

МЕТАЛЛЫ



В ЖИВОЙ ПРИРОДЕ

# Все элементы по содержанию их в живых организмах



Макро элементы	Микро элементы	Ультрамикро элементы
Кислород 65 - 75	Содержатся в очень небольших количествах: от 0,001 до 0,000001 Бор, кобальт, медь, молибден, цинк, ванадий, йод, бром	Содержание не превышает 0,000001  Уран, радий, золото, ртуть, бериллий, цезий, селен
Углерод 15 - 18		
Азот 1,5 - 3		
Водород 8 - 10		
Магний 0,02 - 0,03		
Калий 0,15 - 0,4		
Натрий 0,02 - 0,03		
Кальций 0,04 - 2,0		
Железо 0,01 - 0,15		
Сера 0,15 - 0,2		
Фосфор 0,2 - 1,0		



# Металлы жизни: Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, а также Zn, Co, Mo

Из известных в настоящее время **107** химических элементов **85** относятся к металлам. Всего **в живых организмах** насчитывают **более 50** металлов.

Распространение элементов в природе и в клетке по массе:



**Среднее содержание химических элементов  
в живом организме на примере элементов II группы  
периодической системы Д.И.Менделеева**

<b>Химический элемент</b>	<b>Относительная атомная масса</b>	<b>Содержание в организме, %</b>
<b>Mg</b>	<b>24</b>	<b><math>10^{-2}</math> (в растениях)</b>
<b>Ca</b>	<b>40</b>	<b><math>10^{-2}</math> (в животных)</b>
<b>Zn</b>	<b>65</b>	<b><math>10^{-3}</math></b>
<b>Sr</b>	<b>87</b>	<b><math>10^{-3}</math></b>
<b>Cd</b>	<b>112</b>	<b><math>10^{-4}</math></b>
<b>Ba</b>	<b>137</b>	<b><math>10^{-5}</math></b>
<b>Hg</b>	<b>201</b>	<b><math>10^{-6}</math>–<math>10^{-7}</math></b>
<b>Ra</b>	<b>226</b>	<b><math>10^{-12}</math></b>



# Биогенные элементы



**Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> - насос** - механизм активного транспорта в животных клетках, на который используется третья часть АТФ.

Вне клетки больше Na  
(плазма крови)

Толщина мембраны, которую пронизывают белки типа АТФазы

Внутри клетки больше K  
(в эритроцитах)

2K<sup>+</sup>

3Na<sup>+</sup> АТФ

АДФ

**Ионные связи** этих элементов **непрочны**, а **ковалентных** ни Na, ни K **не образуют** вовсе. И в клетках и во внеклеточных областях они находятся в основном в виде свободных ионов.

Активный транспорт осуществляется всеми клетками, но особо важен для эпителия, выстилающего кишечник и почечные канальцы, поскольку связан с секрецией и всасыванием. Натрий «тянет» с собой глюкозу и аминокислоты, особенно в мышечных и нервных тканях.

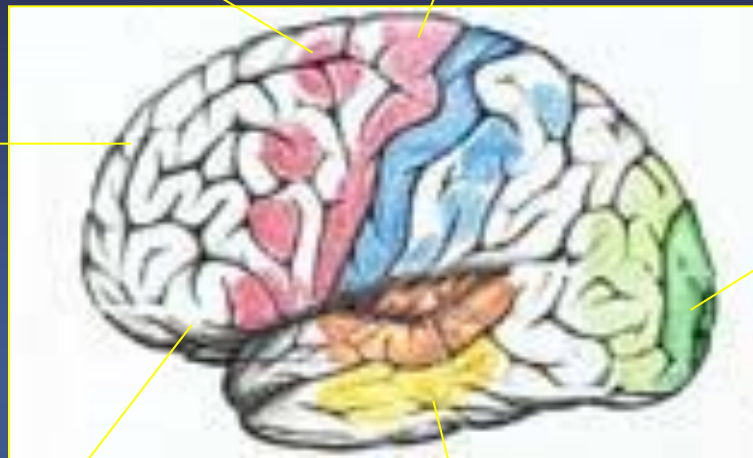
Двигательная  
активность

Осязание



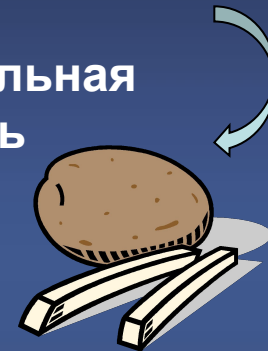
Поведение и  
чувства

Зрительная  
память



Речь

Слуховая память



Механизм кратковременной памяти имеет ионную природу (оттого и коротка она: ведь ионные связи разрушаются быстро) и главную роль в нем играют ионы натрия и калия. Гипотезы о долговременной памяти утверждают, что она связана с образованием сравнительно устойчивых белковых структур.



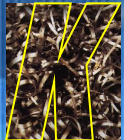
Реакция растений на  
отсутствие калия в почве.  
Живые организмы  
практически никогда не  
испытывают недостатка в  
натрии.



В гемолимфе насекомых  
K, Na, Mg, Ca



1. Участвует в образовании желудочного сока
2. регулирует выделение почками многих продуктов обмена веществ
3. активирует ряд ферментов слюнных желез и поджелудочной железы
4. ионы натрия способствуют набуханию коллоидов тканей, это задерживает воду в организме
5. потребность в этом макроэлементе существенно возрастает при сильном потоотделении в жарком климате или при больших физических нагрузках



1. регулирует кислотно-щелочное равновесие крови
2. участвует в передаче нервных импульсов и активирует работу ряда ферментов
3. соли калия необходимы для нормального функционирования всех наших мягких тканей: сосудов, капилляров, мышц, а особенно мышцы сердечной, клеток мозга, печени, почек, желез внутренней секреции и других органов
4. выводит из организма лишнюю воду, помогает ликвидировать отеки, задержку выделения мочи, необходим при лечении асцитов (водянки). Калий - противосклеротическое средство, так как мешает солям натрия накапливаться в сосудах и клетках.



Клейкие студнеобразные пектаты, скрепляющие стенки клеток растений, содержат кальций и магний

***В человеке (70 кг) - 1 кг Ca!***

1. Участвует в процессе свертывания крови, при сокращении мышц.
2. Входит в состав костной ткани, зубной эмали, раковины моллюсков.
3. Для формирования клеточной стенки у растений.
4. Обеспечивает устойчивость организма к внешним неблагоприятным факторам: резкой смене погоды и инфекциям.



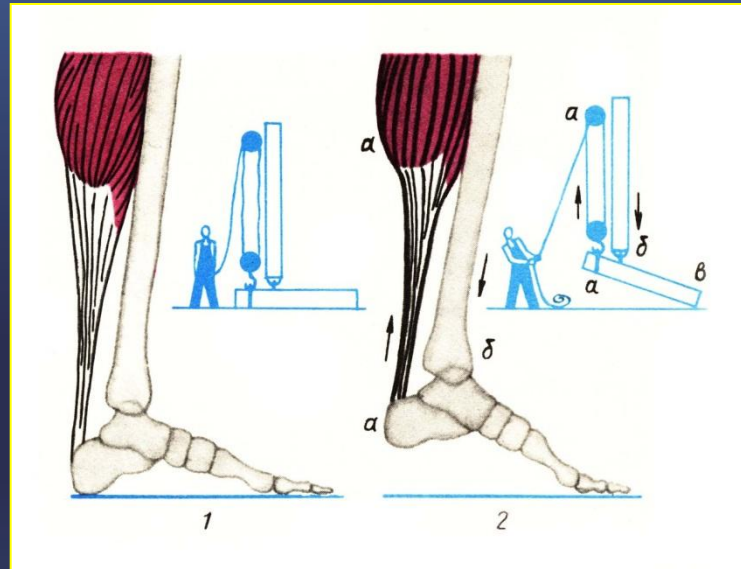


Концентрация кальция поддерживается с помощью особого **гормона (паратгормона)**, выделяемого **паращитовидной железой** на строго постоянном уровне, понижение которого влечет обморочное состояние. **Кальцифицирующие железы** в области пищевода выводят избыток кальция из организма.



# Расслабление **Основные механизмы** Сокращение

Ионы кальция «сидят» на белковой молекуле, присоединившись к атомам кислорода. Т.к. заряд одинаковый отталкиваются друг от друга, растягивая молекулу белка.



Из мозга поступает сигнал на сжатие, повышается концентрация фосфат-ионов. С ними ионы Ca соединяются прочнее, чем с атомами кислорода, и благодаря этому осыпаются с белковых молекул, и мышца сжимается.



## ИЗБЫТОК КАЛЬЦИЯ

- Обезвоживание клеток соединительной ткани и их увядание
- Мочекаменная болезнь
- Подагра – отложение солей в суставной жидкости и хрящах
- Гиперкальциемия приводит к кальцинозу (отложение солей). Избыток витамина Д – причина гиперкальциемии.

**В пище, содержащей кальций, особенно нуждаются люди, рожденные под знаком Скорпиона.**

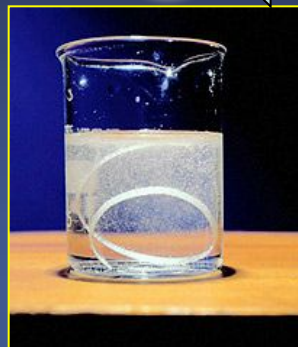


## НЕДОСТАТОК КАЛЬЦИЯ

- Судороги
- Остеопороз (при котором происходит истончение костной ткани, грозящее переломами) -результат медленной и незаметной потери кальция, при этом происходит уменьшение объема и прочности костей.
- Концентрация кальция в крови находится под контролем гормона паращитовидных желез - паратгормона.
- Гемофилия

**У девочки-подростка уровень кальция в крови падает, она становится нервной и раздражительной.**

# Самый доступный элемент для всего живого



ОБЩАЯ ЖЕСТКОСТЬ ВОДЫ

Временная (карбонатная)  
 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$

Постоянная  
(некарбонатная)  
 $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$



«Горы»  
магния

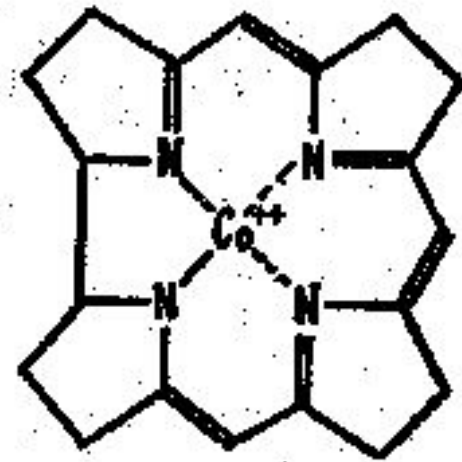
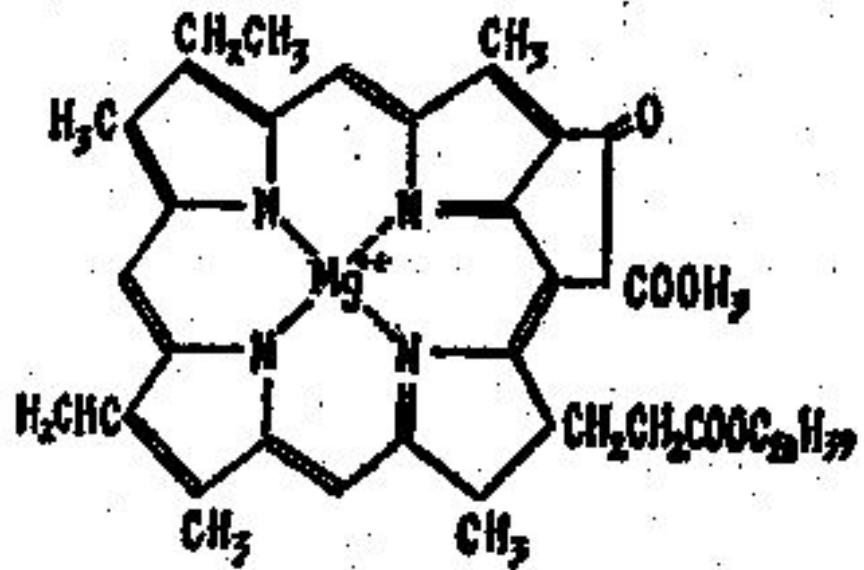
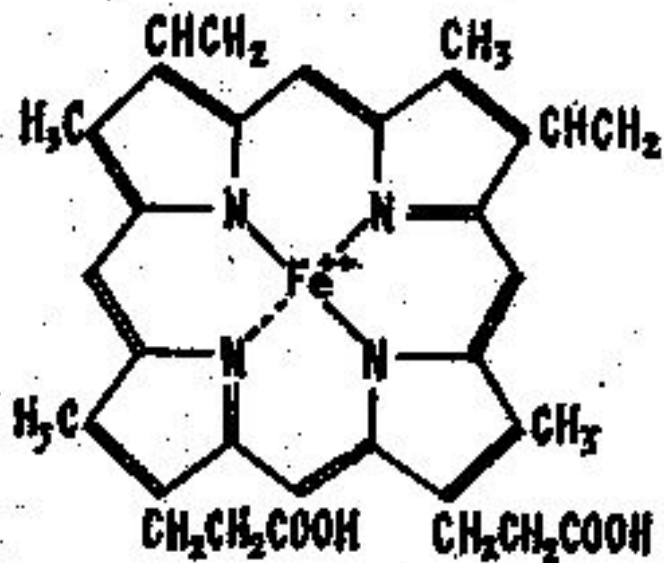
Магний входит в состав хлорофилла и, следовательно, играет незаменимую роль в фотосинтезе и в газообмене планеты; общее содержание магния в тканях растений на Земле по некоторым оценкам составляет порядка  $10^{11}$  т.

Ион магния мал и образует надежные ионно-ковалентные связи со всеми группами атомов, содержащими кислород, и несколько более слабые — с аминогруппой  $\text{NH}_2$ , исполняет роль соединительного звена, например, между субъединицами рибосомы.



**+Mg**

Нет магния, нет синтеза белка!



Кольцеобразная молекула, изображенная на первых двух рисунках, называется порфириновым циклом. С ионом железа в центре он представляет собою гем, составную часть гемоглобина, переносчика кислорода в организме высших животных. Порфириновый цикл, содержащий в центре ион магния, — основа хлорофилла. Изображенный справа корриновый цикл с ионом кобальта в центре входит в состав витамина В12.

Рис 1

**Только с Mg возможен фотосинтез!**



Байкальская губка -  
любомирскиида

4% Mg



Водоросли

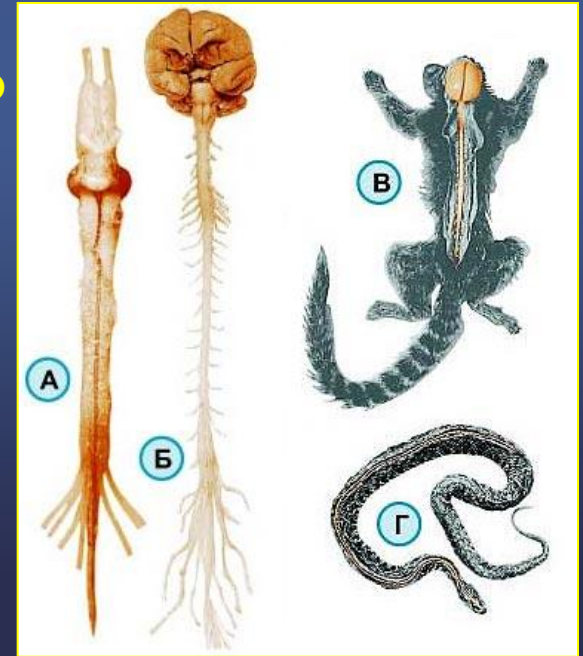
>3% Mg



Фигус



В нервной системе содержится большое количество Mg, особенно в спинном мозге. Большое значение Mg для деятельности нервной системы подтверждается тем, что при инъекции магния в кровь человек или животное впадает в состояние, близкое к наркотическому. Это свойство Mg используется в медицине.

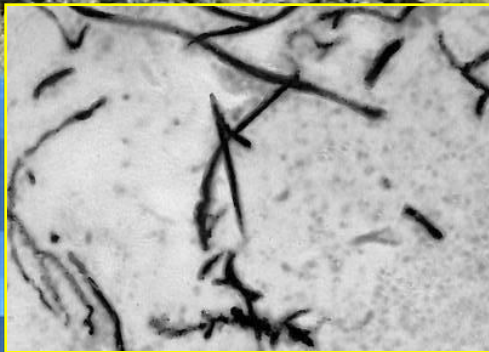
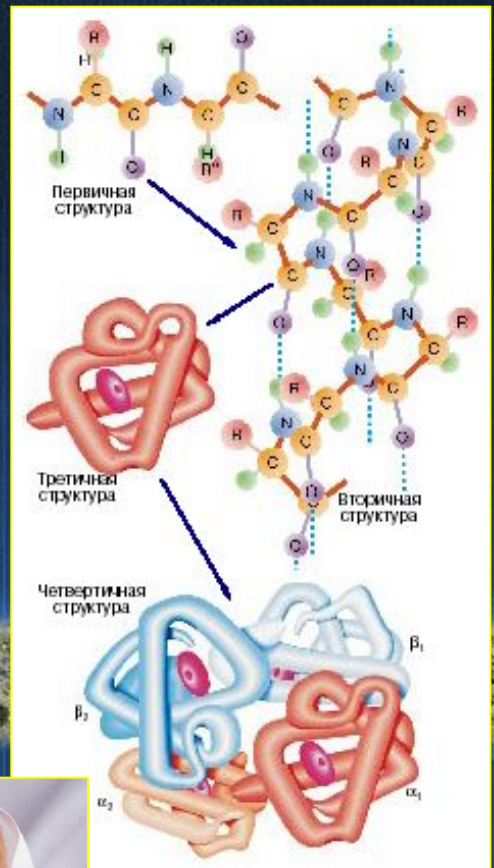


**Магний** во всех тканях растений участвует в образовании жиров, в митохондриях – в превращении фосфорных соединений. Особенно много магния в соке каучуконосных растений. Нехватка магния приводит к уменьшению количества хлорофилла и к побледнению и смене окраски листьев на красную и желтую. А человек заболевает инфарктом миокарда.

# Транспорт...



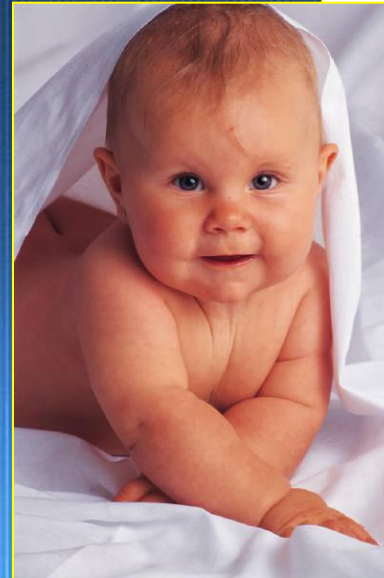
Эту функцию  
выполняют  
железосодержащие  
белки — миоглобин,  
гемоглобин и  
гемеритрин и др.



Железобактерии  
получают энергию  
при окислении  
железа (II)



В материнском  
молоке железа  
нет! Ребенок  
накапливает  
железо из  
организма матери,  
которого хватает  
до той поры, когда  
он начнет  
принимать  
твердую пищу.



# Любовь и кровь

В норме объем крови у мужчин составляет 5,2 литра, у женщин - 3,9 литра, концентрация железа в крови составляет около 0,5 грамма в литре. Таким образом, в крови взрослого мужчины содержится 2,6 грамма железа.

Существует легенда про некоего молодого влюбленного химика, который хотел из железа собственной крови изготовить колечко для своей возлюбленной. Для изготовления небольшого кольца потребуется сдать и перерабатывать кровь на протяжении примерно 2 лет (это если без риска для здоровья). Т.е. теоретически такое украшение для любимой девушки изготовить можно...



Избыток железа - летальная доза 35 граммов - несколько крупных гвоздей, и съесть за раз столько железа надо умудриться. Впрочем, можно есть постепенно и помногу, что и делают банту Южной Африки, которые варят пищу в старых железных котлах еще времен англо-бурской войны. Любители "металла" могут страдать от дефицита милого их сердцу железа вследствие нездорового ночного образа жизни и подозрительной диеты.

Атомы Fe способны собираться в крупные образования — **кластеры**. Если один ион с зарядом +2 может отдать лишь один электрон, то кластер Fe одновременно сразу несколько электронов. Такое бывает необходимо в биохимических процессах. Поэтому мы и встречаем железо в составе многих ферментов — каталазы, пероксидазы, цитохромов и других.



Молекула  
цитохрома



### Железосодержащие белки называют ферродоксинами

Гемоглобин	Транспорт кислорода
Миоглобин	Запасает $O_2$ в связанном виде в мышцах
Цитохром-с-оксидаза	Восстанавливает $O_2$ до воды
Цитохромы b и c	Участвуют в переносе электронов
Каталаза	Катализирует разложение перекиси водорода
Пероксидаза	Окисление субстратов перекисью водорода

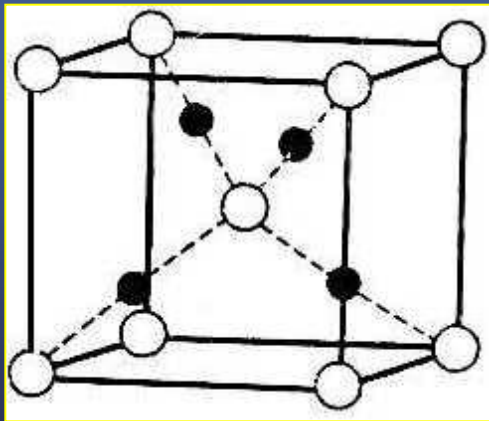
Хлороз на верхних листьях растения — признак недостатка железа.







Многие важные для организма биокомплексы, образованные ионами двухвалентной меди, имеют структуру квадрата или четырехгранной пирамиды. Она то и дело меняет свои возможные состояния — одновалентное (с зарядом +1) и двухвалентное (с зарядом + 2). Одновалентная медь активнее навязывает свои электроны молекулам.



Гемоцианин у медузы

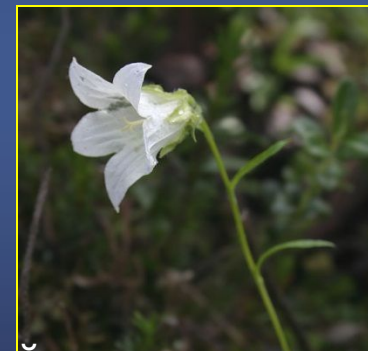
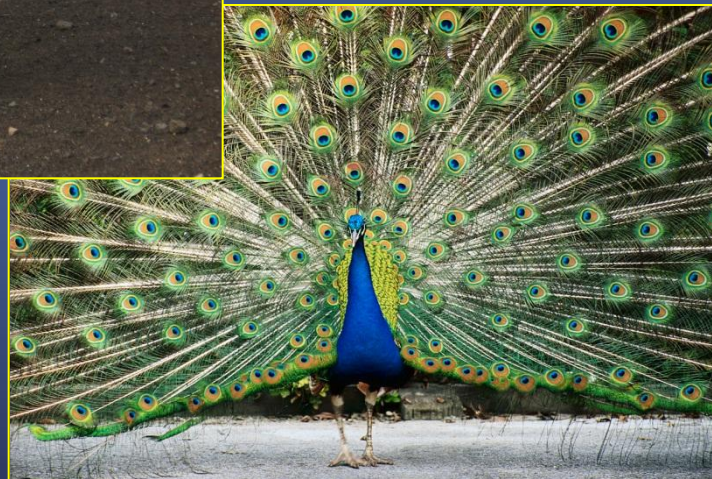


Исчезновение тургора в листьях томата свидетельствует о недостатке меди.

ЦИТОХРОМОКСИДАЗА	ТЕРМИНАЛЬНЫЙ ПЕРЕНОС ЭЛЕКТРОНОВ В ДЫХАТЕЛЬНОЙ ЦЕПИ
ГЕМОЦИАНИН	ПЕРЕНОС КИСЛОРОДА У НЕКОТОРЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ
ПЛАСТОЦИАНИН	ПЕРЕНОС ЭЛЕКТРОНОВ ПРИ ФОТОСИНТЕЗЕ
ТИРОЗИНАЗА	ОБРАЗОВАНИЕ МЕЛАНИНА (АЛЬБИНИЗМ)

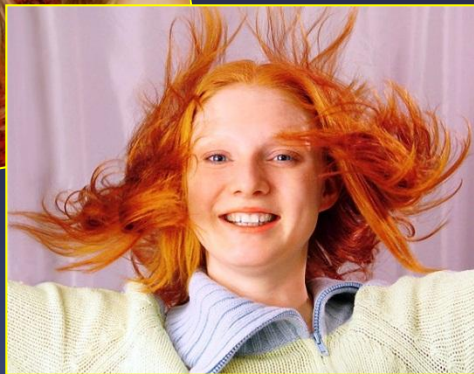


Недостаток меди  
приводит к  
альбинизму у  
животных  
(павлин, питон) и  
растений



Байкальское растение -  
колокольчик

**Медь** - элемент красоты, она входит в состав **коллагена**, который придает коже эластичность и гладкость, укрепляет волосы и ногти. У рыжих людей на голове 80 тысяч волос, у брюнетов около 100 тысяч, но всех обогнали блондины - у них до 140 тысяч! **В волосах умных людей цинка и меди больше, чем у остальных.**





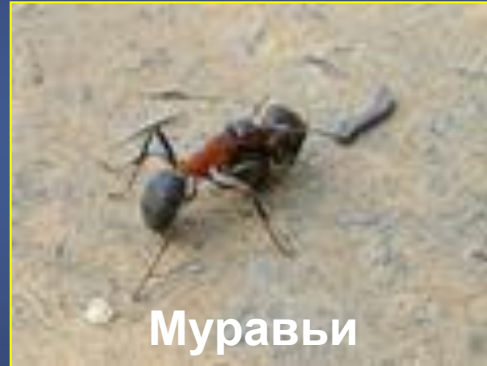
1. При участии марганца синтез ДНК идет быстрее, но в этой спешке делается много сбоев, следствием которых порою могут быть различные уродства. **Генные мутации – основа естественного отбора!**
2. Дегидрогеназы(ферменты) участвуют в процессах дыхания и фотосинтеза в темновой фазе.
3. Декарбоксилазы - для окисления жирных кислот. Организм полнее использует жиры.
4. При участии марганецсодержащих веществ происходит в живых организмах синтез аскорбиновой кислоты (витамина С). Защита от воспалений.
5. Усиливает действие инсулина и поддерживает определенный уровень холестерина в крови.
6. Марганец необходим для активизации многих ферментов. Недостаток марганца препятствует усвояемости азота. Марганец стимулирует дыхание, спасает в жаркое время суток.
7. Участвует в образовании костей, защищает костный скелет от последствий травм, а суставы - от трения.



**Синдромом марганцевого паркинсонизма- при избытке марганца в нервной системе**



# Организмы, концентрирующие марганец



**Марганец необходим животным и растениям для нормального роста и размножения.**



# В составе 200 ферментов!

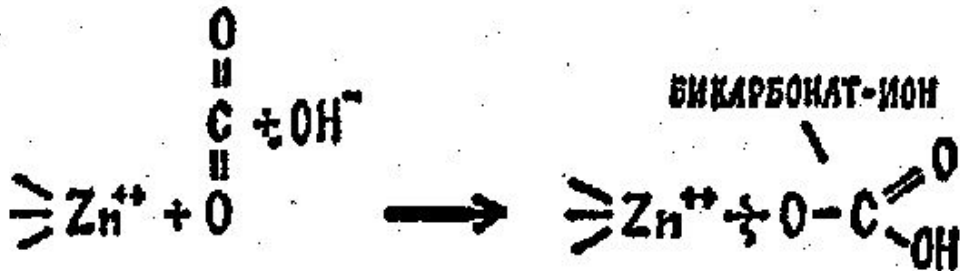
В составе ферментов и гормонов, например инсулина, вырабатываемого поджелудочной железой, который регулирует содержание глюкозы в крови.

Влияет на рост растений и животных (недостаток его вызывает карликовость)

Участвует в анаэробном дыхании растений (спиртовое брожение)

Участвует в транспорте углекислого газа в крови позвоночных

Участвует в разрушении пептидных связей при переваривании белков.



Образование бикарбонат-иона из молекулы углекислого газа происходит путем разрыва связи между атомами углерода и кислорода. Реакция протекает в водной среде. К одному из обрывков расторгнутой связи присоединяется ион гидроксила, а к другому — ион цинка, входящий в состав фермента карбоангидразы. Связь образовавшегося бикарбонат-иона с ионом цинка разрушается от толчков молекул воды, как показано волнистой линией.

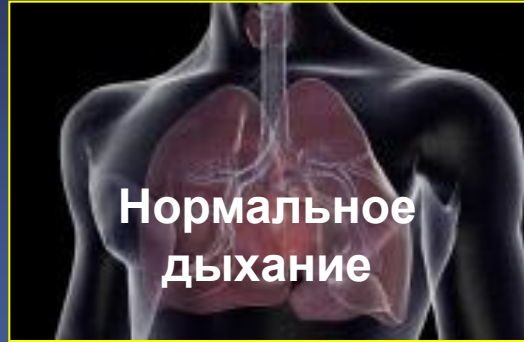
Цинк участвует в реакциях разложения органических веществ в водной среде — **реакциях гидролиза**. Незаменим в гидролизе пептидов и образовании **пептидной связи белков**. Обладает высокой способностью образовывать ковалентные связи. Поэтому в зонах интенсивного деления клеток всегда наблюдается повышенная концентрация цинка, а недостаток этого металла в рационе замедляет рост.

**Zn**

# Цинк — это...



Скорость реакций



Нормальное дыхание

Хорошая работа органов пищеварения



Высокая плодовитость



Рост



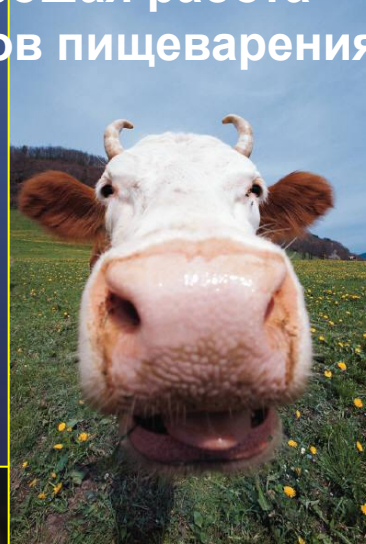
Состав костного скелета



Устрица-концентрат Zn



Острота зрения



Надежность нервной системы

Цинк помогает организму противостоять старению и старческому маразму!





# Знаете ли вы, что...

**Алькогольдегидрогеназа** - фермент, ответственный за переработку спирта в организме. Большую потребность в цинке испытывают люди, которые часто "заглядывают" в рюмку (алкоголь вытесняет цинк).

**Околоушная слюнная железа** вырабатывает цинкосодержащий белок "густин" (от английского слова "gust", что значит "острый приятный вкус").

**Цинкдефицитные** состояния были впервые описаны в 1960-х гг. Эти люди были похожи на апатичных карликов, с кожей, покрытой сыпью, и недоразвитыми половыми органами, страдающих также желездефицитной анемией, увеличением печени и селезенки.

**Большая часть цинка** находится в коже, печени, почках, сетчатке глаза, предстательной железе. Недостаток этого элемента вызывает бесплодие.

**Дефицит цинка** приводит к потере аппетита, вкусовых ощущений, обоняния. Болезнь «лизуха» – извращение вкуса.

**При избытке цинка** у женщин проявляется больше "мужских" черт.

**Подорожник, ярутка и молодые листья березы, чистотел, череда, фиалка трехцветная** - индикаторы нахождения цинка в почве.

**Раковые опухоли** зависят от содержания цинка.



**Укороченные побеги лимона с мелкими листьями** говорят о недостатке цинка.

1. Участвует в обмене веществ и синтезе витамина В12

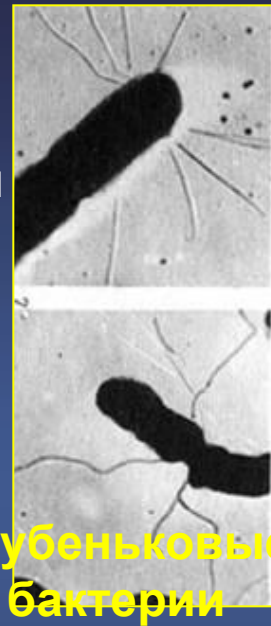


2. В ферментативных процессах фиксации атмосферного азота клубеньковыми бактериями

3. Ускоряет рост, развитие и повышает продуктивность сельскохозяйственных культур

4. В кроветворении - образование эритроцитов, в функциях нервной системы и печени, ферментативных реакциях

5. Борется со свободными радикалами и канцерогенами.



Клубеньковые бактерии



Говядина



У жвачных животных потребность в кобальте гораздо выше, например, у дойных коров – 20мг.

Разрушение и образование связей "углерод-углерод" - соединительная ткань кобальта!



ГУТ- 400 - гамма-установка

Для облучения пораженных раком тканей применяют радиоактивный изотоп кобальта –  $^{60}\text{Co}$ , дающий наиболее однородное излучение.

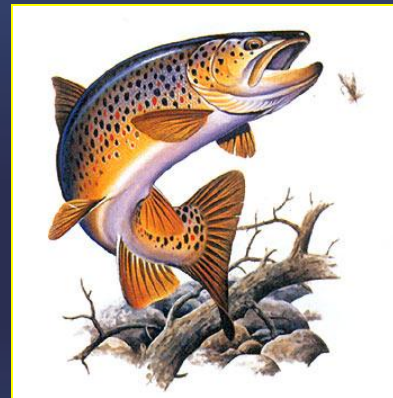
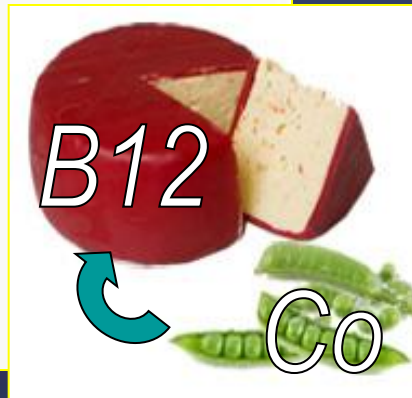
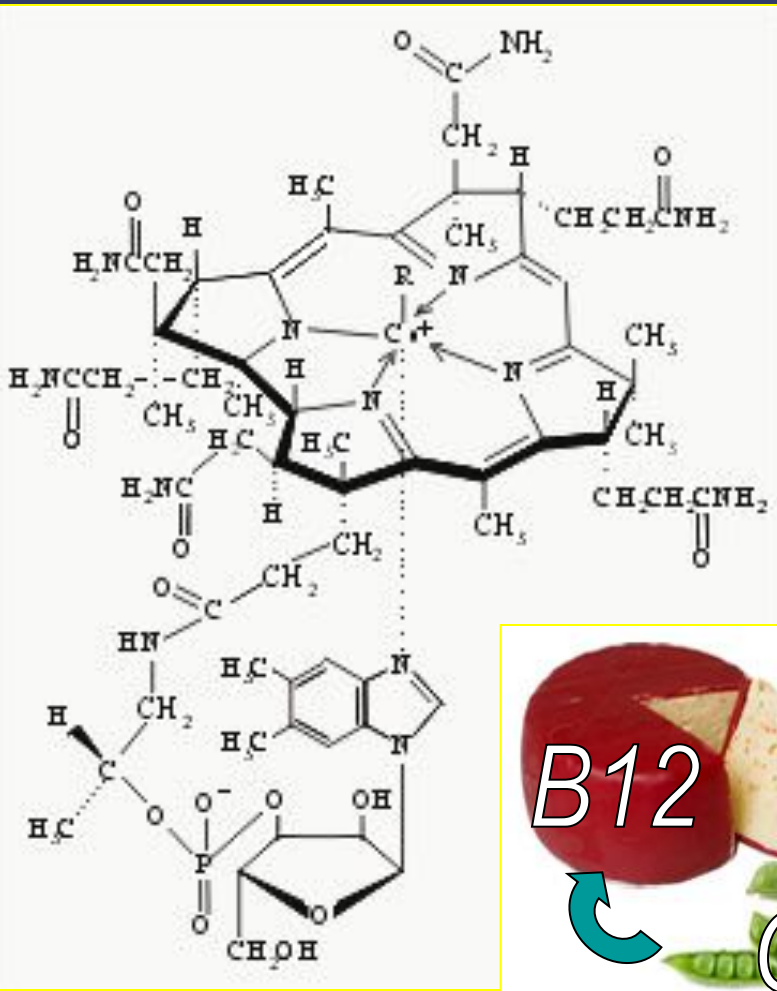




# Кобаламин – $V_{12}$ – в растениях его нет!

$V_{12}$  влияет на кровообразование, активизирует процессы свертывания крови, участвует в синтезе различных аминокислот, нуклеиновых кислот, активизирует процессы обмена углеводов и жиров. Влияет на функции печени, нервной и пищеварительной систем.

**Акобальтоз или сухотка** – заболевание, связанное с недостатком  $Co$ . **Очень полезен кобальт форели, этой поистине царской рыбе. Получая его, с витамином  $V_{12}$ , она лучше усваивает корм, быстрее растет, меньше болеет и хорошо переносит зимовку.**



Английской исследовательнице Дороти Кроуфут-Ходжкин присуждена в 1964 г. Нобелевская премия по химии за открытие витамина  $V_{12}$ , который содержит 4% кобальта.



Свою важнейшую биохимическую роль молибден выполняет, входя в состав растений и микроорганизмов, которые фиксируют атмосферный азот, то есть переводят его из свободного в связанное состояние. Если учесть, что азот входит в состав каждой аминокислоты, значение молибдена для жизни на Земле представится поистине неоценимым.

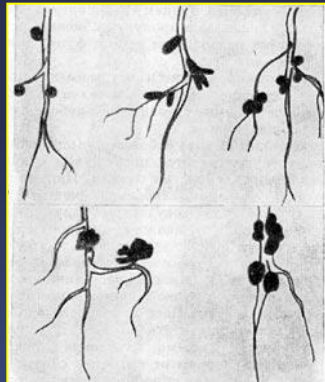


В составе ферментов регулирует работу устьичного аппарата



# **Mo - элемент растений и микроорганизмов!**

Нитрогеназа -  
фиксация  
атмосферного азота  
клубеньковыми  
бактериями!



Бледно-зеленые листья  
огурца с краевым  
некрозом — признак  
недостатка молибдена.



При избытке —  
подагра!



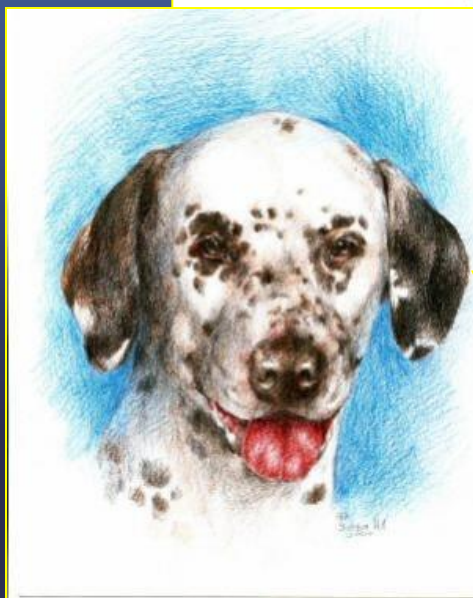
Буквица — пример  
концентрации Mo



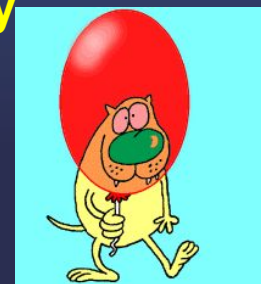
# Пьянству – бой!

Отличный **детоксикатор**, снимает отравление сульфидами и алкоголем. Необходим для разложения этих веществ. Незаменим при переработке спиртов на той стадии, когда образуется альдегид и его надо окислить (иначе он отравит организм).

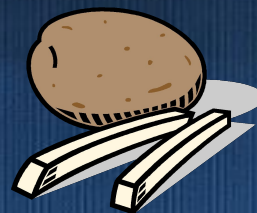
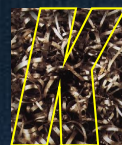
1. в митохондриях участвует в метаболизме серосодержащих аминокислот – цистеина и метионина
2. антираковая активность
3. в метаболизме пурина (образование NADH из NAD+)



У животных (особенно у далматинцев) образуются ксантиновые камни в почках, в состав которых входит Мо.



Этот элемент способствует метаболизму железа в печени и считается необходимым кофактором в ряде ферментативных реакций, проходящих в организме, самая важная из которых предотвращает подагру, ускоряя метаболизм и удаление из организма мочевой кислоты.



# Пищевые продукты и химические элементы!



# Другие металлы...



Пиявки  
писциколы –  
живая таблица  
Менделеева! В её  
слюне  
содержатся все  
необходимые для  
жизни металлы!

Биологическая  
роль алюминия  
не выяснена. Но  
плауны и  
моллюски  
накапливают его  
в своем теле  
достаточно!



**Единственный продукт питания, содержащий германий - чеснок!**



Полководцев Рима погубила  
домашняя утварь и водопровод,  
изготовленные из свинца.  
Значительные дозы попадали в  
их организмы вместе с пищей и  
водой и накапливались.  
Хроническое свинцовое  
отравление сказывалось на  
функциях центральной нервной  
системы: ослабевала воля,  
снижалась быстрота реакции,  
утрачивалась способность  
быстро принимать верные  
решения и т.п.



У серийных убийц,  
лиц, склонных к  
неоправданной  
жестокости,  
садизму, был  
обнаружен  
недостаток лития.  
Не доводите себя!



В переводе с греческого  
«хром» означает «кожа»,  
им покрывают изделия.  
Мало хрома - диабет.



# ЛИТЕРАТУРА

1. Воинар А. О. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека, 2-е изд. М., “Высшая школа”, 1960.
2. Неорганическая биохимия (ред. Г. Эйхгорн). Пер. с англ., т. 1—2, М., “Мир”, 1978.
3. Уильямс Д. Металлы жизни. Пер. с англ., М., “Мир”, 1975.
4. Биология в трёх томах под ред. Р. Сопера. Грин Н, Стаут У, Тейлор Д. 1990.
5. Егоров А.С.Химия. Новое учебное пособие для подготовки в вузы. Ростов н/Д:Феникс, 2004.

