

# **ХИМИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

## **ПЛАН ЛЕКЦИИ (ч.1)**

- 1. Биосфера, круговорот биогенных элементов**
- 2. Понятие биогенности химических элементов**
- 3. Классификация биогенных элементов по их функциональной роли**
- 4. Окружающая среда: химические аспекты экологии**

# Биосфера. Круговорот биогенных элементов

- Раздел геохимии, изучающий химические процессы в земной коре с участием живых организмов, называют *биогеохимией*
- Часть земной оболочки, занятая растительными и животными организмами называют *биосферой*



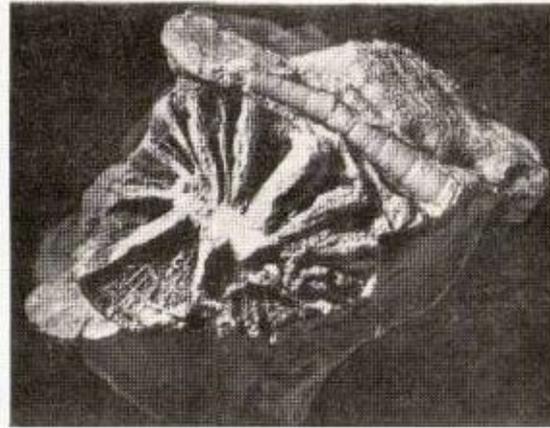
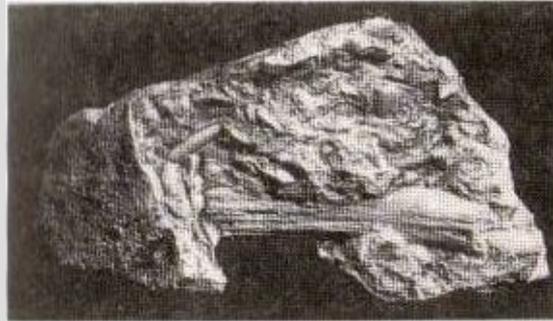
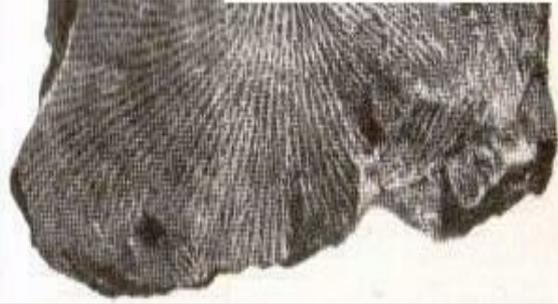
**В.И. Вернадский**

Согласно  
В.И. Вернадскому,  
живые организмы  
принимают активное  
участие в  
перераспределении  
химических  
элементов в земной  
коре.

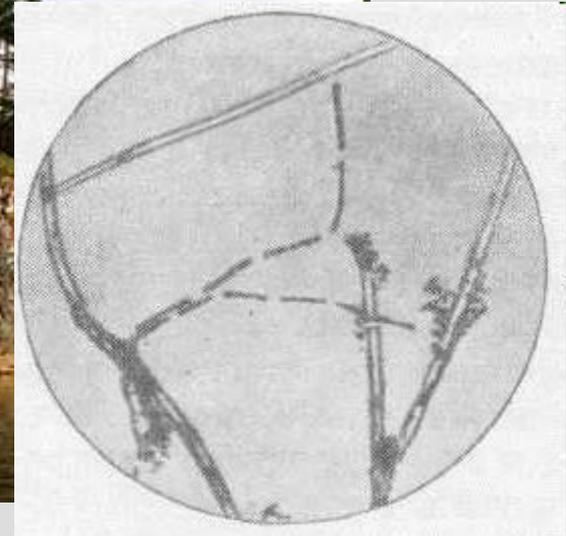
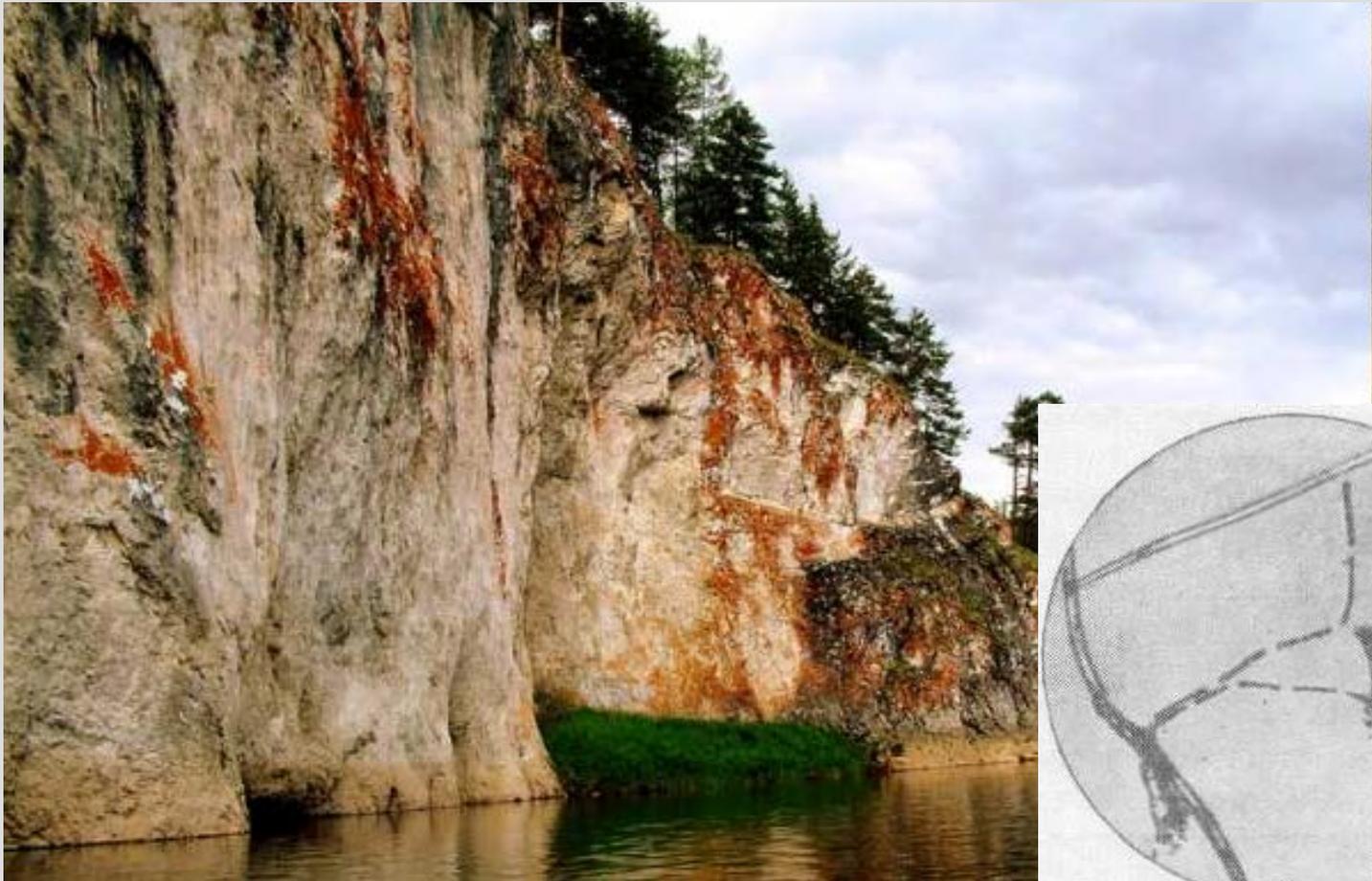
# Осадочные горные породы



# Меловые отложения



# железо отлагается с помощью железобактерий и образует залежи лимонита



В живых организмах, в том числе и у человека можно обнаружить те же элементы, которые есть в земной коре и морской воде.



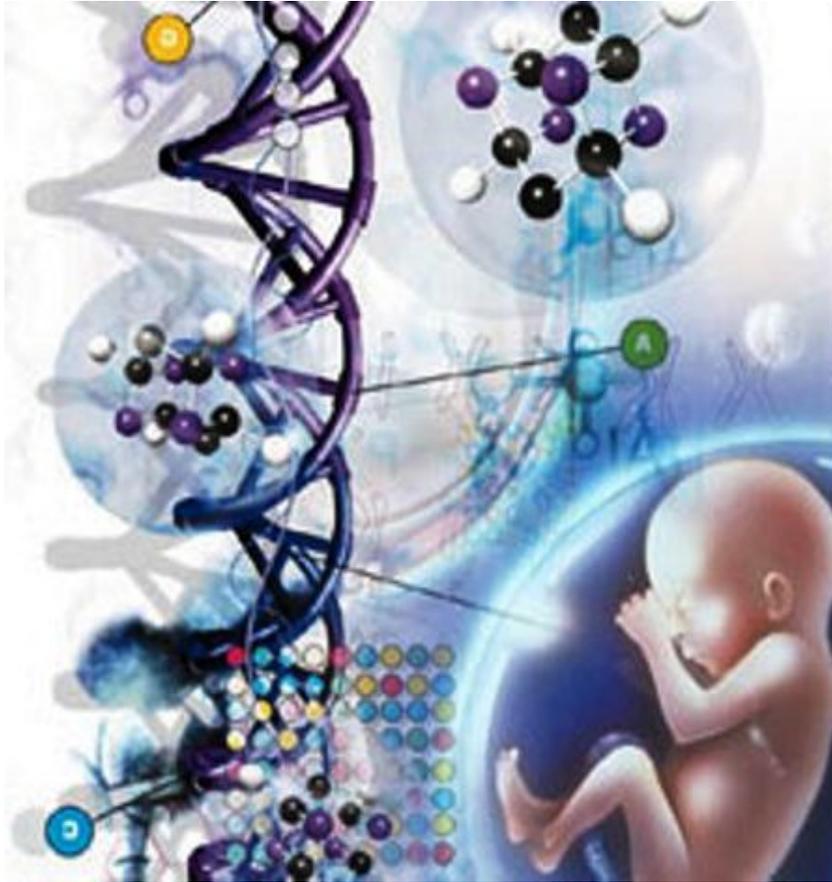


Академик  
А.Е. Ферсман

- Среднее содержание элементов в живых организмах, земной коре, атмосфере, гидросфере, в атмосфере Солнца и звезд выражается в *кларках*.

Термин предложен А.Е. Ферсманом в 1923 г., в честь американского геохимика Ф.У. Кларка.

Увеличение содержания элемента в  
организме по сравнению с  
окружающей средой называют  
***биологическим  
концентрированием***



***Биогенными  
элементами***

**называют элементы,  
необходимые для  
построения и  
жизнедеятельности  
различных клеток  
организма.**

- Из 92 встречающихся в природе элементов 81 обнаружен в организме человека. При этом 15 из них признаны эссенциальными, т.е. жизненно необходимыми.



# Классификация биогенных элементов

*Биотики-элементы экзогенного происхождения, имеющие способность:*

- *входить в состав структур организма;*
- *участвовать в физиологических процессах;*
- *нормализовать функции организма;*
- *повышать сопротивляемость организма;*
- *быть пластическим (строительным) материалом;*
- *создавать условия для протекания физиологических процессов (осмотическое давление, рН среды и т.д.)*

# Классификация биогенных элементов по их функциональной роли

- Органогены
- Элементы электролитного фона
- Микроэлементы
- Ксенобиотики



# Элементы органогены

<b>С</b>	<b>Н</b>	<b>О</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>S</b>
<b>21%</b>	<b>9,7%</b>	<b>62,4%</b>	<b>3,1%</b>	<b>0,95%</b>	<b>0,16%</b>

# **Элементы электролитного фона**

**Na, K, Ca, Mg, Cl**

**ионы данных металлов составляют  
99% общего содержания металлов в  
организме;**

## **Металлы жизни**

**K, Na, Ca, Mg, Mn, Fe,  
Co, Cu, Zn, Mo**

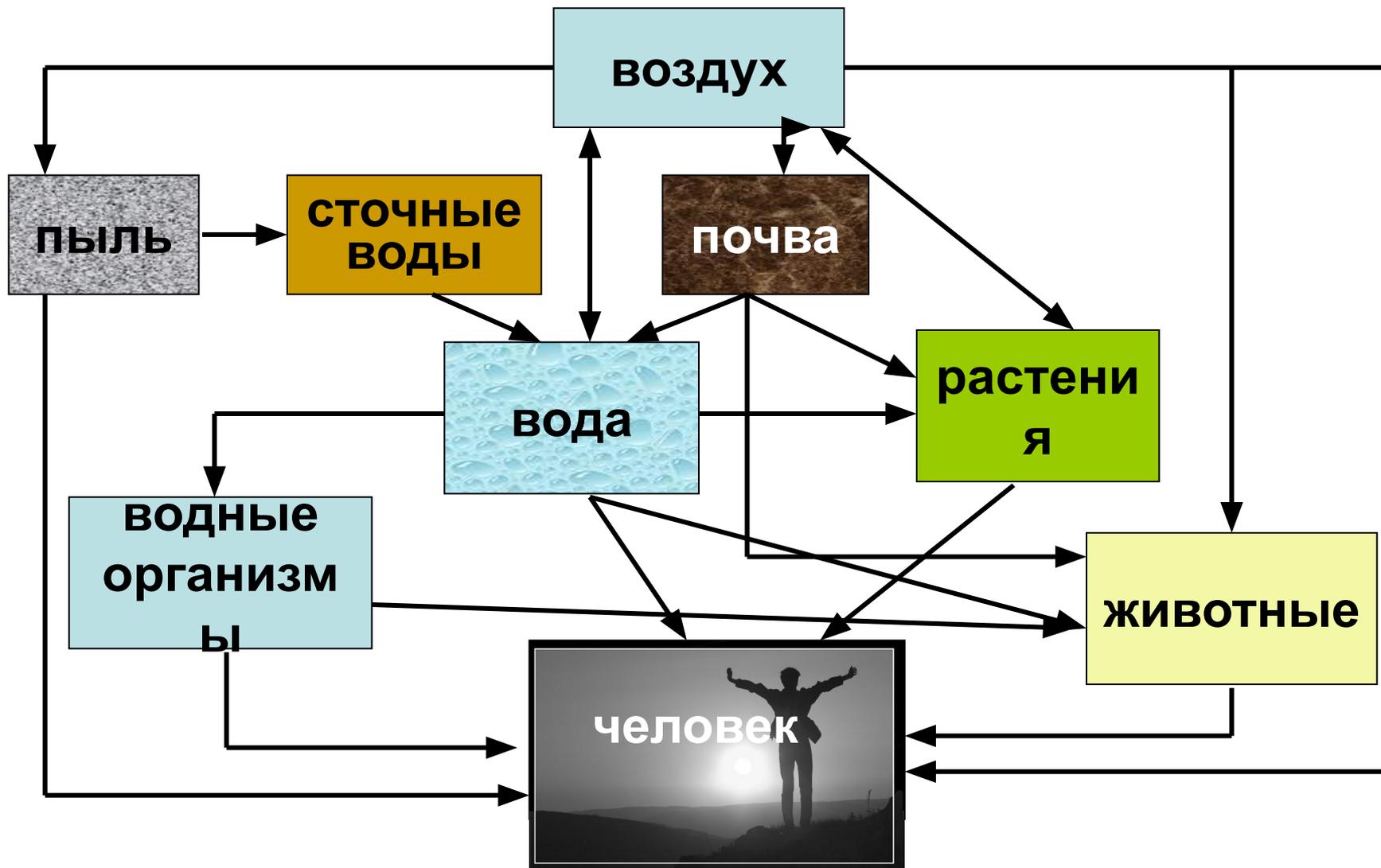
## **Микроэлементы**

**I, Cu, F, Br, Ba, Co Fe, Mn, Zn, Mo  
входят в состав ферментов,  
витаминов, гормонов  
распределены между тканями**

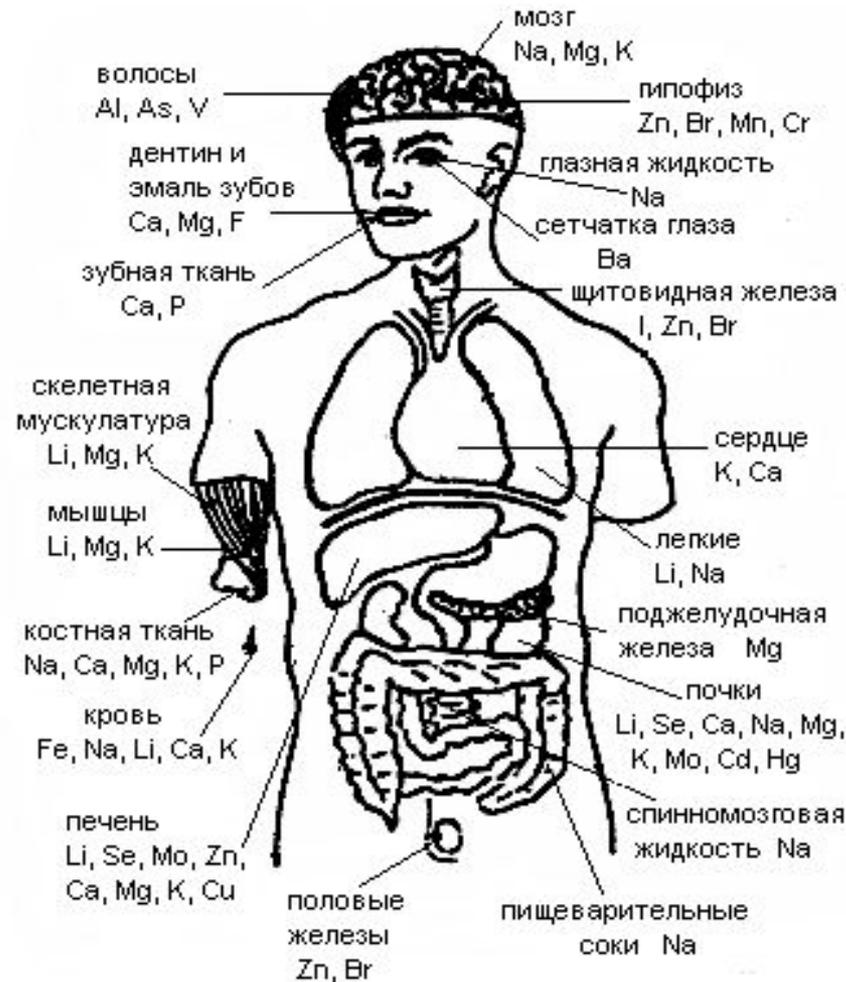
## **Ксенобиотики**

**(от греч. xenos - чужой и bios - жизнь), чужеродные для организмов соединения: промышленные загрязнения, пестициды, препараты бытовой химии, лекарственные средства и т. п.**

# Пути поступления химических элементов в организм человека



# Топография химических элементов в организме человека



# Эндемические заболевания

## Эндемический флюороз

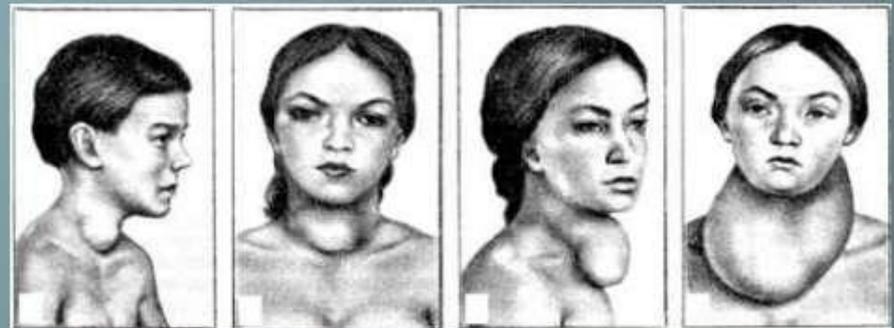
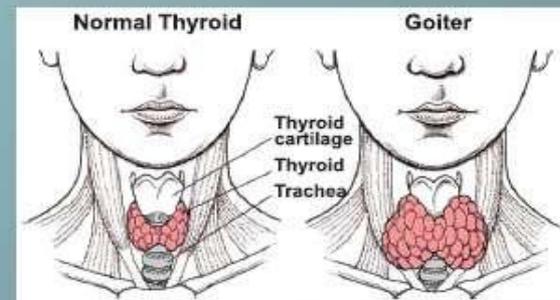


В 1888 г. «крапчатые зубы» были описаны у жителей Мексики. Однако только в 30-е годы нашего столетия было доказано, что причиной формирования «крапчатых зубов» служит избыток фтора.

В настоящее время на Земле известно около 300 очагов эндемического флюороза.

# Эндемический зоб – наиболее выраженное проявление йодной недостаточности

Эндемический зоб – увеличение щитовидной железы, развивающееся вследствие йодной недостаточности у лиц, проживающих в географических районах с недостаточностью йода в окружающей среде (т.е. в эндемичной по зобу местности).



## ЗАГРЯЗНЕНИЯ («БОЛЕЗНИ») ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

<b>АТМОСФЕРА</b>	<b>Кислотные дожди</b>	<b>Смоги: токсический фотохимический</b>	<b>Газообразные токсиканты: CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, HCl, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>C=O</b>
<b>ГИДРОСФЕРА</b>	<b>Повышенная кислотность или щелочность</b>	<b>Наличие катионов металлов – токсикантов, пестицидов, ПАВ, минеральных удобрений, нефтепродуктов</b>	<b>Недостаток растворенного кислорода</b>
<b>ЛИТОСФЕРА</b>	<b>Наличие катионов металлов - токсикантов, нефтепродуктов, избыток пестицидов и минеральных удобрений.</b>		

# **ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ**

- 1. Барковский Е.В. Введение в химию биогенных элементов. стр. 38-43,**
- 2. Ершов Ю.А. Общая химия. Химия биогенных элементов. стр. 220-223,**
- 3. Слесарев В.И. Химия. Основы химии живого. стр 284-331.**

Составить характеристику элементов

**C, O, H, N, P, S, K, Na, Ca, Mg, Mn, Fe,  
Cu, Zn, Be, I, Cr, Pb, Cl, Al**



# ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

## ПЛАН ЛЕКЦИИ (ч.2)

1. Общая характеристика s – элементов
2. Общая характеристика d – элементов
3. Общая характеристика p – элементов

# Периодическая система химических элементов

периоды	группы элементов															
	а I б	а II б		а III б		а IV б		а V б		а VI б		а VII б		а VIII б		
1	<b>H</b>											<b>H</b> водород		<b>He</b> гелий		
2	<b>Li</b> литий	<b>Be</b> бериллий	<b>B</b> бор	<b>C</b> углерод	<b>N</b> азот	<b>O</b> кислород	<b>F</b> фтор	<b>Ne</b> неон								
3	<b>Na</b> натрий	<b>Mg</b> магний	<b>Al</b> алюминий	<b>Si</b> кремний	<b>P</b> фосфор	<b>S</b> сера	<b>Cl</b> хлор	<b>Ar</b> аргон								
4	<b>K</b> калий	<b>Ca</b> кальций	<b>Sc</b> скандий	<b>Ti</b> титан	<b>V</b> ванадий	<b>Cr</b> хром	<b>Mn</b> марганец	<b>Fe</b> железо	<b>Co</b> кобальт	<b>Ni</b> никель						
	<b>Cu</b> медь	<b>Zn</b> цинк	<b>Ga</b> галлий	<b>Ge</b> германий	<b>As</b> мышьяк	<b>Se</b> селен	<b>Br</b> бром	<b>Kr</b> криптон								
5	<b>Rb</b> рубидий	<b>Sr</b> стронций	<b>Y</b> иттрий	<b>Zr</b> цирконий	<b>Nb</b> ниобий	<b>Mo</b> молибден	<b>Tc</b> технеций	<b>Ru</b> рутений	<b>Rh</b> родий	<b>Pd</b> палладий						
	<b>Ag</b> серебро	<b>Cd</b> кадмий	<b>In</b> индий	<b>Sn</b> олово	<b>Sb</b> сурьма	<b>Te</b> телур	<b>I</b> йод	<b>Xe</b> ксенон								
6	<b>Cs</b> цезий	<b>Ba</b> барий	<b>La*</b> лантан	<b>Hf</b> гафний	<b>Ta</b> тантал	<b>W</b> вольфрам	<b>Re</b> рений	<b>Os</b> осмий	<b>Ir</b> иридий	<b>Pt</b> платина						
	<b>Au</b> золото	<b>Hg</b> ртуть	<b>Tl</b> таллий	<b>Pb</b> свинец	<b>Bi</b> висмут	<b>Po</b> полоний	<b>At</b> астат	<b>Rn</b> радон								
7	<b>Fr</b> франций	<b>Ra</b> радий	<b>Ac*</b> актиний	<b>Ku</b> курчатовий	<b>Ns</b> нильсборий											
* Л А Н Т А Н О Й Д Ы																
<b>Ce</b> церий	<b>Pr</b> празеодим	<b>Nd</b> неодим	<b>Pm</b> прометий	<b>Sm</b> самарий	<b>Eu</b> европий	<b>Gd</b> гадолиний	<b>Tb</b> тербий	<b>Dy</b> диспрозий	<b>Ho</b> гольмий	<b>Er</b> эрбий	<b>Tm</b> тулий	<b>Yb</b> иттербий	<b>Lu</b> лютеций			
* А К Т И Н О Й Д Ы																
<b>Th</b> торий	<b>Pa</b> протактиний	<b>U</b> уран	<b>Np</b> нептуний	<b>Pu</b> плутоний	<b>Am</b> америчий	<b>Cm</b> курий	<b>Bk</b> берклий	<b>Cf</b> калифорний	<b>Es</b> эйнштейний	<b>Fm</b> фермий	<b>Md</b> менделевий	<b>No</b> нобелий	<b>Lr</b> лоуренсий			
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> - s - элементы         </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: orange; margin-right: 5px;"></div> - p - элементы         </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: darkblue; margin-right: 5px;"></div> - d - элементы         </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: black; margin-right: 5px;"></div> - f - элементы         </div>																



# s-элементы

- Конфигурация валентного уровня:  $ns^1$ ;  
 $ns^2$
- Характерные степени окисления: +1; +2
- Сильные восстановители
- Образуют соединения с ионным типом связи ( $\text{Na}^+\text{Cl}^-$ )

*исключение водород – ковалентная связь  
( $\text{H}_2\text{O}$ )*

# Свойства элементов подгруппы IA

Свойства	Li	Na	K	Rb	Cs	Fr
Атомная масса	6,94	22,99	39,1	85,47	132,9	223
Валентные электроны	2S <sup>1</sup>	3S <sup>1</sup>	4S <sup>1</sup>	5S <sup>1</sup>	6S <sup>1</sup>	7S <sup>1</sup>
Радиус атома, нм	0,155	0,189	0,236	0,248	0,268	0,280
Энергия ионизации, эВ	5,39	5,14	4,34	4,18	3,89	3,83
Содержание в земной коре, %	3,2 · 10 <sup>-3</sup>	2,4	2,35	1,5 · 10 <sup>-2</sup>	3,7 · 10 <sup>-4</sup>	-
Содержание в организме человека, %	10 <sup>-4</sup>	0,08	0,23	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	-

# Свойства элементов подгруппы IIА

Свойства	Be	Mg	Ca	Sr	Ba	Ra
Атомная масса	9,012	24,30	40,08	87,62	137,33	226
Валентные электроны	2S <sup>2</sup>	3S <sup>2</sup>	4S <sup>2</sup>	5S <sup>2</sup>	6S <sup>2</sup>	7S <sup>2</sup>
Радиус атома, нм	0,112	0,160	0,197	0,215	0,221	0,235
Энергия ионизации, эВ	9,32	7,64	6,11	5,69	5,21	5,27
Содержание в земной коре, %	$6,0 \cdot 10^{-4}$	2,1	3,6	$4,0 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-10}$
Содержание в организме человека, %	$10^{-7}$	0,027	2,00	$10^{-3}$	$10^{-5}$	$10^{-12}$

# Кислотно-основные свойства

- Кислотные свойства не проявляются, основные свойства в пределах подгруппы сверху вниз увеличиваются. Образуют гидроксиды общего состава  $MeOH$  и  $Me(OH)_2$ . Исключение бериллий – проявляет амфотерные свойства

# Комплексы s-элементов

Кристаллогидраты

Бура -  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,

Квасцы -  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

В водных растворах -  $[\text{Mg}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$  –  
хлоридтетрааммин магния

Комплексы магния с органическими  
лигандами:

хлорофилл,  $\text{MgATФ}^{2-}$  и  $\text{MgАДФ}^-$

# Образование нерастворимых соединений

- Все соли s-элементов 1А группы растворимы.
- При переходе к s-элементам 2А группы растворимость солей уменьшается, т. к. увеличения прочности связи в молекулах. Катионы s-элементов 2А группы образуют трудно растворимые осадки хроматов ( $\text{BaCrO}_4$ ), карбонатов ( $\text{CaCO}_3$ ), сульфатов ( $\text{BaSO}_4$ ), оксалатов ( $\text{CaC}_2\text{O}_4$ ).

При отравлении солями бария  
применяют нетоксичные  
растворимые соли серной кислоты:



# Водород

- символ - H
- расположен в 1 группе, главной п/г, первого периода ПС,
- порядковый № 1,
- атомная масса -1,008.
- электронная формула  $-1s^1$ , на внешнем эн. уровне 1 e,
- s-элемент, неметалл, органоген.

# Химические свойства

При нагревании реагирует с кислородом, серой, хлором и др.



# Нерастворимые соединения

- **Входит в состав некоторых малорастворимых кислых солей:  
 $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$ ,**
- **нерастворимых кислот  
 $\text{SnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  ( $x=1-2$ ),  $\text{H}_3\text{SbO}_4$ .**

# d-элементы

- Конфигурация валентного уровня:  
 $(n-1)d^a ns^b$ ; n- номер уровня, a=1-10, b=1-2
- Проявляют переменную степень окисления
- Могут быть и окислителями и восстановителями
- В промежуточной степени окисления проявляют амфотерные свойства:



□ d – металлы являются **активными комплексообразователями.**

Основными биолигандами являются белки, содержащие, как правило, мягкие центры: группы  $-SH$ ,  $-NH_2$ ,  $-COO^-$ , поэтому они с мягкими легкополяризуемыми катионами  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  образуют прочные комплексы, а с жесткими комплексообразователями  $Mn^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  – неустойчивые комплексы

# Нерастворимые соединения

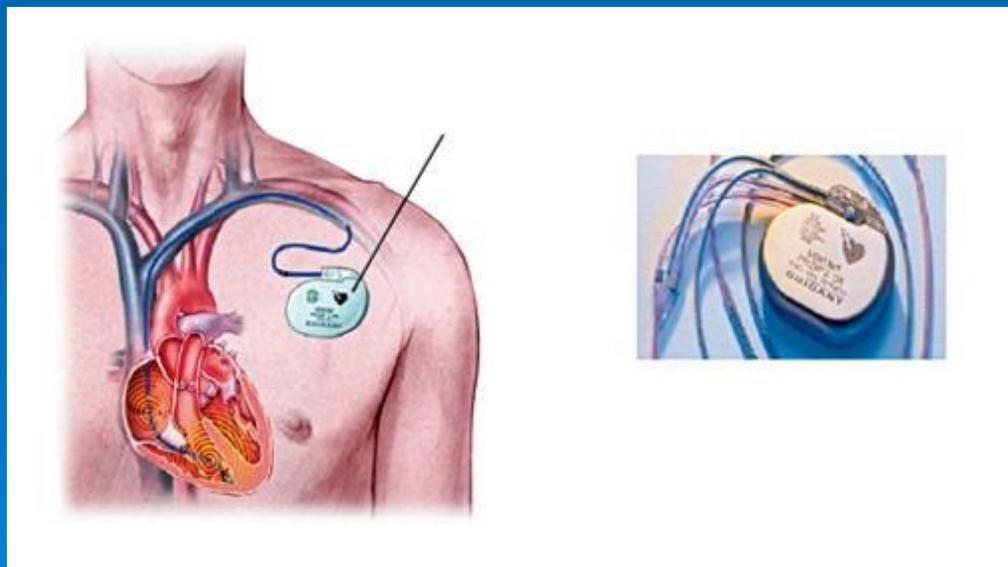
- Катионы d – элементов образуют много **нерастворимых соединений** (сульфиды, карбонаты, фосфаты, оксалаты, цианиды).
- Образование в пищеварительном тракте нерастворимых солей может быть причиной снижения всасывания микроэлементов.

# Сплавы d – элементов

- в зубопротезировании используются сплавы платина-иридий, платина-золото, сплавы палладия.
- амальгамы (медная, серебряная, кадмиевая) применяются в стоматологии в качестве пломбировочного материала.



- Иридий в сплаве с платиной используется для изготовления электрических стимуляторов сердца.



# ЦИНК

- символ - Zn
- расположен во второй группе побочной п/г, четвертого периода,
- порядковый № 30,
- атомная масса -65,39.
- на внешнем эн. уровне 2 e,
- d-элемент, металл, незаменимый микроэлемент, металл жизни.

# Химические свойства

□ **Металл, синевато-белый, твердый, образует сплавы, например, с медью – латунь.**

□ **Цинк взаимодействует с кислотами не окислителями с выделением водорода:**



□ **Цинк образует оксид ZnO – белого цвета, не растворим в воде.**

□ **Ему соответствует гидроксид Zn(OH)<sub>2</sub>.**

□ **Оксид и гидроксид цинка проявляют амфотерные свойства.**



□ **Гидроксид цинка растворяется в водных растворах аммиака**



- В соединениях степень окисления цинка +2, проявляет восстановительные свойства
- Склонен к комплексообразованию, в комплексных соединениях является КО, входит в состав жизненно важных металлоферментов (карбоангидраза), гормонов (инсулин)
- В организме человека больше всего цинка содержится в гипофизе, сетчатой оболочке глаза, печени, половых железах

□ Оказывает влияние на рост и развитие

□ Препараты цинка:

сульфат цинка – глазные капли

хлорид цинка – антисептическое

средство, местный антисептик

оксид цинка, в составе мазей, присыпок –  
противомикробное средство.

# p-ЭЛЕМЕНТЫ

- Конфигурация валентного уровня:  
 $ns^2np^a$ ; n- номер уровня, a=1- 6
- Способны проявляют переменную степень окисления (S, Cl, C)
- способны образовывать двухатомные молекулы  $\text{Э}_2$ , наиболее устойчивы  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{F}_2$
- азот, кислород, фтор обладают способностью образовывать водородные СВЯЗИ
- при переходе от p-элементов второго периода к последующим, увеличивается склонность к образованию комплексных соединений

# О-В свойства

## Окислительные свойства



## Восстановительные свойства

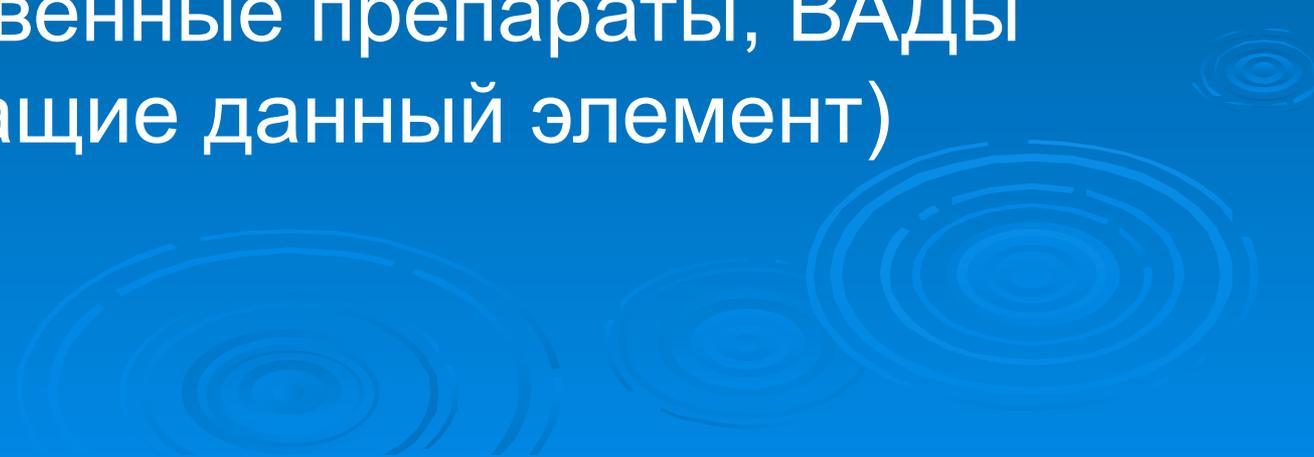


# Составить характеристику элементов

**C, O, H, N, P, S, K, Na, Ca, Mg, Mn, Fe,  
Cu, Zn, Be, B, Cr, Pb, Cl, Al**

# План характеристики элемента

1. Положение в периодической системе
2. Возможные и характерные степени окисления
3. Физические свойства элемента, как простого вещества (цвет, запах, растворимость в воде, агрегат. сост.
4. Химические свойства (взаимодействие с кислородом, водородом, галогенами, серой, кислотами, щелочами)

5. Кислотно-основные свойства  
(образование гидроксидов, кислот)
  6. Окислительно-восстановительные свойства
  7. Склонность к комплексообразованию
  8. Медико-биологическое значение  
(топография, основные функции, патологические состояния, лекарственные препараты, ВАДы содержащие данный элемент)
- 

# литература

1. Барковский Е.В. Введение в химию биогенных элементов.
2. Ершов Ю.А. Общая химия. Химия биогенных элементов.
3. Слесарев В.И. Химия. Основы химии живого.
4. Саушкина Е.А., Юшкова Е.И., Королева И.П. Химические элементы. Часть 1. S-элементы
5. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине
6. Егоров А.С., Иванченко Н.М., Шацкая К.П. Химия внутри нас
7. Чернобельская Г.М., Чертков И.Н. Химия