

ХИМИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Биогенные элементы -
элементы, необходимые
организму для
построения и
жизнедеятельности
клеток и органов

Классификация биогеононых химических элементов

Группа	Название	Примечание
Первоэлементы	Водород, углерод, кислород, азот, фосфор, сера.	Каркасные элементы органических молекул, составляющие большинство аминокислот Непременные участники белковых молекул, ДНК и РНК. Создатели первичной, доклеточной жизни

Группа	Название	Примечание
Макроэлементы	Калий, натрий, кальций, магний, хлор, кремний.	Элементы буферной системы первых одноклеточных организмов и клеточного потенциала. Первые элементы скелетного аппарата простейших организмов

Группа	Название	Примечание
Эссенциальные микроэлементы	Железо, медь, цинк, марганец, хром, селен, молибден, йод, кобальт, фтор.	Включились в метаболизм возникновения кровеносной системы. Участвуют в окислительно-восстановительных реакциях. Составляющие коферментов организма.

Группа	Название	Примечание
Условно эссенци альные микроэл ементы	Мышьяк бром, литий, никель, ванадий кадмий, свинец.	Узкоспециали зированной группа элементов, "работающая" не у всех видов организмов. Некоторые входят в состав коферментов

Группа	Название	Примечание
Брэйн-элементы	Золото, олово, таллий, теллур, германий, галлий.	Предположительно, участвуют в проводимости импульсов головного мозга млекопитающих.

Классификация абиогенных химических элементов

Группа	Название	Примечание
Нейтральные	Титан, рубидий.	Не заняли своего места в метаболизме животных из-за слабой реакционной способности, несмотря на широкую распространенность в литосфере

Группа	Название	Примечание
Конкуренты	Барий, стронций, цезий	Участвовали в метаболизме морских форм организмов, что и определило их дальнейшую конкуренцию в метаболизме сухопутных видов (ведущую к патологии)

Группа	Название	Примечание
Агрессивные	Ртуть, бериллий, осмий, висмут	Элементы поздней вулканической деятельности. В связи с тем, что не нашли места в метаболизме организмов, вредны в малых дозах

Элементы в природе и организме

**Академик В. Вернадский
писал: «Для понимания
сложнейших жизненных
процессов их надо изучать в
связи с первоисточником всего
живого — земной корой.
Организм вне связи с земной
корой не существует».**

На основании анализа горных пород установлено, что в биосфере (лито-, гидро- и атмосфере) входят около **90 химических элементов.**

Важнейшими являются **8 элементов:**

O, Si, Fe, Al, Ca, Na, K, Mg

- общее содержание **98,5**

масс. %.

Структурные образования
живой клетки **включают в**
себя всего 6 биогенных
элементов:

C, H, O, N, P, S.

По В. Вернадскому, средний химический состав человека включает примерно **80 элементов**,

из них **макроэлементы:**

O, C, H, N, Ca, P, K, Na, Cl, S, Mg, Fe, Zn, Si

содержащие $65 \cdot 10^{-3}$ масс.%, и

микроэлементы:

Br, Cu, F, I, Mn, As, B, Pb, Ti, Co, Mo и др., содержание меньше 10^{-3} масс. %

Больше всего в организме легких элементов. Возрастание атомной массы в ПСЭ увеличивает токсичность элементов и снижает их содержание в организме.

В. Вернадский разработал учение о **биогеохимических провинциях (областях), которые характеризуются определенным качественным и количественным составом элементов в биосфере. Биосфера оказывает направленное влияние на биохимические процессы в живых организмах данной области.**

В. Ковальский создал раздел биологии- геохимическую экологию, изучающую взаимоотношения организма с окружающей средой. Геохимическая экология изучает биохимическую и физиологическую адаптацию организма к определенному содержанию элементов данной среды. Установлено, что повышение (или понижение) содержания элементов в биосфере заставляет организм приспособляться к ним и развиваться нормально.

Однако часть организмов (5 – 20 %) в этих условиях заболевают. Например, жители горных районов часто болеют эндемическим зобом (заболевание щитовидной железы). Основная причина - недостаточное содержание йода в воде, почве, воздухе, а, следовательно, и в пищевых продуктах. Отсюда ясна профилактика этого заболевания: необходимо вводить в рацион питания определенное количество йода. Установлено канцерогенное действие некоторых металлов: Al, Fe, Au, Co, Ni, Hg, Sn, Se, Ag, Cr. Половина из них содержится в курительном табаке. Возникновение раковых заболеваний чаще других наблюдается у курильщиков.

Отдельные элементы, которые характеризуются небольшим содержанием, концентрируются в определенных частях организма. Так, значительно содержание

Cu - в печени,

Ag - в головном мозге,

Zn - в зубах,

Sn - в языке,

As - в ногтях и др.

Биологическая роль химических элементов в организме

Биологическая роль элементов в организме человека чрезвычайно разнообразна.

Главная	функция
макроэлементов	состоит в
построении тканей,	поддержании
постоянства	осмотического
давления, ионного	и кислотно-
основного состава.	

Микроэлементы, входят в состав ферментов, гормонов, витаминов, биологически активных веществ в качестве комплексообразователей (активаторов), участвуют в обмене веществ, процессах размножения, тканевом дыхании, обезвреживании токсических веществ. Микроэлементы активно влияют на процессы кроветворения, окисления - восстановления, проницаемости сосудов и тканей. **Ca, P, F, I, Al, Si** - определяют формирование костной и зубной тканей.

Содержание некоторых элементов в организме человека меняется с возрастом. Так, содержание Cd в почках и Mo в печени к старости повышается. Максимальное содержание Zn наблюдается в период полового созревания, затем оно понижается и в старости доходит до минимума.

Выявлено немало заболеваний, связанных с недостатком или избыточным накоплением различных микроэлементов. Дефицит F вызывает кариес зубов, дефицит I — эндемический зоб, избыток Mo - эндемическую подагру.

В организме человека поддерживается баланс оптимальных концентраций биогенных элементов -

ХИМИЧЕСКИЙ

ГОМЕОСТАЗ. Нарушение этого баланса может привести к различным заболеваниям.

Кроме шести основных макроэлементов (C, H, O, N, P, S) из которых состоят углеводы, жиры, белки и нуклеиновые кислоты, для нормального питания человека и животных, необходимы «неорганические» макроэлементы - Ca, Cl, Mg, K, Na — и микроэлементы - Cu, F, I, Fe, Mo, Zn, а так же возможно - Se, As, Cr, Ni, Si, Sn, V.

**Недостаток и избыток
элементов в организме
одинаково вреден.**

**Ряд элементов (Ag, Hg, Pb,
Cd и др.) считаются
ТОКСИЧНЫМИ, так как
попадание их в организм
даже в микроколичествах
приводит к тяжелым
патологическим явлениям.**

s-элементы

- **s-Элементы** - это элементы, у атомов которых электронами заселяются s-подуровни внешнего уровня.
- Сокращенная электронная формула элементов IA - группы ns^1 , IIA - группы ns^2 .

Свойства s-элементов

- Легко отдают валентные s-электроны, проявляя сильные восстановительные свойства.
- Типичные металлы, обладают блеском, высокой электрической и теплопроводностью, химически очень активны.
- Имеют малые значения энергии ионизации при относительно больших радиусах атомов и ионов.

- **Как правило, образуют соединения с ионным типом связи, исключение составляет водород, для которого наиболее характерна ковалентная связь.**
- **Большинство природных соединений Na, K, Ca, Sr растворимы в воде и кислотах, и поэтому ионы этих металлов могут мигрировать из водных растворов в организмы растений, животных и человека.**

Водород в виде соединений (белки, жиры, углеводы и др.) входят в состав всех организмов. Он отвечает за энергетические процессы, за постоянство кислотно-основного равновесия, за возникновение водородных связей.

Одним из важнейших биологических соединений водорода является вода.

Вода - составная часть организма.
У взрослых содержание её в организме составляет 60%, у детей эта величина больше.

В растениях и животных вода - не только универсальный растворитель, но и активный участник многих процессов (гидролиз, гидратация, всасывание, набухание и др.). Она играет роль транспортной системы - переносит питательные вещества, ферменты, продукты метаболизма и пр.

Вода поддерживает состояние кислотно-основного равновесия, а также осмотическое, гемодинамическое и термическое равновесие в организме. Вода используется как лечебное средство в гидротерапевтических процедурах, в составе минеральной воды, как растворитель для лекарственных форм.

Бериллий постоянно находится в растениях и организме животных. Он является ультрамикроэлементом, содержание в организме $\sim 10^{-7}$ %. Биологическая роль изучена недостаточно. Соединения Be токсичны и вызывают ряд заболеваний: бериллиевый рахит, бериллиоз и др.

Магний формально относится к макроэлементам, содержание в организме 0,027%. В наибольшей степени Mg концентрируется в дентине и эмали зубов, костной ткани. Ион Mg^{2+} , так же как и ион K^+ , является внутриклеточным катионом.

Кальций относится к макроэлементам, содержание в организме 1,4%. Основная масса находится в костной и зубной тканях. Са содержится в каждой клетке человеческого организма. В костях и зубах взрослого человека около 1 кг Са находится в виде нерастворимого минерала гидроксиапатита $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Ионы Са принимают активное участие в передаче нервных импульсов, сокращении мышц, регулировании работы сердечной мышцы.

Стронций относится к микроэлементам, содержание в организме 10^{-3} %. Концентрируется главным образом в костях, частично заменяя Са. Важную роль играет Sr в процессах костеобразования (остеогенеза).

Барий Ba - микроэлемент, содержание в организме 10^{-5} %. Концентрируется, в основном, в сетчатке глаза. Биологическая роль не выяснена. Ионы Ba^{2+} токсичны для организма.

Радий Ra - относится к ультрамикроэлементам, содержание в организме 10^{-12} %. Концентрируется преимущественно в костной ткани.

Жизненно необходимыми элементами II A - группы являются Ca и Mg. В стоматологической практике используются $2CaSO_4 \cdot H_2O$, $CaCl_2$ и др.; в рентгенологии - $BaSO_4$.

p-элементы

- p-Элементы - это элементы, у атомов которых происходит заполнение электронами p - подуровня внешнего уровня.
- К p - блоку относятся 30 элементов III A – VIII A - групп ПСЭ.
- p-Элементы входят во второй и третий малые периоды, а также в четвертый – шестой большие периоды.

Свойства p-элементов

- В группах радиусы атомов и однотипных ионов, в общем, увеличиваются.
- Энергия ионизации при переходе от 2p-элементов к 6p-элементам уменьшается, так как по мере возрастания числа электронных оболочек усиливается экранирование заряда ядер электронами, предшествующими внешним электронам.
- С увеличением порядкового номера p-элемента в группе неметаллические свойства ослабевают, а металлические усиливаются.

Свойства p-элементов

- В периодах слева направо атомные и ионные радиусы p-элементов по мере увеличения заряда ядра уменьшаются,
- энергия ионизации и сродство к электрону возрастают,
- электроотрицательность увеличивается,
- окислительная активность элементов и неметаллические свойства усиливаются.

IIIА - группа

Бор относится к примесным микроэлементам, его массовая доля в организме человека составляет 10^{-5} %. **В** концентрируется, главным образом, в легких, щитовидной железе, селезенке, печени, мозге, почках, сердечной мышце. Биологическое действие еще недостаточно изучено. Известно, что **В** входит в состав зубов и костей, очевидно, в виде труднорастворимых солей борной кислоты.

Избыток В вреден для организма человека. В угнетает ферменты амилазы, протеиназы, уменьшает активность адреналина. Является необходимым элементом для некоторых животных. В участвует в углеводно-фосфатном обмене, взаимодействует с углеводами, ферментами, витаминами, гормонами. Избыток В в организме приводит к возникновению эндемических кишечных заболеваний — энтеритов.

Алюминий А1 относится к примесным элементам (10^{-5} %). А1 концентрируется главным образом в сыворотке крови, легких, печени, костях, почках, ногтях, волосах, входит в структуру нервных оболочек мозга человека. А1 влияет на развитие эпителиальной и соединительной тканей, на регенерацию костных тканей, на обмен фосфора. Избыток А1 в организме тормозит синтез гемоглобина, он может катализировать реакцию трансаминирования (перенос групп - NH_2).

Галлий Ga — примесный микроэлемент. Биологическая роль не установлена.

Таллий Tl — весьма токсичный элемент.

IVА группа

Углерод С. По содержанию в организме человека (21,15%) С относится к макроэлементам. Он входит в состав всех тканей и клеток в форме белков, жиров, углеводов, витаминов, гормонов. С биологической точки зрения С является органогеном номер один.

Кремний Si. По содержанию в организме человека Si относится к примесным микроэлементам. Больше всего Si в печени, надпочечниках, волосах, хрусталике глаза. Так как природный SiO_2 плохо растворим в воде, то в организме человека он попадает в основном воздушным путем через легкие в виде пыли SiO_2 . С нарушением обмена Si связывают возникновение гипертонии, ревматизма, язвы, малокровия. Недавно установлено, что Si содержится в коже, хрящах, связках млекопитающих и входит в состав мукополисахаридов.

В стоматологической практике применяют карборунд SiC для шлифовки пломб и пластмассовых протезов. SiO_2 входит в состав силикатных цементах. Необходимо отметить, что пыль, состоящая из частиц угля, SiO_2 , А1 при систематическом воздействии на легкие вызывает заболевание - пневмокониоз.

Германий Ge относится к микроэлементам, содержание в организме человека — 10^{-5} — 10^{-6} %. Биологическая роль окончательно не выяснена. Ge усиливают процессы кроветворения в костном мозге. Соединения малотоксичны.

Олово. Sn по содержанию в организме человека ($10^{-4}\%$) относятся к микроэлементам. Сведения о биологической роли противоречивы. Соединения Sn оказывают токсическое действие на организм человека.

В медицинской практике находят применение различные материалы, в частности пломбировочные, содержащие Sn. Так, Sn входит в состав серебряной амальгамы (28%) для изготовления пломб. Фторид олова применяется как средство против кариеса зубов.

Свинец. Pb и его соединения, особенно органические, весьма токсичны, Соединения Pb влияют на синтез белка, энергетический баланс клетки и ее генетический аппарат. Установлено, что Pb — один из элементов, присутствие которых в продуктах питания влияет на развитие кариеса. Массовая доля Pb в организме человека 10^{-6} %. Безопасным для человека считают суточное поступление 0,2-2 мг Pb.

VA – группа

Азот N по содержанию в организме человека (3,1%) относится к макроэлементам. Этот элемент - составная часть аминокислот, белков, витаминов, гормонов.

Фосфор P содержится в организме человека **0,95%**. P относится к макроэлементам. Это органоген и играет исключительно важную роль в обмене веществ. В форме фосфата P представляет собой необходимый компонент внутриклеточной АТФ. Он входит в состав белков, нуклеиновых кислот, нуклеотидов и др. биологически активных соединений. P является основой скелета и зубов животных и человека.

Мышьяк As по содержанию в организме человека составляет 10^{-6} % и относится к микроэлементам. Он концентрируется в печени, почках, селезенке, легких, костях, волосах. As накапливается больше всего в костях и волосах. В относительно больших дозах соединения As очень ядовиты.

Сурьма Sb и висмут Bi. По содержанию в организме Sb и Bi (10^{-5} %) относятся к микроэлементам. Физиологическая и биохимическая роль практически не выяснена. Соединения Sb и Bi токсичны. Однако при попадании большинства соединений в пищеварительный тракт они практически не оказывают ядовитого действия. Это обусловлено тем, что соли Sb(III) и Bi(III) в пищеварительном тракте подвергаются гидролизу с образованием малорастворимых продуктов, которые не всасываются через стенки желудочно-кишечного тракта. На этом основано применение лекарственных препаратов Sb и Bi.

VIА-группа

Кислород О.

По содержанию в организме человека (62%) О относится к макроэлементам. Он незаменим и принадлежит к числу важнейших элементов, составляющих основу живых систем, то есть является органогеном. О входит в состав огромного числа молекул, начиная от простейших и кончая биополимерами. Исключительно важна роль О в процессах жизнедеятельности, так как окисление кислородом питательных веществ служит источником энергии, необходимой для работы органов и тканей живых организмов.

Большинство окислительно-восстановительных реакций в организме протекает при участии O и его активных форм. Фагоцитарные (защитные) функции организма также связаны с наличием кислорода, и уменьшение содержания кислорода в организме понижает его защитные свойства.

Озон O_3 как очень сильный окислитель используют для дезинфекции помещений, обеззараживания воздуха, очистки питьевой воды.

Сера S. По содержанию в организме человека ($0,16\%$) S относится к макроэлементам. Как и O, она жизненно необходима. Сера входит в состав многих биомолекул - белков, аминокислот, гормонов, витаминов. Много S содержится в каротине волос, костях, нервной ткани.

Образующаяся в организме эндогенная H_2SO_4 участвует в обезвреживании ядовитых соединений - фенола, крезола, индола, вырабатываемых в кишечнике из аминокислот микробами. Кроме того, H_2SO_4 связывает многие чужеродные для организма соединения (ксенобиотики) - лекарственные препараты и их метаболиты. Со всеми этими соединениями H_2SO_4 образует относительно безвредные вещества — конъюгаты, в виде которых они и выделяются из организма. В стоматологии H_2SO_4 используется для отбеливания стали. В медицинской практике широко применяют как саму серу, так и многие её соединения: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Селен Se. По содержанию в организме (10^{-5} – 10^{-7} %) Se относится к микроэлементам. Se в основном концентрируется в печени и почках. Несомненна связь Se с серой в живых организмах. Очевидно, Se как аналог S замещает её в различных соединениях. В больших дозах Se токсичен. Se способен предохранять организм от отравления Hg и Cd. Высокое содержание Se в рационе соответствует низкой степени смертности от рака.

Теллур Те и полоний Po. Те

обнаружен в живых организмах. Норма его содержания в тканях и органах не установлена. Не выяснена биологическая роль в организме. Данные о влиянии Po на живые организмы отсутствуют.

VIIA - группа

По содержанию в организме человека С1 (0,15%) относится к макроэлементам, остальные элементы этой группы являются микроэлементами. Галогены в виде различных соединений входят в состав тканей человека и животных. С1 и I относятся к незаменимым элементам, а остальные являются постоянными составными частями тканей.

В организме все галогены находятся в степени окисления -1, хлор и бром - в виде гидратированных ионов, фтор и йод - главным образом в связанной форме в составе некоторых биоорганических соединений.

Фтор F. Масса F в организме человека составляет около 7 мг ($\sim 10^{-5}$ %). Соединения фтора концентрируются в костной ткани, ногтях, зубах. В состав зубов входит около 0,01% F, причем большая часть приходится на эмаль в виде фторапатита $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$. Недостаток F в организме приводит к кариесу. Интерес к биологическому действию фтора связан, прежде всего, с проблемой зубных болезней, так как F предохраняет зубы от кариеса. Минеральную основу зубных тканей — дентина составляет гидроксипатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, хлорапатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$ и фторапатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$.

Фторид-ион легко замещает гидроксид-ион в гидроксиапатите, образуя защитный эмалиевый слой более твердого фторапатита:

$$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2 + 2\text{F}^- \rightarrow \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2 + 2\text{OH}^-.$$

Кроме того, фторид-ионы способствуют осаждению фосфата кальция, тем самым, ускоряя процесс реминерализации (образования кристаллов):

$$10\text{Ca}^{2+} + 6\text{PO}_3^{4-} + 2\text{F}^- = 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2.$$

Кариес зубов начинается на поврежденном участке эмали с появлением пятна. Под действием кислот, вырабатываемых бактериями, происходит растворение гидроксиапатитной компоненты эмали:

$$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2 + 14 \text{H}^+ \rightarrow 10\text{Ca}^{2+} + 6\text{H}_2\text{PO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O}$$

Очень часто разрушению подвергается не внешняя поверхность зуба, покрытая слоем эмали, а внутренние участки дентина, обнаженные при повреждении эмали. Имеются предположения, что пока эмаль повреждена незначительно, введение NaF способствует образованию фторапатита, облегчая реминерализацию начавшегося повреждения.

Обогащение питьевой воды F, то есть фторирование воды с целью доведения содержания в ней F до нормы (1 мг/л), приводит к значительному снижению заболеваемости населения кариесом зубов. Фторирование питьевой воды осуществляется добавлением определенного количества NaF. NaF употребляют в стоматологической практике в качестве местно действующего наружного средства.

Применение NaF основано на образовании фторапатита: $2\text{NaF} + \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2 = 2\text{NaOH} + \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$. При этом происходит одновременно и подщелачивание среды ротовой полости, что способствует, по-видимому, нейтрализации кислот, выработанных бактериями. Вреден не только недостаток, но и избыток F. При содержании F в питьевой воде выше предельно допустимой нормы (1,2 мг/л) зубная эмаль становится хрупкой, легко разрушается и появляются другие симптомы хронического отравления фтором - повышение хрупкости костей, костные деформации и общее истощение организма. Возникающее в этом случае заболевание называется флуорозом.

Хлор Cl. В организме человека содержится примерно 0,15%. Хлорид-ионы играют важную биологическую роль. Они активируют некоторые ферменты, создают благоприятную среду для действия протолитических ферментов желудочного сока, обеспечивают ионные потоки через клеточные мембраны, участвуют в поддержании осмотического равновесия.

Хлорид-ион имеет оптимальный радиус для проникновения через мембрану клеток. Именно этим объясняется его совместное участие с ионами Na^+ и K^+ в создании определенного осмотического давления и регуляции водно-солевого обмена. Суточная потребность NaCl - 5-10 г. NaCl необходим для выработки соляной кислоты в желудке. Помимо важной роли соляной кислоты в процессе пищеварения, она уничтожает различные болезнетворные бактерии (холеры, тифа).

Бром Br. Масса брома в организме человека составляет около 10^{-5} %. Он локализуется преимущественно в железах внутренней секреции, в первую очередь, в гипофизе. Биологическая роль Br еще недостаточно выяснена. Соединения Br угнетают функцию щитовидной железы и усиливают активность коры надпочечников.

При введении в организм **бромид-ионов** наиболее чувствительной оказывается центральная нервная система. Бромид-ионы накапливаются в различных отделах мозга и действуют успокаивающе при повышенной возбудимости. Иначе говоря, они способствуют восстановлению нарушенного равновесия между процессами возбуждения и торможения.

Бромид-ионы могут замещать ионы Cl^- и I^- в организме. Примером такого взаимозамещения является замещение йода бромом при избытке брома в гормонах щитовидной железы, что приводит к гипертиреозу. В связи с тем, что в организме человека существует определенная динамическая связь между содержанием в нем бромид- и хлорид-ионов, повышенная концентрация бромид-иона в крови нарушает равновесие и способствует быстрому выделению почками хлорид-ионов и наоборот (принцип Ле Шателье).

Бромид-ионы

легко

всасываются в желудочно-кишечном тракте. Токсичность бромид-ионов невысока. Однако вследствие медленного выведения из организма (30-60 суток) они могут накапливаться, что приводит к развитию хронического отравления («бромизм»).

Йод I относится к числу незаменимых биогенных элементов. Его соединения играют важную роль в процессах обмена веществ. Имеются данные, что I влияет на синтез некоторых белков, жиров, гормонов. В организме человека содержится около $4 \cdot 10^{-5}\%$ йода. Больше половины его находится в щитовидной железе почти в свободном состоянии - в виде гормонов - и только 1 % находится в виде йодид-иона.

Пониженная активность щитовидной железы (гипотиреоз) может быть связана с уменьшением её способности накапливать йодид-ионы, а также с недостатком в пище йода (эндемический зоб). NaI и KI используют так же как отхаркивающее средство при воспалительных заболеваниях дыхательных путей.

d-элементы

- **d-Элементы - это элементы, у атомов которых происходит заселение электронами d-подуровня второго снаружи уровня.**
- **К d-блоку относятся 32 элемента ПСЭ.**
- **d-Элементы входят в состав 4-7 больших периодов**

Свойства d-элементов

В периодах с увеличением заряда ядра возрастание радиуса атомов происходит медленно, непропорционально числу электронов, заполняющих оболочку атомов. Такое «непропорциональное» изменение радиусов объясняется лантаноидным сжатием, а также проникновением ns - электронов под d-электронный слой.

Свойства d-элементов

В результате экранирования этим слоем с увеличением номера элемента атомный радиус, энергия ионизации, а, следовательно, и химические свойства изменяются мало. Соответственно в химическом поведении однотипных соединений d-элементов много сходного. Особенно характерно для d-элементов образование разнообразных комплексных соединений.

Свойства d-элементов

- Все атомы d-блока, за исключением группы I Б и II Б, имеют незавершенный d-подуровень. Такие электронные оболочки неустойчивы. Этим объясняется переменная валентность и набор разных степеней окисления d-элементов. В свою очередь, это определяет окислительно-восстановительные свойства большинства соединений d-элементов. В группах Б (сверху вниз) уменьшаются металлические и восстановительные свойства элементов.

Свойства d-элементов

- В растворах d-элементы с высшей степенью окисления представлены анионами, как правило, кислородсодержащими. При этом соединения с высшей степенью окисления проявляют кислотные и окислительные свойства.
- Низкая степень окисления обуславливает основные и восстановительные свойства, ей соответствует катионная форма d-элементов. Амфотерные свойства более типичны для соединений с промежуточной степенью окисления.

Свойства d-элементов

- В периоде с увеличением заряда ядра уменьшается устойчивость соединений с высшей степенью окисления элементов. И параллельно возрастают окислительные свойства. В группах Б (сверху вниз) увеличивается электроотрицательность элементов, нарастают неметаллические и кислотные свойства.
- В группах с увеличением заряда ядра увеличивается устойчивость соединений с высшей степенью окисления, и одновременно уменьшаются их окислительные свойства.

1Б группа

Медь **Cu**

является необходимым

элементом растительных и животных организмов. В организме человека содержится около 1,1 ммоль Cu. В основном она концентрируется в печени, в головном мозге, в крови. В настоящее время известно около 25 медьсодержащих белков и ферментов. Часть ферментов катализирует взаимодействие кислорода с субстратом. Эти ферменты активируют молекулу кислорода, которая участвует в процессе окисления органических соединений.

Серебро Ag — микроэлемент растительных и животных организмов. В организме человека содержится -7,3 ммоль Ag. Концентрируется Ag в печени, в гипофизе, эритроцитах, в пигментной оболочке глаза. Как и большинство тяжелых металлов, Ag не играет важной роли. Однако, как и все тяжелые металлы, попадая в организм, оказывает токсическое действие, которое обусловлено тем, что, соединяясь с белками, содержащими серу, Ag инактивирует ферменты, разрушает и свертывает белки, образуя нерастворимые альбуминаты. Эта же способность Ag образовывать нерастворимые альбуминаты определяет бактерицидные свойства Ag и его соединений.

Бионеорганические комплексы Ag с белками — протеинаты, представляют собой коллоидные растворы. Коллоидные препараты Ag не вызывают осаждения белков тканей в отличие от неорганических соединений. Это объясняется тем, что коллоиды практически не диссоциируют. Доказано, что активность препарата зависит только от количества ионизированного атома Ag.

Из соединений Ag наиболее известны протаргол (белковый комплекс Ag) и колларгол (коллоидное Ag).

В небольшом количестве применяют Ag для получения сплава (Cu, Ag, Sn) для изготовления пломб в стоматологии.

Золото Au - микроэлемент, не играющий важной роли для живых организмов. Соединения Au используют для лечения инфекционного полиартрита, туберкулеза, кожных и венерических заболеваний. Сплав Au применяют в стоматологии.

II Б группа

Цинк Zn, кадмий Cd, ртуть Hg

- микроэлементы живых организмов. Zn содержится в организме человека в количестве 10,8 ммоль, Cd - 0,6 ммоль, Hg - 0,18 ммоль. Zn входит в состав более 40 металлоферментов, которые катализируют гидролиз пептидов, белков, некоторых эфиров и альдегидов.

Cd и Hg обнаруживаются в печени и почках как примесные микроэлементы. Cd в виде белкового комплекса накапливается в почках и участвует в некоторых ферментативных процессах. Считают, что Cd и Hg какой-либо заметной биологической функции не выполняют. И если Zn является ингибитором многих биохимических процессов, то Cd и Hg оказывают ингибирующее действие на целый ряд ферментов, тормозят процессы, разрушая ферменты. Cd и Hg - примесные токсичные элементы.

Хром Cr, молибден Mo,
вольфрам W являются
микроэлементами живых
организмов.

Хром относится к биогенным
элементам, содержащимся в
растительных и животных
организмах. Общая масса Cr у
взрослого человека равна ~6
мг. Cr - примесный токсичный
элемент.

Вольфрам как микроэлемент мало изучен, и как все тяжелые металлы не играет большой роли в живых организмах.

Молибден - один из десяти металлов жизни. Для Мо характерно большое сродство к кислороду, при этом образуются прочные оксоформы.

VII Б группа

Марганец Mn, технеций Tc,

рений Re - элементы - аналоги, образующие VII Б-группу. Из этих элементов, в природе наиболее распространен Mn. Рений - редкий и рассеянный элемент. Технеций - радиоактивный элемент, полученный искусственным путем.

Марганец - один из десяти металлов жизни, является важным биогенным элементом. В органах и тканях взрослого человека Mn содержится $\sim 0,36$ ммоль. Концентрируется он главным образом, в костной ткани, печени, почках, поджелудочной железе, особенно в митохондриях. В организме Mn образует комплексы, как правило, являются составной частью металлоферментов. Соединения Mn используют в клиническом анализе.

VIII Б группа

Группу VIII Б составляют девять d-элементов: Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt. Общие закономерности четче проявляются по горизонтали, чем по вертикали. Поэтому Fe, Co, Ni объединены в семейство железа. Остальные шесть элементов образуют семейство платины.

Семейство железа

Fe, Co, Ni, хотя и отличаются числом внешних электронов, тем не менее имеют близкие по значению радиусы. Это объясняется тем, что ns - электроны частично экранируются $(n-1) d$ - электронами, а увеличение заряда ядра на единицу у каждого элемента мало влияет на характер экранирования.

И только небольшое увеличение электроотрицательности свидетельствует о том, что от Fe к Ni имеет место уменьшение основных и восстановительных свойств.

В электрохимическом ряду напряжений Fe, Co, Ni стоят до водорода. Химически наиболее активно Fe.

Из трех металлов этой группы Fe и Co являются важнейшими биогенными элементами и относятся к десяти металлам жизни.

Железа Fe в организме человека содержится ~5 г. Большая часть его сосредоточена в гемоглобине крови (~ 70%). Fe входит в состав ферментов, например, цитохромов, каталазы, пероксидазы и др. В связанной форме Fe находится в некоторых белках, которые выполняют в организме роль переносчиков Fe.

Одним из наиболее важных внутрикомплексных соединений является гемоглобин. Сложный по составу белок, содержащий и небелковую группу - гем, на долю которой приходится $\sim 4\%$ массы гемоглобина. Физиологическая функция гемоглобина заключается в способности обратимо связывать кислород и переносить его от легких к тканям.

Кобальт Со в роли микроэлемента выполняет разнообразные функции. В организме он представлен в виде витамина В12. Со влияет на углеводный обмен. Таким образом, Fe и Со — жизненно необходимые элементы, Ni — примесный токсичный элемент.

Семейство платины

К семейству Pt относят шесть d-элементов VIII Б - группы. В природе они рассеяны и встречаются редко. В элементном состоянии ярко выражены металлические свойства.

**В ПСЭ платиновые металлы
расположены в V и VI
периодах. У всех платиновых
металлов при заполнении
(n-1)d-подуровня происходит
спаривание d-электронов.
Это упрочняет
предпоследний слой и делает
его более стабильным.**

Платиновые металлы VI периода вследствие лантаноидного сжатия имеют практически одинаковые радиусы, которые очень мало отличаются от радиусов платиновых металлов V периода. Это обуславливает близость физических и химических свойств всех шести металлов.

Относительно небольшие радиусы атомов и большая стабильность d-подуровня определяют низкую химическую активность платиновых металлов. В электрохимическом ряду напряжений все платиновые металлы стоят после водорода. Значение электроотрицательности этих металлов измеряется в пределах 2,20-2,28. Это объясняет тот факт, что соединения платиновых металлов амфотерны.

Существенной роли как микроэлементы в организме они не играют. Это объясняется инертной природой самих металлов и их большой атомной массой.

Металлы находят применение при изготовлении ответственных деталей приборов в стоматологии, а также как катализаторы.