, оскільки входить до складу ферменту, що бере участь у засвоєнні Феруму. Амоній тіомолібдат $(\text{NH}_4)_2\text{MoS}_4$ (розчинна сіль Молібдену) є антагоністом Си, порушує його утилізацію в організмі. Допомогає досить швидко вивести з організму алкогольні токсини, що сприяє зняттю алкогольного отруєння.

Підтримує у хорошому стані зубну тканину – затримує фтор, необхідний для запобігання руйнування зубів і для профілактики карієсу.

Бере участь у синтезі вітамінів і амінокислот, формує здорову флору кишечника. Стимулює синтез аскорбінової кислоти ферментами, бере участь у виробленні гемоглобіну, здатний виводити сечову кислоту з організму (знижує ризик розвитку подагри, яка формується в результаті накопичення цієї кислоти).

Відповідає за регуляцію процесів росту та обміну речовин. Нормалізує обмін речовин – бере участь у метаболізмі білків, жирів і вуглеводів. Є відмінним антиоксидантом, особливо в статевій сфері – знижує ризик розвитку імпотенції.

Останнім часом доведено протиракову активність Молібдену – стимулює дію ферменту, що перешкоджає утворенню канцерогенів.

Використання у фармації та медицині. Ізотоп ^{99}Mo (у формі амоній молібдату $(\text{NH}_4)_2^{99}\text{MoO}_4$) використовують у складі радіофармпрепаратів для лікування онкологічних захворювань (новоутворень головного мозку, чоловічого безпліддя), проведення діагностичних процедур (сканування печінки, дослідження циркуляції крові у м'язах), не опромінюючи при цьому весь організм і не отруюючи його хіміотерапією.

Джерела надходження: злаки, бобові, молоко, морква. Найкраще засвоюється при вживанні в їжу зелених листових овочів.

КОБАЛЬТ

Загальна характеристика. Елемент VIIIВ групи, 4 періоду ПС (*d*-елемент, метал), характерні ступені окиснення +2, +3.

Co	$3d^7 4s^2$	27
58,93	Кобальт	

Топографія в організмі, вміст та потреба. Вміст в організмі дорослих (масою 70 кг) 1,5 мг – у печінці (0,11 мг), скелетних м'язах (0,20 мг), кістках (0,28 мг), волоссі (0,31 мг), жировій тканині (0,36 мг).

Добова потреба дорослих – 0,005–1,8 мг.

Нестача спричиняє акобальтоз, злоякісну анемію (малокрів'я), затримку росту, авітаміноз V_{12} , посилення ендемічного зобу.

Надлишок спричиняє поліцитомію (збільшення числа формених елементів крові); гіпертиреодизм, серцеву недостатність, пригнічення синтезу вітаміну V_{12} .

Токсичність: розчинні сполуки (500 мг).

Біологічна роль в організмі. Життєво необхідний елемент: впливає на ріст та розвиток організму; один з основних компонентів вітаміну V_{12} (ціанокобаламіну). Підвищує засвоєння Феруму і синтез гемоглобіну. Стимулятор еритропоезу. Має нейрофізіологічну дію: підвищує збудливість адренореактивних систем, знижує чутливість хеморецепторів до ацетилхоліну, пригнічує нервово-м'язову передачу. Впливає на всі види обміну, бере участь у розпаді вуглеводів; пригнічує дихання тканин кісткового мозку, печінки, нирок; активно бере участь у ферментативних процесах та утворенні гормонів щитовидної залози, пригнічує обмін йоду.

Використання у фармації та медицині. Солі Кобальту у складі вітамінно-мінеральних комплексів використовують у лікуванні багатьох захворювань. Вітамін V_{12} використовують при лікуванні анемії: постгеморагічних і залізодефіцитних, викликаних токсичними і лікарськими речовинами, апластичних (у дітей). Застосовується при лікуванні захворювань нервової системи і шкірних хворобах. Стимулює процес кровотворення, ефективно впливає на обмін речовин, у першу чергу на синтез білків, а також має здатність відновлювати –S–S– групи, що беруть участь у процесах блокування і утилізації токсичних елементів.

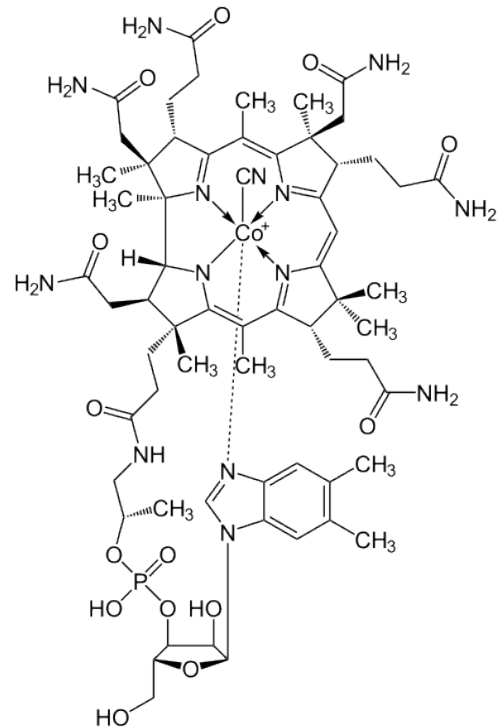
При введенні Кобальту у кістковий мозок збільшується утворення молодих еритроцитів і гемоглобіну, для чого необхідна наявність в організмі достатньої кількості Феруму, оскільки процес кровотворення може здійснюватися лише при нормальній взаємодії трьох біоелементів – Кобальту, Купруму та Феруму.

Кобальт (II) хлорид $CoCl_2$ у вигляді 20 % розчину використовували при лікуванні гіпертонічної хвороби. Радіоактивні ізотопи ^{60}Co застосовують у радіоізотопній діагностиці і для променевої терапії.

Джерела: риба, щавель, бобові, мед, вода, пиво, печінка, молоко, червоний буряк, редис, зелена цибуля, капуста, петрушка, салат, часник.

Сприяє засвоєнню присутність Fe.

Запобігає засвоєнню надлишок Cu.



Вітамін V_{12} (ціанокобаламін)

ХРОМ

Загальна характеристика. Елемент VIВ групи, 4 періоду ПС (*d*-елемент, метал), характерні ступені окиснення +2, +3, +6.

Cr	$3d^5 4s^1$	24
52,00	Хром	

Топографія в організмі, вміст та потреба. Вміст в організмі дорослих (масою 70 кг) – 6–12 мг. У тканинах органів вміст Хрому в десятки разів вищий, ніж у крові. Найбільша кількість міститься у печінці (0,2 мкг/кг) і нирках (0,6 мкг/кг), кишечнику, щитовидній залозі, хрящовій і кістковій тканинах, у легенях (при надходженні сполук Хрому з повітрям).

При вагітності спостерігається істотне зниження концентрації Хрому у волоссі та сечі. Рівень елемента у волоссі також знижений у недоношених дітей і при затримці розвитку. Вміст Хрому у тканинах з віком знижується.

Добова потреба дорослих – 50–200 мкг. Біозасвоюваність з неорганічних сполук у ШКТ – усього 0,5–1 %, зростає до 20–25 % при надходженні Хрому у вигляді комплексних сполук (піколінат, аспарагінат). Хром (VI) засвоюється у 3–5 разів краще, ніж хром (III). У легенях осідає до 70 % Хрому у вигляді пари і пилу, що може викликати рак легень.

Нестача спричиняє постійне відчуття втоми, головний біль, проблеми зі сном, болі і судоми в ногах, порушення координації рухів, тремтіння кінцівок, зміну маси тіла (різке збільшення або зниження), зміну рівня глюкози у крові – порушенням толерантності до глюкози (гіпо- або гіперглікемія), порушення репродуктивної функції. Ризик розвитку дефіциту Cr високий у вагітних і годуючих жінок, тому що плід посилено його акумулює. На сьогодні вважається, що дефіцит Хрому може бути одним з факторів розвитку раку.

Надлишок трапляється рідко. Може виникати при підвищеній концентрації у повітрі, зловживанні препаратами і добавками, що містять Хром або при порушенні обміну речовин. Викликає запальні захворювання слизових оболонок ротової порожнини і верхніх дихальних шляхів, алергічні захворювання шкіри, токсичні ураження печінки та нирок.

Токсичні водорозчинні сполуки (у дозі 200 мг), летальна доза 3,0 г.

Біологічна роль в організмі. Підтримує структурну цілісність нуклеїнових кислот (входить до складу РНК, ДНК, забезпечує їх стабільність та передачу інформації клітинам організму).

Контролює рівень холестерину в крові (бере участь у жировому обміні, активуючи розщеплення ліпідів і виведення холестерину з крові). Зниження концентрації Хрому спричиняє накопичення жирової тканини, відкладення холестерину на стінках судин і погіршення роботи серцево-судинної системи.

Бере участь у регуляції рівня глюкози в крові: входить до складу хімічного активатора «фактора толерантності до глюкози», взаємодіючи з інсуліном ця сполука «захоплює» глюкозу в крові і транспортує її до клітин, забезпечуючи її розщеплення і виділення енергії, потенціює дію інсуліну в периферичних клітинах. При дефіциті спостерігається зниження поглинання глюкози кристаліком ока, утилізації глюкози для ліпогенезу і зниження синтезу глікогену з глюкози. Усі ці порушення лікуються введенням сполук хрому та інсуліну.

Підвищує м'язовий тонус, прискорює ріст м'язової маси і збільшує фізичну силу і активність. Нейтралізує токсини, радіонукліди, солі важких металів та сприяє їх швидшому виведенню з організму.

Використання у фармації та медицині. У медичній практиці Хром використовують як мікроелемент. Входить до складу полівітамінних препаратів: вітрум, мегавіте, еншур, мультитабс, полівіт, супрадин, цевітам.

Хром (III) піколінат та аспарагінат застосовують у спеціальних харчових продуктах.

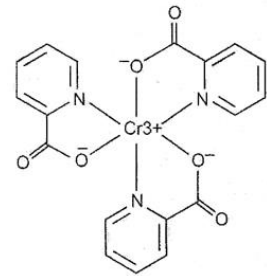
При збільшення потреби Хрому рекомендовано додавати у їжу пивні дріжджі, відвари меліси, шишок хмелю, гінґго білоба або препарати, що містять хром.

Ізотоп ^{51}Cr (період напіврозпаду 27,8 діб) має дуже м'яке рентгенівське випромінювання і невелику частку гамма-випромінювання, невисоку токсичність. Застосовують як радіоактивну мітку для радіоізотопної діагностики. У вигляді хлориду $^{51}\text{CrCl}_3$ використовують як мітку для плазми крові, у вигляді натрій хромату $\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$ – як мітку для еритроцитів у вивченні загального об'єму крові, плазми, тривалості життя еритроцитів і тромбоцитів, при кількісному аналізі крововтрати при прихованих кровотечах.

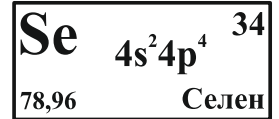
Джерела надходження. Природним джерелом Хрому для людини є рослини. Міститься в багатьох овочах, ягодах і фруктах, а також у рибі, креветках, крабах, печінці, курячих яйцях, пивних дріжджах і чорному перці.

Сприяють засвоєнню Хрому продукти з великим вмістом вітаміну С.

Запобігають засвоєнню продукти з великим вмістом Fe та Mn; вуглеводи, які легко засвоюються; систематичний прийом інсуліну; та продукти з волокнистою структурою (морква, буряк, капуста).



Хром (III) піколінат

СЕЛЕН

Загальна характеристика. Елемент VIA групи, 4 періоду ПС (*p*-елемент, неметал), характерні ступені окиснення +4, +6.

Топографія в організмі, вміст та потреба. Вміст в організмі дорослих (маса 70 кг) – 14 мг. Міститься у кістковій тканині $((1-9) \cdot 10^{-4}\%)$, м'язах $((0,42-1,9) \cdot 10^{-4}\%)$, крові (0,171 мг/л). Організм чоловіків містить більше Se. Накопичується перш за все у нирках і печінці, кістковому мозку, серцевому м'язі, підшлунковій залозі, легенях, шкірі і волоссі.

Добова потреба дорослих – 20–100 мкг. Оптимальна інтенсивність надходження – 20–70 мкг/день.

Нестача знижує працездатність, погіршує ясність мислення, ослаблює імунітет; швидко розвиваються професійні захворювання (шкідливе виробництво); застуди і шкірні захворювання погано гоються рани і травми; погіршується зір; у чоловіків розвивається імпотенція. Дефіцит виникає у разі надходження менше 5 мкг/добу, при тривалому прийомі деяких ліків (парацетамол, сульфати, препаратів проти малярії, фенацетину).

Надлишок виявляється при неправильному прийомі препаратів Селену, спричиняє лущення шкіри, випадіння волосся, розшаровування нігтів, руйнування зубів. В організмі починають накопичуватися канцерогени, виникають численні нервові розлади і запалення.

Токсичність: токсична доза – 5 мг.

Біологічна роль в організмі. Захищає імунну систему, підвищує опірність організму; сприяє виробленню різних антитіл, білих клітин крові (лейкоцитів); бере участь у виробленні червоних кров'яних клітин (еритроцитів); попереджає утворення вільних радикалів, що руйнують клітини, і зменшує їх кількість; стимулює утворення макрофагів, клітин-кілерів та інтерферону; контролює життя і діяльність клітини, попереджає запалення, ендокринні і серцево-судинні захворювання; оберігає від пошкоджень нуклеїнові кислоти, захищаючи структуру ДНК. Разом з Mg і Co, контролює нормальне ділення клітин, запобігаючи розвитку новоутворень.

Має синергізм з вітамінами E і C, які разом є потужними антиоксидантами, і можуть посилювати дію один одного, попереджаючи окиснення клітин і тканин організму, суттєво сповільнюючи старіння. Паралізує розмноження цвілевих грибів, знищує продукти їх життєдіяльності – афлатоксини (отруйні речовини, що вражають і руйнують печінку).

Стимулює процеси обміну, бере участь у побудові і функціонуванні глутатіонпероксидази, гліцинредуктази і цитохрому з основних антиоксидантних сполук. Селен – антагоніст Hg та As, здатний захистити організм від токсичної дії Cd, Pb, Tl, Pt (особливо на шкідливих виробництвах та при хіміотерапії) та інших формах антиоксидантного захисту.

Бере участь в утворенні ферменту – продуцента трийодтироніну, який нормалізує роботу щитовидної і підшлункової залоз, допомагає організму засвоювати жиророзчинні вітаміни, знижує загальну стомлюваність.

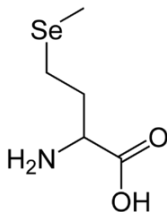
Має протизапальні властивості, попереджає розвиток артритів, бронхіальної астми, коліту, псоріазу, полегшує перебіг захворювань, попереджає розвиток розсіяного склерозу.

Необхідний для нормальної роботи статевої сфери і достатньої сексуальної активності чоловіків. Допомогає чоловікам продовжити період сексуальної активності, і зберігає здоров'я статевих органів. Постійно втрачається разом зі спермою, у разі недостатності повноцінне статеве життя стає неможливим. Раптова смертність немовлят чоловічої статі часто пов'язана з нестачею селену. Селен і вітамін Е в достатній кількості містяться в материнському молоці, при штучному годуванні виникає їх різкий брак. Запас селену у хлопчиків розподіляється по всьому організму, відкладається в значній кількості в яєчках і насінневих канатиках, тому нестача є загрозою для життя.

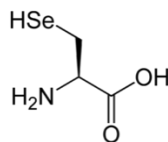
Використання у фармації та медицині. Препарати Селену використовують при лабораторно підтвердженій нестачі його в організмі, якщо він не може бути усунутий за спеціальними дієтами; для профілактики селенодефіциту; у комплексній терапії серцево-судинних захворювань, онкологічної патології, патології шлунково-кишкового тракту; при лікуванні інфекційних захворювань, ревматичних проявів і хвороби щитовидної залози. При великих фізичних навантаженнях, у період вагітності та лактації, у літньому віці, при стресах, незбалансованому харчуванні, інтоксикації важкими металами, а також при зловживанні алкоголем і нікотинном.

Препарати Селену використовують з 70-х років ХІХ ст. У ті часи це були харчові форми, натрій селенат. З часом з'явився більш активний синтетичний селенометіонін (L- і D-форми, активніша L-форма).

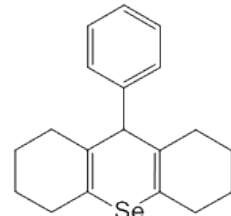
На сьогодні існує декілька органічних препаратів: селеноцистеїн, селенопіран, мебселен. Перспективним є застосування наноселену з розміром частинок менше 36 нм, що має низьку токсичність і є біологічно більш активним, краще накопичується в тканинах. Препарати Bioenergostims, Biostims з Oligo-Selenium покращують загальне здоров'я, фізичний, психологічний і емоційний стан без побічних ефектів; зменшують частоту та тривалість захворювань, зменшують необхідну дозу ліків; збільшують ефективність лікування і прискорюють одужання.



Селенометіонін



Селеноцистеїн,



Селенопіран

Радіоактивні ізотопи використовують у діагностиці (при дослідженнях хвороб підшлункової залози). Селен (IV) сульфід SeS_2 використовують у виробництві косметологічних засобів (шампуні, креми, мила, гелі) для профілактики та лікування себорейного дерматиту.

Джерела надходження. Природним джерелом Селену є харчові продукти. Високий вміст у часнику, свинячому салі, пшеничних висівках і білих грибах, оливковій олії, морських водоростях, пивних дріжджах, бобах, маслинах, кокосах, фісташках.

Запобігає засвоєнню: цукор та солодкі напої.

Сприяє засвоєнню вітамін Е.

ЙОД

Загальна характеристика. Елемент VIIA групи, 5 періоду ПС (*p*-елемент, неметал, галоген), характерні ступені окиснення: -1, +1, +3, +5, +7.

I	$5s^25p^5$	53
126,90	Йод	

Топографія в організмі, вміст та потреба. Вміст в організмі дорослих (на 70 кг) – 20–50 мг. Майже 50 % міститься у щитовидній залозі, кістковій тканині ($2,7 \cdot 10^{-5}$ %), м'язах ($(0,5-5) 10^{-5}$), крові (0,057 мг/л).

Добова потреба дорослих – 0,15–0,2 мг, немовлят – 50 мкг, дітей віком 1–7 років – 90 мкг, віком 7–12 років – 120 мкг. Потреба значно збільшується у період вагітності та лактації (до 200 мкг). Оптимальна інтенсивність надходження – 100–150 мкг/добу.

Нестача викликає хвороби щитовидної залози (гіпотиреоз, ендемічний зоб, мікседему, кретинізм), лущення і сухість шкіри; може бути причиною раннього токсикозу вагітних, загрози викидня і передчасних пологів; порушення інтелекту. Дефіцит може розвинутиися при надходженні менше, ніж 10 мкг/добу. Якщо у популяції у 15–20 % є зоб, загальний рівень інтелекту популяції знижений приблизно на 10–15 %. «Прихований йодний дефіцит» відчуває 1,5 млрд. осіб.

Надлишок викликає йодіндукований гіпертиреоз, ослаблення синтезу сполук йоду.

Токсичність: проста речовина I_2 у дозі 2 мг, летальна доза (у вигляді йодид-іону I^-) – 35–350 г. Споживання продуктів харчування не викликає побічних ефектів, навіть при надмірному вмісті в них йоду.

Біологічна роль в організмі. Важливий для багатьох форм життя: входить до складу гормонів щитовидної залози (тироксину, дийодтирозину, трийодтироніну), які впливають на діяльність центральної нервової системи, ріст і загальний розвиток організму. Є структурним компонентом тиреотропного гормону і тиреоїдних гормонів щитовидної залози.

Бере участь у регуляції: швидкості біохімічних реакцій; обміну енергії, температури тіла; білкового, жирового, вітамінного, водно-електролітного обміну; диференціювання тканин, процесів росту і розвитку організму, у тому числі нервово-психічного; індукує підвищення споживання кисню тканинами.

Підвищує стійкість організму до різних захворювань і холоду; необхідний для прояву статевого потягу і нормальної потенції та зачаття; здатний порушувати структуру ДНК і викликати її денатурацію.

Використання у фармації та медицині.

Застосовують препарати, які містять елементний Йод, йодид-іон та інші сполуки, які здатні вивільняти його, а також радіоактивні препарати.

Спиртовий 5% розчин йоду застосовують зовнішньо, як антисептичний, подразнювальний та відволікаючий засіб при захворюваннях шкіри; міозитах, невралгіях. Внутрішньо призначають для профілактики атеросклерозу. Приймають декілька крапель на 1/4 склянки молока після їжі, курсами до 30 днів.

Розчин Люголя (1% розчин йоду у водному розчині калій йодиду KI та гліцерину) використовують для змазування слизової оболонки глотки і гортані.

Калій йодид KI , натрій йодид NaI застосовують при гіпертиреозі, ендемічному зобі, запальних захворюваннях дихальних шляхів, бронхіальній астмі, глаукомі, катаракті.

Кальцій йодбегенат (сайодин, кальцієва сіль монойодбегенової кислоти) використовують при атеросклерозі, сухому бронхіті, хронічному ревматизмі.

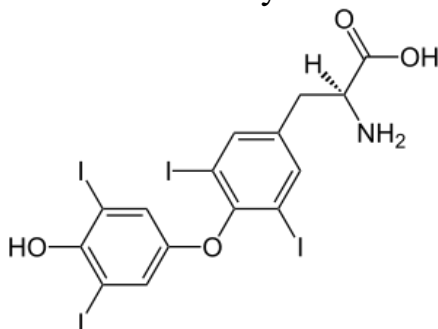
Йодінол (комплекс I_2 з полівініловим спиртом) застосовують у вигляді 1% водного розчину при хронічному тонзиліті, гнійному отиті, атрофічному риніті.

Препарати йоду протипоказані при туберкульозі легень, нефритах, нефрозах, вугровій висипці, хронічній піодермії, геморагічному діатезі, кропивниці, вагітності, при підвищеній чутливості до йоду.

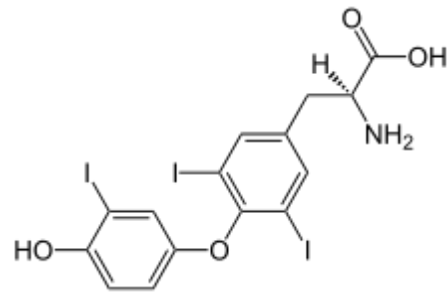
Тривале застосування препаратів йоду, а також підвищена чутливість до них можуть викликати йодизм, що спричиняє нежить, кропивницю, набряк Квінке.

У профілактиці та лікуванні йододефіцитних захворювань щитовидної залози (зоб, гіпотиреоз і кретинізм), використовують йодовану сіль, йодовану олію і йодовмісні морепродукти, препарати калій йодиду і морських водоростей. Йодтирокс – препарат для терапії захворювань щитовидної залози.

У радіомедицині застосовують ізотопи ^{123}I ($T_{1/2} = 13,3$ год); ^{125}I ($T_{1/2} = 60,2$ доби); ^{131}I ($T_{1/2} = 8,06$ діб), ^{132}I ($T_{1/2} = 2,26$ год) у формі натрій йодиду та йодорганічних препаратів (йодгіпуран, йодбензойна кислота, тироксин, трийодтиронін, альбумін сироватки крові людини) для визначення функціонального стану щитовидної і слинної залоз, дослідження йодного обміну, для лікування тиреотоксикозу, тиреотоксичного зобу і метастазів раку щитовидної залози, для радіодіагностичних досліджень серцево-судинної системи, печінки, нирок, легень, ШКТ, крові, кісткового та головного мозку.



Тироксин



Трийодтиронін

Оскільки йод затримує проходження рентгенівських променів, його рентгеноконтрастні препарати (кардіотраст, серозин, білігност та ін.) застосовують для рентгенологічних досліджень нирок, сечовода, кровоносних судин і серця, жовчного міхура, печінки.

Джерела надходження: йодована сіль (як правило, збагачується калій йодатом KIO_3), морська капуста, морепродукти, печінка тріски, риб'ячий жир, тріска, червоні і бурі водорості, пікша, палтус, оселедець, сардини, креветки, гриби, овочі, часник, вода, повітря. Добре засвоюється з комплексу «йод Флоренського» з молочним білком. Від 20 до 60 % втрачається при тривалому зберіганні продуктів або тепловій обробці їжі.

Умовно життєво необхідні мікроелементи

ФЛУОР

Загальна характеристика. Елемент VII А групи, 2 періоду ПС (*p*-елемент, галоген, неметал), характерні ступені окиснення 0, -1.

F	$2s^2 2p^5$	9
19,00	Флуор	

Топографія в організмі, вміст та потреба. В організмі дорослої людини міститься 2,6 г Флуору. Знаходиться у зв'язаному стані, зазвичай у вигляді важкорозчинних солей з Ca, Mg, Fe у кістковій тканині та зубній емалі (майже 99 % від загальної кількості). Міститься у крові (0,5 мг/л); кістковій (0,2–1,2 %) та м'язовій ($5 \cdot 10^{-6}$ %) тканинах.

Добова потреба дорослої людини – до 3 мг, 1/3 надходить з їжею, 2/3 – з водою.

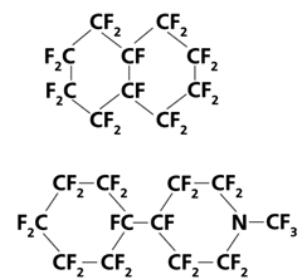
Нестача спричиняє карієс зубів, нерівномірний ріст кісток, зниження імунітету.

Надлишок призводить до флюорозу (захворювання зубів), що характеризується своєрідною крапчатістю і бурим забарвленням зубної емалі, викликає остеопороз, кісткову резорбцію, кальцифікацію судин та тканин, пригнічення утворення колагену, втрату чутливості, порушення процесів окислення і загальне виснаження організму, зниження рівня гемоглобіну крові.

Токсичність: деякі сполуки (HF, газоподібний F₂) виявляють високу токсичність: токсична доза (F⁻) – 20 мг, летальна доза – 2 г. Не можна ковтати фторовану зубну пасту.

Біологічна роль в організмі. Бере участь у процесах утворення кісток і зубів (Ca₅(PO₄)₃F), тканин ектодермального походження (волосся, нігті, епідерміс); впливає на ферментативні процеси: знижує обмін вуглеводів, жирів, нормалізує фосфорно-кальцієвий обмін; пригнічує тканинне дихання; впливає на імунобіологічний стан організму; впливає на рівень біологічно активних речовин (кініни, катехоламіни) в організмі; пригнічує функцію щитовидної залози, (антагоніст I); гальмує біосинтез сахаридів, необхідних для бактерій, що сприяють розвитку карієсу; підсилює адаптацію до холоду; перешкоджає накопиченню Sr.

Використання у фармації та медицині. Перфторан – плазмозамінник більш відомий як «блакитна кров». Містить перфторовані вуглеводні має газотранспортну функцію. Застосовують при гострій та хронічній гіповолемії (шок, черепно-мозкова травма, операційна травма); при порушенні тканинного метаболізму та газообміну (зупинка серця, важкі інфекції, жирова емболія, порушення мозкового та периферичного кровообігу); при регіонарній перфузії, промиванні ран та порожнин; протиішемічного захисту донорських органів.



Перфторан

Препарати Флуору (у вигляді таблеток, лікувальних плівок, лаків для зубів) використовують для лікування гіпофторозу, як наркотичні засоби, кровозамінники.

Джерела надходження: питна вода, морепродукти, морська риба, рис, горіхи, печінка, вівсяна крупа, баранина, яловичина, зубна паста, чай, яйця, молоко, цибуля, шпинат, яблука.

Запобігають засвоєнню вітамін С.

БОР

Загальна характеристика. Елемент IIIA групи, 2 періоду ПС (*p*-елемент, неметал), характерний ступінь окиснення +3.

B	$2s^2 2p^1$	5
10,81		Бор

Топографія в організмі, вміст та потреба. В організмі дорослої людини міститься 20 мг Бору (понад 50% у скелеті, 10% – у м'яких тканинах). У тканинах міститься 0,05 – 0,6 мкг/кг, в зубах і нігтях концентрація в кілька разів вища.

Добова потреба дорослої людини 1–3 мкг.

Нестача спричиняє остеопороз, порушення обміну речовин. У жінок у період менопаузи спостерігається дефіцит бору, що супроводжується підвищенням рівня 17-бета-естрадіолу в сироватці крові і міді в плазмі крові.

Надлишок викликає борні ентерити, сповільнення засвоєння Йоду, вітаміну С; дистрофічні зміни в печінці, підшлунковій залозі та сім'яниках.

Токсичність: токсичний, токсична доза – 4 г; вдихання навіть незначної кількості пари боранів B_nH_{2n} викликає головний біль, нудоту; підвищені концентрації боратної кислоти H_3BO_3 вражають печінку, ШКТ, нирки і мозок. Токсичний ефект (сублетальні дози) – викликає значне зниження ваги.

Біологічна роль в організмі. Важливий для різних форм життя: впливає на активність деяких ферментів (пригнічує каталазу, алкогольдегідрогеназу, альдегіддегідрогеназу, ксантиндегідрогеназу і цитохром-В5-редуктазу), інактивує вітаміни B_2 і B_{12} ; конкурує з ферментами за НАД і ФАД. Борати зв'язуються з активними центрами хілотрипсину, субтилізину, гліцеральдегід-3-фосфатдегідрогенази, посилюють дію інсуліну. Натрій тетраборат $Na_2B_4O_7$ у дозі 5–10 мг/кг викликає підвищення рівня цукру в крові пригнічує окиснення адреналіну. Необхідний для засвоєння Кальцію, Магнію, Фосфору, вітаміну D; виявляє гонадотропну дію; зберігає кістки у похилому віці; необхідний для регуляції процесів дихання.

Необхідний для росту рослин, при "борному голодуванні" ріст гальмується, виникає ризик розвитку різних хвороб. При нестачі Бору в ґрунті помітно зменшуються врожаї багатьох культур, особливо сильно нестача позначається на врожаї насіння. Впливає на вуглеводний і білковий обмін у рослинах.

Використання у фармації та медицині. Сполуки Бору виявляють протизапальну, гіполіпідемічну і протипухлинну дію. Здавна застосовують ортоборатну кислоту H_3BO_3 і буру ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$). Ортоборатну кислоту використовують як зовнішній дезінфекційний засіб у вигляді 1–2 % водного розчину для промивання ран та слизових оболонок статевих органів, порошку для лікування носа й вуха, спиртових розчинів і мазей для лікування шкіри (борна мазь, борна вода), як мінеральне добриво для рослин.

Препарати бору застосовують при остеопорозі, артритах і кістковому флюорозі. Буру призначають на початкових стадіях розвитку епілепсії.

Джерела надходження: яйця, виноград, яблука, груші, мигдаль, сливи, морква, листя овочів, кабачки, патисони, вино, пиво. Сполуки Бору (натрій тетраборат, ортоборатна кислота) всмоктуються в ШКТ, ступінь засвоєння – понад 90 %. Виводиться з організму, в основному, із сечею.

Сприяють засвоєнню: достатня кількість Са, алкоголь.

СИЛІЦІЙ

Si	$3s^2 3p^4$	14
28,08	Силіцій	

Загальна характеристика. Елемент IVA групи, 3 періоду ПС (*p*-елемент, неметал), ступінь окиснення у сполуках +4.

Топографія в організмі, вміст та потреба. Вміст в організмі дорослої людини – 1 г. У найбільш високих концентраціях міститься у сполучній тканині: стінках аорти, трахеї, зв'язках, кістках ($1,7 \cdot 10^{-4}\%$), шкірі (особливо в епідермісі), волоссі і лімфовузлах. У м'язах і паренхіматозних органах вміст кремнію істотно нижчий ($1,2 \cdot 10^{-2}\%$). Незважаючи на кількість елемента, що надходить в організм, вміст у крові залишається стабільним (3,9 мг/л).

Добова потреба дорослої людини 18–1200 мг, засвоюється близько 4 % від загальної кількості.

Нестача викликає шкірні захворювання, погіршує стан волосся (тендітні, «неживі»). Зменшення кількості Si в крові є генетичним фактором.

Надлишок спостерігається при вдиханні пилу, що містить силіцій (IV) оксид SiO₂, викликає силікоз легень, при якому вражається весь організм

Токсичність виявляють газоподібні силани Si_nH_{2n+2}.

Біологічна роль в організмі. Входить до складу більшості тканин, впливає на обмін ліпідів і на утворення колагену і кісткової тканини. Особливо важлива роль Силіцію, як структурного елемента сполучної тканини.

Стимулює імунну систему, сприяє росту волосся і нігтів (при порушенні обміну Si розвивається алопеція у зв'язку із загибеллю волоссяних фолікулів).

Зменшує ймовірності розвитку інфаркту та інсульту. Низький рівень Si в тканинах, що складають основу стінки судин є причиною атеросклерозу. При додатковому введенні в організм сполук Силіцію зупиняється формування атеросклеротичних бляшок, що нормалізує функцію судин.

Використання у фармації та медицині. Здатність цеолітів (алюмосилікати кальцію, натрію, барію) вибірково включати і утримувати катіони певних розмірів (своєрідні «молекулярні сита») зумовлює їх використання як природних іонообмінників при профілактиці і лікуванні інтоксикацій, атеросклерозу, імунодефіцитів. Кремнійорганічні сполуки з Оксгеном (капрофер) використовують для боротьби з кровотечами (наприклад, при виразковій хворобі шлунка).

Силіцій входить до складу «білого вугілля» – ентеросорбенту, зареєстрованого як спеціальний харчовий продукт. Препарат не є лікарським засобом. «Біле вугілля» – комерційна назва, яку препарат отримав за аналогією з чорним активованим вугіллям, що має добре відомі сорбційні властивості. Насправді препарат не містить вугілля. Основним компонентом у його складі є високодисперсний силіцій діоксид (SiO₂) із розміром часток 7–10 нм, що дозволяє досягти площі активної поверхні близько 400 м² на 1 г.

Останніми роками з'явилися спеціальні харчові продукти і лікарські препарати, збагачені Силіцієм, які використовуються для профілактики і лікування остеопорозу, атеросклерозу, захворювань нігтів, волосся і шкіри.

Джерела надходження. Максимальна кількість міститься в нешліфованому рисі, вівсяній крупі, пшеничних висівках, хлібі з борошна грубого помелу. Менша кількість – в овочах (шпинат, цибуля, селера, морква, огірки, білокачанна капуста), молоці, м'ясі, яйцях.

НІКОЛ

Загальна характеристика. Елемент VIIIВ групи, 4 періоду ПС (*d*-елемент, метал), характерні ступені окиснення 0, +2, +3.

Ni	$3d^8 4s^2$	28
58,70	Нікол	

Топографія в організмі, вміст та потреба. В організмі дорослої людини міститься 1 мг Ніколу. Між тканинами організму розподіляється рівномірно, лише у легенях його вміст із віком збільшується. Депонується у гіпофізі, підшлунковій і парашитовидних залозах. Міститься у кістковій тканині ($7 \cdot 10^{-5} \%$), м'язовій тканині ($1,2 \cdot 10^{-4} \%$), крові (0,01 – 0,05 мг/л).

Добова потреба дорослої людини 0,3–0,5 мг. Оптимальна інтенсивність надходження Нікелю в організм 100–200 мкг/добу.

Нестача спостерігається при надходженні елемента менш ніж 50 мкг/добу. В експериментах на тваринах доведено, що зниження вмісту Ніколу в раціоні приводило до укорочення задніх кінцівок, зниження рівня холестерину в плазмі крові і гематокриту, зменшення загальної рухової активності, уповільнення росту молодих тварин і підвищення їх смертності. Спостерігалися патологічні зміни в печінці: зменшення розмірів, зниження вмісту глікогену, активізація перекисного окиснення ліпідів. Додавання до раціону тварин Ніколу в кількості 50–80 мкг/кг на добу усувало ці симптоми або запобігало їх розвитку.

Надлишок спричиняє бронхіальний рак, контактні дерматити, підвищену ламкість кісток. Надлишкове надходження може викликати депігментацію шкіри (вітиліго).

Токсичність: карбонілнікель має високу токсичність (50 мг для щурів).

Біологічна роль в організмі. Має властивість концентруватися в тканинах і органах, у яких відбуваються інтенсивні обмінні процеси: синтез гормонів, вітамінів та інших активних сполук. Подовжує дію гормону інсуліну підшлункової залози при його введенні і підвищує його гіпоглікемічну активність. Впливає на ферментативні процеси окиснення аскорбінової кислоти, прискорює перехід сульфгідрильних груп у дисульфідні. Пригнічує дію адреналіну і знижує артеріальний тиск. Під впливом Ніколу в організмі вдвічі зростає виведення кортикостероїдів із сечею, посилюється антидіуретична дія екстракту гіпофіза.

У плазмі крові Нікол знаходиться, в основному, у зв'язаному стані з білками нікелеплазміном (альфа-2-макроглобулін), альфа-глікопротеїном. Стимулює процес кровотворення, підтримує нормальну структуру клітинних мембран і нуклеїнових кислот, бере участь в процесі обміну аскорбінової кислоти і вітаміну В₁₂, підтримує нормальний рівень кальцію в організмі, пригнічує нервово-м'язову передачу.

Використання у фармації та медицині. Нікелеві сплави широко використовують у медицині та стоматології. Останнім часом багато досліджень доводять високу канцерогенність нікелю і його сплавів незалежно від того, якими шляхами і в якому вигляді він потрапляє в організм. Всмоктується через шкірою і через неї може надходити в організм і призводити до розвитку так званої «нікелевої екземи».

Джерела надходження: продукти харчування (чай, какао, гречка, морква, салат) та інші джерела (газові викиди, безпосередній контакт, нікельований посуд). У ШКТ людини всмоктується від 1 до 10 % Ніколу, виводиться, в основному, із фекаліями (до 95 %) і, в незначних кількостях, із сечею і потом.

ВАНАДІЙ

Загальна характеристика. Елемент VB групи, 4 періоду ПС (*d*-елемент, метал), характерні ступені окиснення +2, +3, +5.

V	$3d^3 4s^2$	23
50,94	Ванадій	

Топографія в організмі, вміст та потреба. Організм дорослої людини містить 0,11 мг, який концентрується в кістковій тканині ($3,5 \cdot 10^{-7}$ %), в м'язовій тканині ($2 \cdot 10^{-6}$ %) та крові (0,2 мкг/л), може накопичуватися в серцевому м'язі, селезінці, щитовидній залозі, легенях, нирках.

Добова потреба дорослої людини – 0,04 мг.

Нестача майже не трапляється, загрожує порушеннями обміну вуглеводів і виникненням особливих випадків шизофренії.

Надлишок викликає кон'юнктивіти, риніти і фарингіти, стійкий кашель; алергічні реакції.

Токсичність: токсичність доза 0,25 мг; летальна доза 2–4 мг.

Біологічна роль в організмі. Бере участь у регуляції вуглеводного обміну і серцево-судинної діяльності, а також у метаболізмі тканин кісток і зубів. Діє як каталізатор окисно-відновних процесів – інгібує та регулює обмін Na^+ - K^+ -АТФ-ази, рибонуклеази та інших ферментів, підсилює поглинання кисню тканинами печінки, каталізує окиснення фосфоліпідів ізольованими ферментами печінки, впливає на рівень цукру в крові. Впливає на деякі функції очей, печінки, нирок, міокард, нервової системи.

Здатний підвищити захисні сили організму, стимулюючи дію клітин-фагоцитів. Сполуки ванадію здатні знижувати в крові рівень шкідливого холестерину, нормалізувати обмін ліпідів, сприяти зниженню тиску, здатні знімати набряклість, попередити розвиток новоутворень, допомогти клітинам нормально вести життєдіяльність.

Бере участь у формуванні зубів, кісткової тканини у підлітків і дітей. Допомагає організму виробити достатню кількість енергії – бере участь в обміні вуглеводів і жирів. Покращує роботу селезінки, печінки, щитовидної та підшлункової залоз, легень, органів сечостатевої системи та гіпофізу.

Використання у фармації та медицині. Сполуки ванадію споконвіку застосовувалися у медицині як стимулюючі засоби при анемії, а також при лікуванні туберкульозу, сифілісу, ревматизму.

Виявлено дію сполук Ванадію, схожу з дією інсуліну, у боротьбі цукровим діабетом. Сьогодні його вже почали застосовувати при лікуванні діабету першого та другого типів. Використовують ванадил сульфат VO_2SO_4 та його сучасний аналог – біс(мальтолато)оксованадил (IV), який є більш ефективним і безпечним, краще всмоктується і метаболізується.

Джерела надходження. В організм людини ванадій надходить із їжею. Велика кількість міститься в рослинній олії, грибах, петрушці, печінці, жирному м'ясі, морській рибі, сої, кропі і хлібних злаках. Може надходити разом із газовими викидами, особливо у випадку спалювання рідкого пального.



БРОМ

Загальна характеристика. Елемент VIIA групи, 4 періоду ПС (*p*-елемент, неметал, галоген), характерні ступені окиснення $-1, +3, +5, +7$.

Br	$4s^2 4p^5$	35
79,90		Бром

Топографія в організмі, вміст та потреба. Вміст в організмі дорослої людини (середня маса 70 кг) – 260 мг. Міститься у щитовидній залозі, кістковій тканині ($6,7 \cdot 10^{-4} \%$), м'язах ($7,7 \cdot 10^{-4} \%$), крові (4,7 мг/л). Найвища концентрація в нирках, гіпофізі, щитовидній залозі. Виводиться з організму в основному з сечею і потом.

Добова потреба дорослої людини – до 8 мг.

Нестача викликає підвищену стомлюваність, апатію, порушення обміну речовин, особливо жирового. Спричиняє уповільнення росту у дітей, зменшення кількості гемоглобіну в крові, безсоння, зниження тривалості життя, а також підвищує можливість викидня.

Надлишок пригнічує сексуальне збудження; знижує гостроту слуху, зору, чутливості; значний надлишок викликає кому з псевдопаралітичним синдромом.

Токсичність: проста речовина Br_2 дуже токсична, летальна доза – 35 г.

Біологічна роль в організмі. Бром активує діяльність надниркових залоз, впливає на активацію пепсину, бере участь в активізації деяких ферментів, зокрема, амілази і ліпази, впливає на активність щитовидної залози (сприяє профілактиці ендемічного зобу), бере участь в регуляції центральної нервової системи, посилюючи активність процесів гальмування.

Бере участь в регуляції рівня цукру в крові; регулює статеве збудження; здатний порушувати структуру ДНК і викликати її денатурацію.

Алюміній, Хлор, Фтор і Йод є головними антагоністами Брому, що виявляється у захисті організму від гіперфункції щитовидної залози, яка синтезує гормон тироксин. Надлишок тироксину призводить до надмірного збудження нервової системи і деяких інших шкідливих наслідків для всього організму.

Використання у фармації та медицині. Лікарські засоби, що містять сполуки бромю – комплексні препарати, що мають виражену седативну, снодійну і протисудомну дію. Йодобромні ванни використовують у фізіотерапії. Основною галуззю застосування бромідів є лікування істерії і неврастенії.

Використовують броміди натрію, калію, амонію, а також органічні сполуки бромю при неврозах, істерії, підвищеній дратівливості, безсонні, гіпертонічній хвороби, епілепсії і хореї. Натрій бромід $NaBr$ бере участь в активації пепсину та інших ферментів (ліпази і амілази підшлункової залози), які беруть участь у травному процесі жирів і вуглеводів. Бромід-іони пригнічують діяльність щитовидної залози, будучи антагоністами йодид-іонів, при хронічному впливі уповільнюють їх засвоєння. Броміди беруть участь у регуляції ЦНС, посилюючи процеси гальмування. При тривалому прийомі можуть накопичуватися в організмі у великих кількостях, що призводить до розвитку хронічного отруєння – бромізму, яке спричиняє апатію, сонливість, ослаблення пам'яті, висипання на шкірі, кашель і нежить.

Ізотоп ^{82}Br застосовують в онкології для лікування деяких злоякісних пухлин і для дослідження механізму дії бромовмісних лікарських препаратів.

Джерела надходження. В організм людини Бром потрапляє з рослинною їжею, в основному, із зерновими і горіхами, рибою, сіллю.

АРСЕН

As	$4s^2 4p^3$	33
74,92	Арсен	

Загальна характеристика. Елемент VA групи, 4 періоду ПС (*p*-елемент, неметал), характерні ступені окиснення $-3, +3, +5$.

Топографія в організмі, вміст та потреба. Вміст в організмі дорослої людини (середня маса 70 кг) – 18 мг. Міститься у кістковій тканині $(0,8-1,6) \cdot 10^{-4}\%$, м'язах – до $6,5 \cdot 10^{-5}\%$, крові – до 0,09 мг/л.

Добова потреба дорослої людини – 10–15 мкг.

Нестача викликає меланоз шкіри, посивіння волосся; депресію росту, і демінералізацію кісток.

Надлишок спричиняє зниження функцій кісткового мозку і лейкоцитів; втрату апетиту і різке зниження маси; кон'юнктивіти; периферичні неврити; гіперкератоз і меланоз шкіри. Виводиться повільно, роками зберігається у волоссі.

Токсичність: токсичний, токсична доза 5–50 мг; летальна доза – 50–340 мг; при отруєнні уражається ЦНС. Сполуки As (III) у 25–60 разів токсичніші, ніж As (V), через здатність зв'язувати тіольні групи $-SH$ цистеїну і метіоніну в складі білків-ферментів, блокуючи їх роботу.

Біологічна роль в організмі. Умовно-есенціальний, імунотоксичний елемент. У малих дозах сполуки Арсену стимулюють кровотворення; пригнічують SH -групи білків і ферментів (цистеїну, глутатіону, ліпоєвої кислоти); пригнічують окисні процеси; зменшують вироблення тиреотропного гормону; збільшують синтез білків, глобулінів; необхідний для виникнення статевого потягу і нормальної потенції; вражають кровоносні судини; впливають на чистоту шкіри і ріст волосся; діють згубно на збудників деяких хвороб людини; регулюють апетит.

Використання у медицині та фармації: сполуки Арсену використовують у медицині понад 2000 років. Неорганічні сполуки Арсену в незначних кількостях входять до складу загальнозміцнювальних, тонізуючих засобів, містяться в лікувальних мінеральних водах і грязях; органічні сполуки Арсену використовують як антимікробні і протипротозойні препарати.

«Білий арсен» As_2O_3 використовують як складову гербіцидів, лікарських засобів, у стоматології. Ортоарсенатну кислоту H_3AsO_3 та арсенати, паризьку, або швейнфуртську зелень (купрум (II) ацетат-арсеніт $Cu(CH_3COO)_2 \cdot 3Cu(AsO_2)_2$), натрій арсеніт $NaAsO_2$, застосовують як отрутохімікати для протруювання насіння і боротьби із сільськогосподарськими шкідниками (смертельна доза 0,06–0,2 мг).

Використовують як бойові отруйні речовини (іприт, люїзит). Найбільш токсична сполука – газоподібний арсин AsH_3 . Потрапляючи в кров через легені, руйнує еритроцити і пошкоджує нирки; при цьому сеча стає чорною. При зміні його концентрації у повітрі від 0,05 мг/л до 5 мг/л, смерть настає через 30 хв або миттєво, при цьому звичайний протигаз не є захистом.

Ізотопи ^{74}As , ^{76}As використовують в онкології при лейкозі. Арсен знижує (пригнічує) патологічне утворення лейкоцитів, стимулює червоне кровотворення і виділення еритроцитів на периферію. Колоїдний розчин $^{76}As_2S_3$ використовують при лікуванні поверхневого папіломатозу сечового міхура.

Джерела надходження. Потрапляє в організм з атмосферним повітрям, питною і мінеральною водою, виноградними вінами і соками, морепродуктами (риб'ячий жир, морська риба), пивом, деякими овочами (ріпа, картопля, часник), тютюном, медичними препаратами, пестицидами і гербіцидами.

ЛІТІЙ

Загальна характеристика. Елемент ІА групи, 2 періоду ПС (s-елемент, лужний метал), характерний ступінь окиснення +1.

Li	$2s^1$	3
6,94		Літій

Топографія в організмі, вміст та потреба. Вміст в організмі дорослої людини – 0,67 мг. Вміст Літію в органах суттєво відрізняється: найбільше в лімфовузлах та легенях, менше у печінці, мозку, ($2,3 \cdot 10^{-7} \%$), крові (0,004 мг/л).

Добова потреба дорослої людини – 0,1–2 мг.

Нестача спричиняє маніакально-депресивні психози, шизофренію, інші психічні захворювання.

Надлишок може витіснити Na; викликає сонливість, загальну слабкість, зниження апетиту, спрагу, тремор губ, нижньої щелепи, рук, гіперрефлексію.

Токсичність виявляють солі Літію, токсична доза 92–200 мг.

Біологічна роль в організмі вивчається. Виявлена здатність знижувати збудливість центральної нервової системи вивільняючи Магній з клітинних «депо» та гальмування передачі нервово імпульсу; регулювати транспорт Натрію у нервових і м'язових клітинах; знижувати кількість доступного вільного норадреналіну та знижувати вміст серотоніну у ЦНС; збільшувати чутливість нейронів деяких областей мозку до дії дофаміну.

Активно взаємодіє з іонами K^+ і Na^+ , сприяє засвоєнню глюкози і нормалізації рівня інсуліну в крові; впливає на процеси нейроендокринної системи; прискорює обмін жирів і вуглеводів.

Нормалізує загальний стан при хворобі Альцгеймера і при інфаркті; виявляє антиалергенні властивості; сприяє підвищенню імунітету; здатний нейтралізувати дію етанолу, наркотичних засобів, радіації і важких металів у вигляді солей.

Використання у фармації та медицині. Показання до призначення препаратів із солями Літію (карбонат, цитрат) пов'язані з лікуванням психічних порушень. Активно застосовують для лікування маніакальних синдромів, пов'язаних з моно- і біполярними розладами, психозів афективного походження, при депресивних станах у комплексі з антидепресантами, епілепсії, при лейкопенії, склерозі.

Препарати зменшують частоту самогубств при афективних розладах у п'ять разів, оскільки знижують рівень агресивності та імпульсивності.

Солі літію (сукцинат, оротат) ефективно діють при зовнішньому застосуванні у дерматології (вірусні інфекції, мікози, дерматити та злоякісні пухлини).

В останні роки ефективно застосовують препарати Літію при лікуванні новоутворень, цукрового діабету та алкоголізму (літій нікотінат).

Джерела надходження. Потрапляє в організм людини, в основному, з питної води. Значна кількість міститься у морській і кам'яній солях, в мінеральних джерелах. При купанні у водоймах, людина може отримати додаткову кількість елемента через шкіру.

Запобігають засвоєнню пересолена і пересмажена їжа, надмірне вживання кофеїну і нікотину.

III. ТОКСИЧНА ДІЯ МЕТАЛІВ ТА ЇХ СПОЛУК

Потенційно токсичні мікроелементи

РУБІДІЙ

Загальна характеристика. Елемент ІА групи, 5 періоду ПС (*s*-елемент, лужний метал), характерний ступінь окиснення +1.

Rb	5s¹	37
85,47	Рубідій	

Топографія та вміст в організмі: 680 мг; кров – 2,49 мг/л; кістки – (2–7) 10⁻³ %; м'язи – (0,1–5) 10⁻⁴ % (в організмі чоловіків вміст дещо вищий). Постійно присутній в тканинах рослин і тварин. Знаходиться у зв'язаному з еритроцитами стані, де його концентрація значно вища, ніж у плазмі. Після всмоктування накопичується в головному мозку і скелетних м'язах, може накопичуватись у плаценті.

Добова потреба: 0,1 мг.

Нестача: вміст менше 250 мкг/кг у кормі піддослідних тварин може призводити до затримки внутрішньоутробного розвитку, абортів і передчасних пологів.

Надлишок: порушення роботи нервової системи; зниження артеріального тиску; порушення діяльності нирок і ШКТ. Небезпеку для здоров'я становить радіоактивний ізотоп ⁸⁷Rb, на його частку припадає до 28% від загального вмісту рубідію, що надходить в організм. Ризик надмірного надходження рубідію є у працівників електронної, хімічної та скляної промисловості.

Токсичність: відносно незначна (II клас безпеки).

Біологічна роль: супутник К, міститься у м'язах та еритроцитах, іонний антагоніст К⁺; здатний інгібувати простагландини PGE_x і PGE₂, PGE₂-альфа, виявляє антигістамінні властивості. Транспортні механізми клітин людини і тварин не розрізняють іони Rb⁺ і K⁺, тому вони конкурують між собою. У цілому є елементом з нез'ясованою біологічною роллю, обмін в організмі вивчений недостатньо.

Використання у фармації та медицині: в останні десятиліття в експериментальній медицині та біології досліджуються перспективи використання солей рубідію у лікуванні захворювань нервової і м'язової систем.

Джерела надходження. Щоденно з їжею в організм надходить до 1,5–4,0 мг рубідію. Значна частина (біля 40%) – з чаєм і кавою (чорний чай містить біля 100 мг/кг рубідію). Також може надходити з питною водою, особливо в тих районах, які розташовані на гнейсах і гранітах. У ШКТ всмоктується понад 80 % рубідію.

Сприяє засвоєнню дефіцит К.

ЦИРКОНІЙ

Загальна характеристика. Елемент IVB групи, 5 періоду ПС (*d*-елемент, метал), характерні ступені окиснення +1, +2, +3, +4.

Zr	$4d^25s^2$	40
91,22	Цирконій	

Топографія та вміст в організмі: 250–420 мг; кров – 0,011 мг/л; кісткова тканина – $1 \cdot 10^{-5}$ %; м'язова тканина – $8 \cdot 10^{-6}$ %. Накопичується у селезінці, легенях, нирках, м'язах (від 0,01 до 2–3 мг/кг), у волоссі, де його вміст може сягати 1,1–1,6 мг/кг.

Добова потреба: 0,05 мг.

Надлишок: при гострому інгаляційному отруєнні можливий розвиток гострої пневмонії, який виявляється у вигляді важкого запалення бронхіол і епітеліальних виразок. Всмоктування цирконію в ШКТ 0,2 % (водорозчинні сполуки цирконію в лужному середовищі кишечника можуть перетворюватися в цирконій оксид ZrO_2 і потім всмоктуватися), у легенях – 25%. Викликає подразнення шкіри, появу папул (при біопсії шкіри містять епітеліальні клітини гранульом). Надлишок цирконію виявляє загальнотоксичну дію на організм при тривалому контакті (понад 40 років). При інгаляційному надходженні цирконію можливий розвиток фіброзу легень.

Токсичність: не токсичний.

Біологічна роль мало вивчена. Як і титан, вважається біологічно і фізіологічно інертним елементом.

Використання у фармації та медицині: завдяки високій стійкості і пластичності використовують для виготовлення високоякісних хірургічних інструментів; протезів кісток, суглобів, зубів. Цирконієві гвинти, свердла, пластини, скоби використовують у щелепо-лицевій хірургії.

Джерела надходження: чай, овес, масло, червоний перець. Надмірне надходження з навколишнього середовища у працівників ливарної та атомної промисловості, а також осіб, зайнятих у виробництві косметичних і гігієнічних виробів. До 60-х років ХХ ст. випускались дезодоранти, які містили цирконій і викликали у споживачів алергічні реакції шкірних покривів. Також не виключені алергічні реакції при носінні з «лікувальною» метою браслетів з цирконію.

СТАНУМ

Sn	$5s^25p^2$	50
118,71	Станум	

Загальна характеристика. Елемент IVA групи, 5 періоду ПС (*p*-елемент, метал), характерні ступені окиснення +2, +4.

Топографія та вміст в організмі: 14 мг; кров – 0,38 мг/л; кісткова тканина – $1,4 \cdot 10^{-4}$ %; м'язова тканина – $(0,33-2,4) \cdot 10^{-4}$ %, нирки, серце і тонкий кишечник – 0,1 мкг/г. В основному знаходиться у вигляді жиророзчинних солей.

Добова потреба: 2–10 мг, всмоктується в ШКТ.

Нестача: при недостатньому надходженні (1 мг/день і менше) може сповільнюватись ріст і знижуватись маса.

Надлишок: головний біль, блювота, світлобоязнь, болі в животі, зневоднення організму і затримка сечі.

Токсичність: токсична доза – 2 г; поріг токсичності дорівнює 20 мг/день. Деякі органічні сполуки Стануму дуже токсичні.

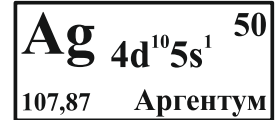
Біологічна роль: входить до складу шлункового ферменту гастрину, впливає на активність флавінових ферментів, здатен посилювати процеси росту.

Використання у фармації та медицині: пломбувальні матеріали, зокрема, срібна амальгама містить 28% олова. Станум (II) флуорид SnF_2 використовують як засіб проти карієсу, оскільки при взаємодії з гідроксилапатитом $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, який міститься в зубах, утворюються стійкіші до кислого середовища $\text{Sn}_2(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ або $\text{Sn}_3(\text{PO}_4)_3\text{F}_3$ (при високій концентрації SnF_2 .)

Джерела надходження: переважно з їжею. У молоці та свіжих овочах концентрація Стануму невелика (менше 1 мкг/г). Значно вищий вміст у жирах і жирній рибі (до 130 мкг/г). Може виявляється у консервах і пакувальній фользі.

АРГЕНТУМ

Загальна характеристика. Елемент ІВ групи, 5 періоду ПС (*d*-елемент, метал), характерний ступінь окиснення +1.



Топографія та вміст в організмі: у незначних кількостях в усіх органах і тканинах; середній вміст – 20 мкг/100 г сухої маси (кров – 0,003 мг/л; кістки – $(0,1–4,4) \cdot 10^{-5}$ %; м'язи – $(0,09–2,8) \cdot 10^{-5}$ %). Найбільше міститься у мозку, легенях, печінці, еритроцитах, пігментній оболонці ока, гіпофізі.

Добова потреба: 0,0014–0,08 мг.

Надлишок: аргірія (захворювання, що характеризується появою специфічної пігментації шкіри сріблястого відтінку. Розвивається захворювання через регулярного потрапляння в організм людини солей Аргентуму); вдихання пилу, що містить Ag – «шокова легеня» з важкою легеневою недостатністю.

В організмі утворює сполуки з білками, може блокувати тіолові групи ферментних систем, пригнічувати тканинне дихання. У плазмі крові зв'язується із глобулінами, альбуміном і фібриногеном. При тривалому контакті із сріблом у виробничих умовах, може накопичуватись у печінці, нирках, шкірі і слизових оболонках. Лейкоцити можуть фагоцитувати срібло і доставляти його до осередків запалення.

Токсичність: токсична доза – 60 мг; летальна доза – 1,3–6,2 г. Потенційно токсичний і потенційно канцерогенний елемент.

Біологічна роль: відсутня; виявляє бактерицидну дію; покращує імунні можливості організму; ймовірно, канцероген, або гальмує утворення пухлин.

Використання у медицині та фармації.

З давніх часів срібло застосовують для виготовлення посуду для зберігання води і їжі, завдяки його бактериостатичній дії («олігодинамічний ефект»).

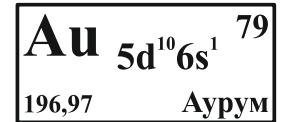
У медицині використовують бактерицидну, антацидну, в'язучу дія срібла. У XVIII–XIX ст. препарати срібла застосовували для лікування нервових захворювань (невралгії і епілепсії) і захворювань ШКТ.

У даний час ліки на основі срібла (аргентум нітрат AgNO_3 «ляпіс» – протаргол, коларгол та ін.) використовують при ерозіях, виразках, надлишкових грануляціях, тріщинах, гострому кон'юнктивіті, трахомі, хронічному гіперпластичному ларингіті, а також для промивання сечовипускного каналу і сечового міхура. Деякі ізотопи радіоактивного срібла застосовують у променевої терапії. В останні роки почали досліджувати та використовувати лікарські препарати, що містять наносрібло.

Джерела надходження: козяче молоко, яєчний жовток, яблука.

АУРУМ

Загальна характеристика. Елемент ІВ групи, 4 періоду ПС (*d*-елемент, метал), характерні ступені окиснення +1, +3.



Топографія та вміст в організмі: близько 10 мг (дорослі), приблизно половина цієї кількості міститься у кістках ($1,6 \cdot 10^{-6}\%$); крові – $(0,1-4,2) \cdot 10^{-4}$ мг/л. Розподіл в організмі залежить від розчинності сполук: колоїдні накопичуються в печінці, розчинні – в нирках.

Добова потреба: дані відсутні, але невелика.

Надлишок: збільшує ризик імпотенції; алергодерматити. У деяких власників золотих прикрас виникає контактний дерматит. У деяких випадках може викликати алергічну реакцію при використанні у стоматології, застосуванні золотих ниток для армування обличчя і тіла та ін. Виражену подразнюючу дію на шкіру виявляють солі аурому: хлориди AuCl, AuCl₃, ціанід AuCN, калій диціаноаурат (І) K[Au(CN)₂] (використовують в електронній та хімічній промисловості, при виробництві фаянсу). Отруєння золотом – явище дуже рідкісне. Механізм токсичності базується на його спорідненості до SH-вмісних білків, у результаті чого відбувається інгібування SH-ферментів, що знімається введенням 2,3-димеркаптопропанолу.

Токсичність: потенційно-токсичний (імунотоксичний) елемент. Металічне золото майже не всмоктується і дані про його токсичність відсутні. Деякі солі виявляють токсичну дію, схожу з дією ртуті.

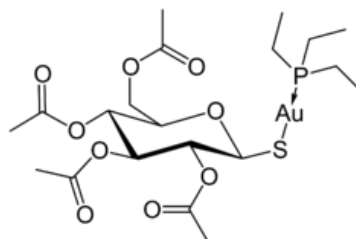
Біологічна роль в організмі: відсутня; стимулятор. Впливає на роботу тестикул (чоловічих статевих залоз), гемопоез; може входити до складу металопротеїдів, взаємодіяти з активними компонентами сполучної тканини, залучатися до процесів зв'язування гормонів у тканинах.

Використання у медицині та фармації: у середні віки золото використовували при лікуванні хворих з різноманітними захворюваннями (напр. туберкульоз, проказа, сифіліс, епілепсія, очні хвороби, злоякісні пухлини).

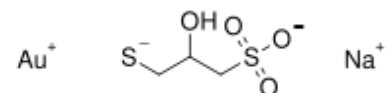
Препарати на основі солей аурому (ауранофін, ауротіопрол та ін.) використовують у терапії хворих ревматоїдними і псоріатичними артритами, синдромом Фелті, червоним вовчаком. Вводять препарати аурому як внутрішньо, так і парентерально, у вигляді колоїдних розчинів (хризотерапія). Як правило, вживання препаратів аурому пов'язане з великою кількістю побічних ефектів і протипоказань. Радіоактивний ізотоп ¹⁹⁸Au застосовують при лікуванні деяких пухлинних захворювань і, в першу чергу, раку легень. Золото виявляє антисептичну дію щодо бактерій та вірусів.



2,3-Димеркаптопропанол



Ауранофін



Ауротіопрол

Джерела надходження. Золото в організм людини потрапляє через шкіру (при носінні ювелірних виробів) і з їжею. Особливо його багато у кукурудзі (зерна, стебла і листя). Міститься у польовому хвоці, який хоча і не є загальноприйнятим продуктом харчування, але цілком їстівний. Він концентрує золото і у тонні попелу болотного хвоца міститься 600 г Au (у 6000 разів вище вмісту в ґрунті).

ВОЛЬФРАМ

Загальна характеристика. Елемент VIB групи, 6 періоду ПС (*d*-елемент, метал), характерні ступені окиснення +2 – +6.

W	5d⁴6s²	74
183,85	Вольфрам	

Топографія та вміст в організмі: дані відсутні; кров – 0,001 мг/л; кістки – $2,5 \cdot 10^{-8}$ % . Накопичується в основному в кістках і нирках.

Добова потреба: 0,001–0,015 мг.

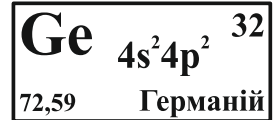
Надлишок: захворювання ШКТ і верхніх дихальних шляхів; вегетативні дисфункції з порушенням терморегуляції. У результаті накопичення солей вольфраму може знижуватись рівень сечової кислоти і підвищуватись рівень ксантину і гіпоксантину.

Ризик підвищеного вміст вольфраму в організмі спостерігається у працівників металургійних підприємств. Хронічне надходження пилу вольфраму в організм може призвести до розвитку клінічного синдрому, – «хвороби важких металів» або пневмоконіозу. Найбільш частими симптомами цього захворювання є кашель, порушення дихання, Атопічна астма і зміни в легенях. У важких випадках, при пізньому діагностуванні захворювання, може розвинути патологія «легеневого серця», фіброз легень і емфізема. Усі випадки «хвороби важких металів» як правило, виникають У результаті комбінованого впливу ряду металів і їх солей (вольфрам, кобальт та ін.). Встановлено, що при спільній дії на організм, вольфрам і кобальт взаємно підсилюють негативний вплив на бронхо-легеневу систему людини. Комбінація карбідів вольфраму і кобальту може викликати контактний дерматит і місцеве запалення.

Токсичність: дані відсутні; летальна доза – 30 мг.

Біологічна роль: мало вивчена; конкурує з Мо, пригнічує активність ряду дихальних ферментів (напр., ксантинооксидази); впливає на специфічні функції жіночого організму; тератоген; мутаген.

Джерела надходження. У середньому за добу в організм з їжею надходить близько 0,001–0,015 мг вольфраму. Засвоюваність вольфраму і його солей у ШКТ 1–10 %, а малорозчинної вольфраматної кислоти H_2WO_4 , – до 20 %.

ГЕРМАНІЙ

Загальна характеристика. Елемент IVA групи, 4 періоду ПС (*p*-елемент, метал), характерні ступені окиснення +2, +4.

Топографія та вміст в організмі: дані відсутні; кров – 0,44 мг/л; м'язова тканина $-1,4 \cdot 10^{-5}$ %. Абсорбується біля 95%, відносно рівномірно розподіляється по органах і тканинах (у позаклітинному і внутрішньоклітинному просторі).

Біологічна роль: відсутня, стимулятор.

Токсичність: не токсичний; доза 100 мг/кг (внутрішньо) і 4 мг/кг (внутрішньом'язово) при однократному введенні не виявляє на людину токсичної дії. Неорганічні солі германію більш токсичні, ніж органічні.

Використання у медицині та фармації: при лікуванні анемії та імунодефіцитних станів.

Джерела надходження: з їжею (0,4–1,5 мг/доба). Значна кількість міститься в часнику, рибі, висівках, овочах, насінні, грибах, корені женьшеню (0,01–1 мкг/г).

Препарати, що містять германій (напр., «Гермавіт»). Гермавіт показаний для хворих, що страждають кисневою недостатністю. Він зміцнює імунну систему, перешкоджає виникненню простудних і вірусних захворювань.

Відходи вугледобувної і коксової промисловості є джерелом забруднення германієм, у золі лігніту (буре вугілля) міститься до 120 мкг/г германію.

ГАЛІЙ

Загальна характеристика. Елемент IIIA групи, 4 періоду ПС (*p*-елемент, метал), характерний ступінь окиснення +3.



Топографія та вміст в організмі: дані відсутні; кров $\sim 0,08$ мг/л; м'язи – $1,4 \cdot 10^{-7}\%$. Є дані, які свідчать про наявність галію у залозах внутрішньої секреції, зокрема, в гіпофізі. Депонується в кістковій тканині і печінці.

Надлишок: ураження нервової системи, що супроводжується морфологічними змінами в печінці та нирках. Відзначають значні коливання вмісту калію і натрію в сироватці крові, пошкодження слизових оболонок ШКТ.

Широке використання галій арсеніду GaAs (у першу чергу у виробництві напівпровідників) з початку 80-х рр. ХХ ст., призвело до збільшення ризику інтоксикації цим елементом не тільки працівників електронної промисловості, а й населення, оскільки методи утилізації та рециркуляції відходів, що містять галій арсенід, ще не були розроблені. Основною «мішенню» для галій арсеніду в організмі є імунна система. Цей елемент також здатний порушувати утворення гелів в організмі, за рахунок посилення екскреції амінолевулінової кислоти і порфіринів.

Токсичність: токсичніший, ніж ртуть.

Біологічна роль: відсутня; стимулятор.

Галій життєво важливий для рослин. У періодичній системі галій, поряд з германієм, перебуває в оточенні життєво необхідних біоелементів (хром, манган, залізо, кобальт, мідь, цинк, селен), що свідчить необхідність більш пильного вивчення есенціального галію для людини.

Використання у фармації та медицині: галій нітрат $Ga(NO_3)_2$ використовують при лікуванні гіперкальціємії в онкологічних хворих, де ефект впливу досягається за рахунок пригнічення активності остеокластів. Радіоізотопи галію застосовують у діагностиці та лікуванні пухлинних захворювань.

Джерела надходження: в основному з їжею. Додатковим джерелом надходження галію через шлунково-кишковий тракт і легені може служити тютюн, в якому його міститься до 100 нг/мг.

СТРОНЦІЙ

Загальна характеристика. Елемент ІІА групи, 5 періоду ПС (s-елемент, лужноземельний метал), характерний ступінь окиснення +2.

Sr	5s²	38
87,62	Стронцій	

Топографія та вміст в організмі: 320 мг; кров – 0,031 мг/л; кістки – $(0,35–1,4) \cdot 10^{-2}\%$ (99 % усього вмісту); м'язи – $(1,2–3,5) \cdot 10^{-5}\%$. Відносно високі концентрації у лімфатичних вузлах $(0,30 \pm 0,08$ мкг/г), легенях $(0,20 \pm 0,02)$, яєчниках $(0,14 \pm 0,06)$, печінці і нирках $(0,1 \pm 0,03)$.

Добова потреба: 0,8–5 мг.

Надлишок: «стронцієвий» рахіт (у місцях, де питна вода містить підвищену кількість Sr^{2+}), хондро- і остеодистрофія, «потворна» хвороба (підвищена ламкість і потворність кісток) внаслідок витіснення іонів кальцію Ca^{2+} іонами стронцію Sr^{2+} з кісткової тканини.

Токсичність: іони Sr^{2+} токсичні.

Біологічна роль: відсутня; бере участь в остеосинтезі, концентрується в кістках, може заміщати Са; активує ряд ферментів (каталази, карбоангідрази та ін.).

Використання у медицині та фармації: радіоактивний ізотоп ^{89}Sr застосовують у променевої терапії пухлин кісток, а також як аплікатор при лікуванні деяких шкірних і очних хвороб.

Коли виникає дефіцит кальцію, а організм перебуває в середовищі містить радіоактивний стронцій, то він починає накопичувати даний радіонуклід в кістках. З накопиченням стронцію в кістках пов'язана особлива проблема — цей радіонуклід вкрай повільно виводиться з організму людини. Приміром, через 200 днів організм може позбутися лише від половини всього накопиченого їм стронцію. Радіоактивний стронцій, накопичуючись в кістках, викликає опромінення такого важливого органу в організмі людини, як кістковий мозок, що може спровокувати відповідні захворювання.

Джерела надходження: з їжею в організм надходить 0,8–3,0 мг стронцію, він відносно погано засвоюється організмом (близько 5–10%). Багаті стронцієм рослинні продукти (зернові, листові овочі – кріп, петрушка), ж кістки і хрящі. Абсорбція стронцію відбувається в дванадцятипалій і клубовій кишках.

Запобігас накопиченню достатня кількість F.

ТИТАН

Загальна характеристика. Елемент IVB групи, 4 періоду ПС (*d*-елемент, метал), характерний ступінь окиснення +2, +4.

Ti	$3d^2 4s^2$	22
47,90	Титан	

Топографія та вміст в організмі: 9 мг, з них у легенях близько 2,4 мг, висока концентрація у лімфовузлах. Вважається, що підвищений вміст титану в легенях обумовлений його надходженням з пилом. Концентрація титану у легенях з віком багаторазово збільшується.

Токсична доза: не токсичний.

Надлишок: запалення легень, легеневих і периферичних лімфатичних вузлів, гранулематоз легень і плеври, альвеоліт, трахеїт. Вдихання титан (IV) оксиду TiO_2 викликає подразнення легень. Симптомами цього є кашель, часто з мокротою і задишка. Хронічний вплив титан (IV) оксиду призводить до його накопичення в легенях (понад 4 мг/кг), у легеневих (до 24 мг/кг) і периферичних (до 120 мг/кг) лімфатичних вузлах. Надалі можливий розвиток запалення, а у деяких випадках і гранулематозу легень і плеври, при одночасній дії титан (IV) оксиду з іншими подразниками, наприклад, з азбестом, силікатами, нікелем або алюмінієм. Відзначено пряму кореляцію важкості силікозу з накопиченням титану в легенях, і особливо прикореневих лімфовузлах.

Вдихання титан (IV) хлориду $TiCl_4$ може призвести до розвитку трахеїту і альвеоліту.

У випадках гострого або хронічного отруєння сполуками титану показано симптоматичне лікування.

Біологічна роль: не відома, один із найбільш біологічно інертних металів.

Використання у медицині та фармації: при виготовленні різних інструментів, як біосумісний матеріал при виробництві імплантів в ортопедії, щелепно-лицевій хірургії та нейрохірургії.

Титан (IV) оксид використовують в косметології, завдяки здатності захищати від короткохвильового ультрафіолетового випромінювання. У медицині TiO_2 застосовують в дерматологічній практиці при лікуванні світлочутливого хейліту, простого герпесу, вугрів, запалень губ і порожнини рота, а також при видаленні гемангіом обличчя методом татуювання, входить до складу різних лікарських препаратів.

Джерела: добове надходження титану з їжею і рідинами 0,85 мг, з них із питною водою 0,002 мг і з повітрям – 0,0007 мг. Всмоктування сполук титану в ШКТ людини 1–3 %. Інгаляційним шляхом в організм надходить менше 1 % від поглиненої дози, при цьому до 30 % титану затримується в легенях.

Токсичні мікроелементи

АЛЮМІНІЙ

Загальна характеристика. Елемент IIIA групи, 3 періоду ПС (*p*-елемент, метал), характерний ступінь окиснення +3.

Al	$3s^2 3p^1$	13
26,98	Алюміній	

Топографія та вміст в організмі: 61 мг; кров – 0,39 мг/л кісткова тканина – $(0,7-2,8) \cdot 10^{-4} \%$; м'язова тканина – $(4-27) \cdot 10^{-4} \%$. Накопичується у кістках, печінці, легенях, сірій речовині головного мозку (з віком вміст у легенях і головному мозку збільшується).

Добова потреба: 35–49 мг.

Надлишок: накопичуючись в мозку, сприяє розвитку хвороби Альцгеймера; знижує затримку Ca в організмі, викликає ламкість кісток; зменшує адсорбцію P, що веде до зниження рівня АТФ і порушення процесу фосфорилування; зниження рівня Fe в крові, анемія.

Токсичність: токсична доза – 5 г; солі Al^{3+} токсичні, паралізують нервову систему. Токсичний (імунотоксичний) елемент, здатний накопичуватись в організмі.

Біологічна роль: не відома. Знижує активність деяких ферментів (лактатдегідрогенази, лужної фосфатази, каталази та ін.); бере участь у процесах регенерації кісткової, сполучної та епітеліальної тканини; виявляє, залежно від концентрації, гальмівну або активуючу дію на травні ферменти; блокує активні центри ферментів, які беруть участь у кровотворенні; впливає на обмін речовин, особливо мінеральний; бере участь у регуляції функцій нервової системи; впливає на розмноження і ріст клітин; конкурент P і Ca, Fe; впливає на репродуктивну здатність, ембріональний і постембріональний розвиток; мутаген.

Використання у медицині та фармації: адсорбуючі, антацидні, захисні і знеболюючі властивості препаратів, що містять алюміній. Алюмосилікати (біла глина, каолін) і палений галун застосовують зовнішньо у вигляді присипок, мазей і паст при лікуванні шкірних захворювань; внутрішньо, як антацидний засіб при виразковій хворобі шлунка і дванадцятипалої кишки, гострих і хронічних гіперацидних гастритах і харчових отруєннях.

Алюміній гідроксид $Al(OH)_3$, разом з магній оксидом MgO, входить до складу комбінованого препарату "Альмагель" і ряду інших подібних ліків, які використовують як обволікаючі антацидні засоби. Алюміній фосфат $AlPO_4$ виявляє противиразкову та адсорбуючу дію, знижує кислотність шлункового соку.

Джерела надходження: в організм щодоби потрапляє 5–50 мг алюмінію з повітрям, питною водою (вміст алюмінію 2–4 мг/л), їжею (чай, яблука), лікарськими препаратами (в основному, антациди), паперовими рушниками. При гарячій обробці харчових продуктів або випічці хліба, у випадку використання алюмінієвого посуду їжа забруднюється цим металом. У ШКТ всмоктується 2–4 % алюмінію, краще засвоюються розчинні солі (такі, як $AlCl_3$). Алюміній потрапляє в організм і через легені, що може призводити до фіброзу легень.

Сприяє засвоєнню: старіння, гіпервітаміноз D, алкоголь.

ПЛЮМБУМ

Загальна характеристика. Елемент IVA групи, 6 періоду ПС (*p*-елемент, метал), характерні ступені окиснення +2, +4.

Pb	$6s^2 6p^2$	82
207,20	Плюмбум	

Топографія та вміст в організмі: 80–120 мг; кров – 0,21 мг/л; У нормі вміст, мг/кг: кістки 20, печінка – 1, нирки – 0,8, головний мозок – 0,1. У чоловіків вміст свинцю в організмі вищий, ніж у жінок.

Добова потреба: 0,06–0,5 мг.

Нестача: може виникнути при недостатньому надходженні (менше 1 мкг/день), оптимальна інтенсивність надходження в організм – 10–20 мкг/день.

Надлишок: уповільнення росту, особливо небезпечно у віці 6–8 років; ураження ЦНС, затримка її розвитку, уповільнення темпів інтелектуального розвитку, підвищена агресивність; ураження ШКТ, запори; ураження печінки та ін. органів; викликає втрату слуху; погіршення сутінкового зору; викликає обмінні і ендокринні порушення; професійні захворювання.

Токсичність: Pb і його сполуки дуже токсичні; токсична доза – 1 мг/день; летальна доза – 10 г.

Токсична дія обумовлена здатністю утворювати зв'язки з великим числом аніонів – лігандів, до яких належать сульфгідрильні групи, похідні цистеїну, імідазольні і карбоксильні групи, фосфати. У результаті зв'язування їх зі свинцем пригнічуються синтез білків і активність ферментів, наприклад, АТФ-ази. Свинець порушує синтез гему і глобіну, втручаючись у порфіриновий обмін, індукує дефекти мембран еритроцитів.

Біологічна роль: відсутня; може накопичуватись у скелеті, заміщаючи Са; гемолітична отрута: зніжує вміст гемоглобіну в крові на 50 %, викликаючи свинцеву анемію; здатний «вклинюватись» у різні клітинні ферменти, порушуючи їх функціонування (інгібує); бере участь в обмінних процесах кісткової тканини, тератоген; канцероген.

Використання у медицині та фармації: свинцеві примочки; плюмбум (II) ацетат $Pb(CH_3COO)_2$ – у косметології для зафарбовування сивого волосся.

Джерела надходження: риба, морепродукти, продукти рослинного походження, газоподібні викиди, особливо автомобілів.

Основний шлях надходження – ШКТ. Відсоток всмоктування залежить від розчинності сполук: у ШКТ всмоктується 5–10 % (а інколи і до 50 %) загальної кількості. Багато свинцю може потрапляти в організм із вдихуванням повітрям (до 70 % аерозолі, що містить свинець, осідає у легенях). При великих концентраціях тетраетилплюмбуму $Pb(C_2H_5)_4$ виникає ризик його проникнення через шкіру.

Сприяє засвоєнню: дефіцит заліза, кальцію, фосфору, магнію, цинку.

Запобігають засвоєнню підвищене надходження з їжею кальцію, фосфору, магнію, цинку.

БАРІЙ

Загальна характеристика. Елемент ІІА групи, 6 періоду ПС (*s*-елемент, лужноземельний метал), характерний ступінь окиснення +2.

Ва	$6s^2$	56
137,33		Барій

Топографія та вміст в організмі: 22 мг; кров – 0,068 мг/л; кісткова тканина – $3 \cdot 10^{-4}$ %; м'язова тканина – $9 \cdot 10^{-6}$ %. У незначних кількостях знаходиться в усіх органах і тканинах, проте його найбільше у головному мозку, м'язах, селезінці і кришталику ока. Близько 90 % всього барію концентрується в кістках і зубах. При ішемічній хворобі серця, хронічній коронарній недостатності, захворюваннях органів травлення вміст барію у тканинах знижується.

Добова потреба: 0,6–1,7 мг.

Надлишок: гіперстимуляція м'язів, бурхлива перистальтика, гіпертонія, судоми, конвульсії і порушення серцевої діяльності; потворна хвороба (підвищена ламкість і потворність кісток), остеопороз.

Токсичність: токсичний, діє як серцева отрута; токсична доза – 200 мг; летальна доза – 3,7 г; особливо токсичні родентициди (засоби від гризунів – мишей, щурів). Токсичні всі сполуки барію (за винятком барій сульфату $BaSO_4$), виявляють нейротоксичну, кардіотоксичну і гемотоксичну дію.

Біологічна роль: витісняє з кісток Са і Р; слабкий мутаген; стимулятор. Навіть у незначних концентраціях барій має виражений вплив на гладкі м'язи.

Використання у медицині та фармації: завдяки здатності барій сульфату $BaSO_4$ поглинати рентгенівські промені, його використовують як контрастну речовину при рентгенологічних дослідженнях ШКТ.

Джерела надходження: з продуктами харчування і водою. У деяких морепродуктах барію в десятки (а в морських рослинах – у сотні) разів більше, ніж у морській воді. У рослинах (томати, соєві боби тощо), барію може бути в десятки разів більше, ніж у ґрунтах, на яких вони ростуть; буває багато барію і в питній воді; в повітрі його мало.

Запобігають засвоєнню: при отруєнні солями барію, як антидоти застосовують розчинні натрій і магній сульфати Na_2SO_4 і $MgSO_4$, що сприяють утворенню важкорозчинного барій сульфатів, який видаляється з організму.

БІСМУТ

Загальна характеристика. Елемент VA групи, 6 періоду ПС (*p*-елемент, метал), характерні ступені окиснення +3, +5.

Bi	$6s^2 6p^3$	83
208,98	Бісмут	

Топографія та вміст в організмі: кров – 0,016 мг/л (у вигляді сполук з білками, в еритроцитах); кістки – $2 \cdot 10^{-5}$ %; м'язи – $3,2 \cdot 10^{-6}$ %. Між органами і тканинами розподіляється відносно рівномірно, деяке накопичення може спостерігатися в печінці, нирках (до 1 мкг/г), селезінці і кістках, головному мозку.

Добова потреба: 0,005–0,02 мг.

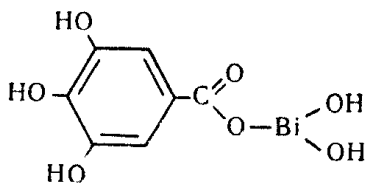
Надлишок: набряк слизової оболонки рота, сіра облямівка на яснах, випадання зубів, виразковий стоматит; токсичний гепатит, недостатність функцій нирок; периферичні неврити; остеопороз.

Токсичність: нетоксичний, токсичні розчинні сполуки.

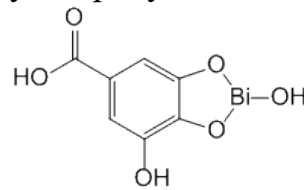
Біологічна роль: здатний зв'язуватися з імуноглобулінами, знижуючи їх вміст; солі Ві пригнічують аміно- і карбопептидази; тератоген, викликає енцефалопатію плода. Індукує синтез низькомолекулярних білків, бере участь у процесах осифікації, утворює внутрішньоклітинні включення в епітелії ниркових каналців. Виявляє генотоксичні і мутагенні властивості.

Використання у медицині та фармації: бісмут (III) дигідроксид-галлат $\text{Bi}[\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_3\text{COO}](\text{OH})_2$ застосовують у вигляді порошку для присипки ран і опіків. Ізотоп ^{206}Bi використовують для лікування лімфогрануломатозу і лімфатичної лейкемії.

Бісмут субгаллат при нанесенні на шкіру і слизові оболонки викликає ущільнення колоїдів позаклітинної рідини, слизу, ексудату і утворює захисну плівку, що оберігає закінчення чутливих нервів від подразнення, що здатне знижувати больові відчуття і перешкоджати розвитку набряку.



Бісмут (III) дигідроксид-галлат



Бісмут субгаллат

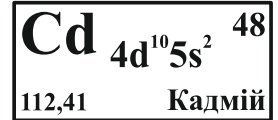
Бісмут субнітрат BiONO_3 у вигляді мазей і присипок використовують як захисний і протизапальний засіб при дерматиті, екземі, ерозіях і виразках шкіри. При призначенні всередину у вигляді суспензій, гелів або пігулок солі бісмуту утворюють на поверхні слизових оболонок ШКТ захисну плівку – хелатні сполуки з білковим субстратом. Ця плівка сприяє зменшенню місцевого запального процесу, загоєнню пептичних виразок і зниженню числа рецидивів. Препарати бісмуту мають антибактеріальну дію (пригнічують зростання *Helicobacter pylori*).

Комбіновані препарати, до складу яких входить бісмут нітрат $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ (вікалін, вікаїр), мають антацидну і помірну послаблюючу дію. Сполуки бісмуту (Де-Нол містить бісмут субнітрат колоїдний) використовують при запальних захворюваннях шлунку і кишечника, виразці шлунку і дванадцятипалої кишки, діареї різного генезу та ін.

Джерела надходження: в основному з їжею, повітрям і водою (5–20 мкг/доба), всмоктування у ШКТ незначне (біля 5 %).

КАДМІЙ

Загальна характеристика. Елемент ІІВ групи, 5 періоду ПС (*d*-елемент, метал), характерний ступінь окиснення +2.



Топографія та вміст в організмі: 50 мг; кров – 0,0052 мг/л; кісткова тканина – $1,8 \cdot 10^{-4}\%$; м'язова тканина – $(0,14-3,2) \cdot 10^{-4}\%$, у ребрах 0,4–0,5 мкг/г. Акумулюється в основному в нирках, печінці і дванадцятипалій кишці. Найбільша кількість міститься у волоссі (2 мкг/г), у курців в організмі кадмію більше, ніж у тих, хто не палить. З віком вміст в організмі збільшується, особливо у чоловіків. Середня концентрація кадмію у чоловіків і жінок, відповідно, у нирках 44 і 29 мкг/г, у печінці – 4,2 і 3,4 мкг/г.

Добова потреба: 0,007–3 мг.

Надлишок: накопичується в нирках, викликаючи важке отруєння і невиліковні захворювання нирок; захворювання статевих залоз (особливо сім'яників); хвороба ітай-ітай (атрофія кісток усього скелету). Виводиться з організму тривалий час (близько 30 років), естроген підсилює виведення кадмію, що може бути пов'язане з активізацією обміну міді.

Токсичність: токсичний; токсична доза – 3–330 мг; летальна доза – 1,5–9 г.

Біологічна роль: мало вивчена; пригнічує нервово-м'язову передачу; тератоген; канцероген.

Кадмій виявляється у складі "металотіонеїну" – білка, для якого характерний високий вміст сульфгідрильних груп і важких металів. Функція тіонеїну полягає у зв'язуванні і транспортуванні важких металів та їх детоксикації. In vitro кадмій активує декілька цинкзалежних ферментів: триптофан оксигеназу, ДАЛК-дегідратазу, карбоксипептидазу. Ферментів, які б активувалися лише кадмієм, не виявлено.

Використання у медицині та фармації: кадмій сульфат $CdSO_4$ використовують при дослідженні згортання крові.

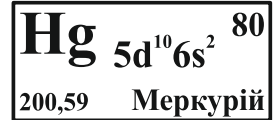
Джерела: злаки (зернові) і листові овочі. В організм протягом доби надходить 10–20 мкг кадмію (оптимально – 1–5 мкг). У тонкому кишечнику адсорбується менше 5 % кадмію, що потрапив з їжею. На всмоктування кадмію істотно впливає наявність інших біоелементів (Ca, Zn, Cu), харчових волокон. Кадмій, що потрапляє в організм із вдихуванням повітрям, засвоюється значно краще (10-50 %).

Сприяє засвоєнню: нестача Fe, найбільшому ризику отруєння піддаються жінки, оскільки вони, у результаті менструацій, постійно «втрачають» Fe.

Запобігає засвоєнню: вітамін D, достатня кількість Fe у крові.

МЕРКУРІЙ

Загальна характеристика. Елемент ІІВ групи, 6 періоду ПС (*d*-елемент, метал), характерні ступені окиснення +1, +2.



Топографія та вміст в організмі: дані відсутні; кров – 0,0078 мг/л; кісткова тканина – $4,5 \cdot 10^{-5}\%$; м'язова тканина – $(0,2-7) \cdot 10^{-5}\%$. Накопичується у волоссі, яке є індикатором загрози отруєння меркурієм (10 мг/кг – безпечна доза, 50 мг/кг – чіткі ознаки захворювань, 300 мг/кг – небезпека для життя), шкірі та нігтях. Максимальна концентрація у нирках – 2,7 мкг/г.

Добова потреба: 0,004–0,02 мг.

Нестача може розвинутися при недостатньому надходженні (менше 0,5 мкг/день). Оптимальна інтенсивність надходження 1–5 мкг/день.

Надлишок: меркуріалізм: ураження ЦНС, ШКТ, відбуваються зміни в крові, можливі стоматити і рихлість ясен; облісіння; ознакою надлишку ртуті є металевий присмак у роті.

Токсичність: метал і сполуки токсичні (поріг токсичності 50 мкг), метилмеркурій $[\text{CH}_3\text{Hg}]^+$ високотоксичний.

Токсичність ртуті залежить від хімічної форми, в якій вона потрапляє в організм. Металева ртуть (у рідкому вигляді) при потраплянні в організм у цілому нетоксична і всмоктується у ШКТ практично повністю. Неорганічні сполуки Hg^{2+} всмоктуються в ШКТ (біля 10 %). Органічні сполуки ртуті (алкіл- та арилмеркурій) всмоктуються в шлунково-кишковому тракті практично повністю (90%).

Біологічна роль: відсутня; блокує біологічно активні групи білкових молекул; змінює мембрани ендоплазматичної сітки; здатен включатись в т-РНК; активізує викид гормонів; стимулює фагоцитарну активність лейкоцитів; бере участь у терморегуляції, тератоген; мутаген.

Використання у медицині та фармації.

Застосування сполук меркурію, як лікувальних засобів, почалося давно, при лікуванні захворювань шкіри і сифілісу.

Амальгама срібла – пломбувальний матеріал.

Ртуть використовують у термометрах, манометрах, ртутно-кварцових лампах та інших приладах медичного призначення.

Меркурій (I) хлорид (каломель) Hg_2Cl_2 – жовчогінний і проносний засіб; виявляє сечогінну дію; зовнішньо використовують як присипку при сифілітичних виразках, конділомах і папулах, а також при захворюваннях рогової оболонки очей.

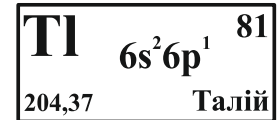
У сучасній медицині використовують протизапальну, антисептичну і дезінфікуючу дію сполук меркурію. Меркурій (I) хлорид (сулема) HgCl_2 , меркурій (II) йодид HgI_2 використовують для дезінфекції, дератизації та стерилізації.

Джерела надходження: тваринні і рослинні продукти, чай, риба (10–20 мкг/день).

Запобігає засвоєнню: достатня кількість Se.

ТАЛІЙ

Загальна характеристика. Елемент IIIA групи, 6 періоду ПС (*p*-елемент, метал), характерний ступінь окиснення +2.



Топографія та вміст в організмі: 0,1 мг; кісткова тканина – $2 \cdot 10^{-7}$ %; м'язова тканина – $7 \cdot 10^{-6}$ %; кров – 0,00048 мг/л. Як у нормі, так і при інтоксикації, цей елемент в основному сконцентрований в нирках, печінці, м'язах, органах ендокринної системи, щитовидній залозі і в яечках. Як і калій, талій акумулюється всередині клітин.

Добова потреба: 0,0015 мг.

Токсичність: сполуки дуже отруйні, летальна доза – 600 мг.

Токсичність обумовлена порушенням іонного балансу основних катіонів організму – Na⁺ і K⁺. Іон Tl⁺ здатний утворювати міцні сполуки із сульфурвмісними лігандами і пригнічувати активність ферментів, що містять SH-групи. Оскільки іонні радіуси K⁺ і Tl⁺ близькі, вони виявляють схожі властивості і здатні заміщати один одного у ферментах. Катіон Tl⁺ має більшу (порівняно з K⁺) здатність проникати через клітинну мембрану всередину клітини. При цьому швидкість проникнення Tl⁺ у 100 разів вища, ніж у лужних металів. Це викликає різке зміщення рівноваги Na/K, що призводить до функціональних порушень нервової системи. Крім того, талій порушує функціонування різних ферментних систем, пригнічує їх, перешкоджаючи синтезу білків. Оскільки талій є ізоморфним «мікроаналогом» K⁺, токсичність його сполук значно вища, ніж сполук плюмбуму і меркурію.

Біологічна роль: відсутня; здатний заміщувати K⁺ і конкурувати з ним за місце у біологічних мембранах; тератоген.

Використання у медицині та фармації: ряд ізотопів талію (¹⁹⁹Tl, ²⁰¹Tl) використовуються в медицині (сцинтиграфії міокарда, дослідження порушень серцево-судинної діяльності, в тому числі мікроциркуляції, венографія, а як аплікатор у дерматології та офтальмології при лікуванні захворювань з поверхневою локалізацією процесу – екзема, нейродерміт, кератит та ін.).

Джерела: капуста, шпинат, цибуля-порей. У нормі добове надходження талію з харчуванням незначне, всього близько 2 мкг; талій дуже добре резорбується в кишечнику.

БЕРИЛІЙ

Загальна характеристика. Елемент ІА групи, 2 періоду ПС (*s*-елемент, метал), характерний ступінь окиснення +2.

Be	$2s^2$	4
9,01	Берилій	

Топографія та вміст в організмі: 0,036 мг; кров – $1 \cdot 10^{-5}$ мг/л кісткова тканина – $0,3 \cdot 10^{-6}$ %; м'язова тканина – $0,75 \cdot 10^{-7}$ %. Загальна кількість берилію в тілі дорослої людини коливається від 0,4 до 40 мкг. Встановлено, що берилій може депонуватися в легенях, печінці, лімфатичних вузлах, кістках, міокарді.

Добова потреба: 0,01 мг.

Надлишок: зв'язує фосфати в кишківнику у важко розчинний берилій фосфат $\text{Be}_3(\text{PO}_4)_2$, унеможливаючи засвоєння фосфатів організмом, розвивається «берилієвий» рахіт; пара і пил викликають захворювання легень (бериліоз або «берилієва» пневмонія).

Токсичність: дуже токсичний, також токсичні його сполуки. Тканини-мішені для берилію – слизові оболонки (легені, верхні дихальні шляхи), шкірні покриви.

При надходженні в розчинній формі в ШКТ, берилій взаємодіє з фосфатами і утворює погано розчинний $\text{Be}_3(\text{PO}_4)_2$ або зв'язується білками епітеліальних клітин в міцні протейнати, тому всмоктуваність у ШКТ невелика і коливається від 4 до 10%.

Біологічна роль: відсутня; заміщує Mg, Ca і P у ферментах та інших органічних сполуках; впливає на імунний статус; алерген; канцероген; тератоген.

Використання у медицині та фармації: в рентгенівських пристроях.

Біологічна роль: може брати участь у регуляції фосфорно-кальцієвого обміну, підтримці імунного статусу організму.

Джерела надходження: газоподібні викиди, їжа (10–20 мкг/доба).

СТИБІЙ

Sb	$5s^25p^3$	51
121,75	Стибій	

Загальна характеристика. Елемент VA групи, 5 періоду ПС (*p*-елемент, метал), характерні ступені окиснення +3, +5.

Топографія та вміст в організмі: 0,09 г; кров – 0,0033 мг/л; кісткова тканина – $(0,1-6) \cdot 10^{-5}$ %; м'язова тканина – $(4,2-191) \cdot 10^{-7}$ %. Наявний у скелеті, печінці, нирках, крові (в основному в еритроцитах), інших органах і тканинах.

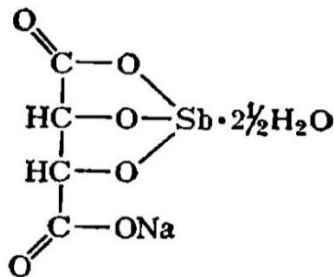
Добова потреба: 0,002–1,3 мг.

Надлишок: при вдиханні парів розвивається стибієва «ливарна лихоманка»; збільшення числа гінекологічних захворювань; у чоловіків – порушення статевої функції; пневмосклероз.

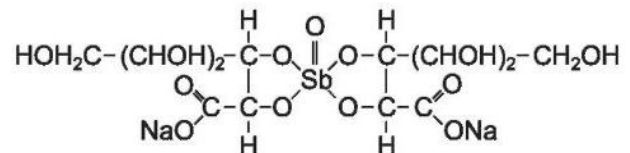
Токсичність: токсичний, токсична доза – 100 мг.

Біологічна роль: відсутня; стимулятор; канцероген, елемент-супутник As. Відомо, що Стибій утворює зв'язки з атомами Сульфуру (напр., реагує з SH-групами ферментів), що обумовлює його високу токсичність.

Використання у медицині та фармації: стибій (III) оксид ще у Стародавній Греції використовували для лікування хвороб шкіри, а у середні віки його застосовували для терапії прокази, сифілісу і серцевих захворювань. Однак його значна токсичність обмежувала застосування препаратів стибію у медицині. Тривалий час сполуки стибію (стибій пентасульфід Sb_2S_5 , калій тартрат антимонат $C_4H_2O_6KSb \cdot 1/2H_2O$ (блювотний камінь) і натрій тартрат антимонат $C_4H_2O_6NaSb \cdot 1/2H_2O$) використовували лише як відхаркувальні і блювотні засоби. У сучасній медицині препарати стибію (солюсурмін та ін.) успішно застосовують при лікуванні вісцерального і шкірного лейшманіозу, а також при дослідженнях згортання крові.



Натрій тартрат антимонат



Солюсурмін

Джерела: молоко, риба, шпинат (50 мкг/доба).

Запобігають засвоєнню комплексоутворювачі.

Рекомендована література

Основна

1. Левітін Є.Я., Ключєва Р.Г., Бризицька А.М. Загальна та неорганічна хімія. – Видання 2-е. Вінниця: НОВА КНИГА. – 2009. – 464 с.
2. Державна Фармакопея України : в 3 т. / Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». – 2-е вид. – Харків: Державне підприємство «Український науковий- фармакопейний центр якості лікарських засобів». Т. 1, 2015. – 1128 с., Т. 2, 2014. – 724 с., Т. 3, 2014. – 732 с.

Допоміжна

1. Левитин Е.Я., Антоненко О.В., Бризицкая А.Н., Ведерникова И.А., Катречко Е.А., Оноприенко Т.А., Рой И.Д., Турченко Н.В., Цихановская И.В. Общая и неорганическая химия: Учеб. Пособие для студентов фармац. вузов и фармац. фак. мед. вузов III – IV уровня аккредитации. – Х., 2012. – 219 с.
2. Гомонай В.І., Мільович С.С. Біонеорганічна хімія. – Ужгород: Патент, 2006. – 200 с.
3. Bertini, H.V. Gray, E.I. Stiefel, J.S. Valentine, Biological Inorganic Chemistry, University Science Books, 2007. — С. 1079.
4. Ленский, А. С. Биофизическая и бионеорганическая химия : Учебное пособие для вузов / А. С. Ленский, И. Ю. Белавин, С. Ю. Былинкин. - М.: Медицинское информационное агентство, 2008. - 416 с.
5. Биометаллоорганическая химия / ред. : Ж. Жауэн; пер. с англ. : В.П. Дядченко, К.В. Зайцева, под ред. Е.Р. Милаевой. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2009. – 494 с.
6. Мороз А.С., Луцевич Д.Д., Яворська Л.П. Медична хімія. – Вінниця: Нова книга, 2006. – 776 с.
7. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: Учеб. для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд и др.; Под ред. Ю.А. Ершова. – М.: Высш.шк., 2003. – 560 с.
8. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Мир, 2004. – 216 с.
9. Слесарев В.И. Химия: Основы химии живого: Учебник для вузов. – СПб: Химиздат, 2000. – 768 с.
10. Загальна хімія / В. В. Григор'єва, В. М. Самійленко, А. М. Сич, О. А. Голуб – К. : Вища шк., 2009. – 471с.
11. Романова Н.В. Загальна та неорганічна хімія/ Підручник для студентів вищ. навч. закладів. - Київ; Ірпінь: ВТФ "Перун", 1998. - 480 с.

Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри неорганічної хімії НФаУ: <http://inorgchem.nuph.edu.ua/>
4. <http://prospect.rsc.org/metalsandlife/>
5. <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/dobrinina/all.pdf>
6. http://vmede.org/sait/?page=10&id=Obwaja_himija_jolina_2012&menu=Obwaja_himija_jolina_2012
7. http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/thermo/archive/Lecture48_2015.pdf
8. <http://www.chemicalnow.ru/chemie-1470.html>
9. <http://gvd2-studia.narod.ru/tablica/XBE.htm>
10. http://window.edu.ru/resource/183/75183/files/labs_theory_2_biogenic_physical.pdf

Навчальне видання

Левітін Євген Якович
Ведерникова Ірина Олексіївна
Коваль Алла Олександрівна
Криськів Олег Степанович

БІОАКТИВНІСТЬ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Навчальний посібник
для аудиторної та самостійної роботи студентів

За редакцією проф. Є. Я. Левітіна

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 3,5. Тираж 300 пр. Зам. № _____.

Надруковано з готових оригінал-макетів у друкарні ФОП Азамаєв В.Р.
Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців.
Запис № 24800170000026884 від 25.11.1998 р.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців,
виробників і розповсюджувачів видавничої продукції.
Серія ХК № 135 від 23.02.05 р.
м. Харків, вул. Познанська 6, к. 84, тел. **(057) 362-01-52**
e-mail: bookfabrik@rambler.ru