

БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ



Биогенные элементы – элементы, необходимые для построения и функционирования различных клеток и организмов.



Критерии биогенности



1. Распространенность элемента в природе.

Биосфера – часть земной оболочки, занятая растительными и животными организмами.



Живые организмы активно участвуют в перераспределении элементов в земной коре, например, при построении скелета концентрируют кальций в своих телах, извлекая его из окружающей среды.



Распространенность элементов в земной коре различна.

На долю 18 элементов приходится 99,8% массы земной коры.

O C H N P S Cl Mg Ca K Na

Макроэлементы

Zn Cu Fe Mn Mo Co

Микроэлементы



Исследования показали, что в живых организмах присутствуют все те же элементы, которые есть в земной коре и морской воде.



Чем выше содержание элемента
в природе, тем больше его в
организме.



Однако, данная закономерность
соблюдается не всегда.

Так, в земной коре содержится
27,6% Si, а в организмах его – $10^{-5}\%$.



Наблюдается и обратная картина:

Биологическое концентрирование –
увеличенное содержание элемента в
организме по сравнению с окружающей
средой. Например, С в земной коре
0,35%, в организме – 21%.



В результате естественного отбора
основой живых систем стали
6 элементов-органогенов: углерод,
водород, кислород, азот, фосфор, сера.

Их суммарная массовая доля в
организме – 97,4%.



Таблица 1

Элемент	O	C	H	N	P	S
Массовая доля в организме, %	62	21	10	3	1	0,1

2. Растворимость соединений элемента в воде

Чем лучше растворимость природных соединений элемента в воде, тем выше массовая доля этого элемента в организме.



Таблица 2

Элемент	ω, % в земной коре	Растворимость соединений в воде	ω, % в организме
Si	27,6	Плохая	10^{-5}
Al	7,45	Плохая	10^{-5}
C	0,35	Хорошая	21

3. Размеры атомов

Чем меньше порядковый номер элемента, тем больше его массовая доля в организме, т.к. тем меньше заряд ядра и радиус атома и тем легче элементу внедряться в живые системы.



Таблица 3

Элемент	Порядковый номер в ПСЭ	Массовая доля в организме, %
H	1	10
Ca	20	2
Hg	80	10^{-7}

- 99% массы организма составляют элементы с порядковым номером <20 .



4. Способность приобретать устойчивую электронную конфигурацию

- Эта способность является причиной прочности связей элемента в соединении и устойчивости образующейся биохимической структуры.



Элементы 1-3-й групп ПСЭ отдают 1-3 электрона:



устойчивая электронная конфигурация,
как у инертного газа Ne.



Элементы 4-7-й групп ПСЭ принимают
4-1 электрона:



– устойчивая электронная конфигурация,
как у инертного газа Ar.

Так образуются ионы электролитов
организма: Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- .



5. Способность к образованию прочных полярных ковалентных связей, кратных связей, созданию сопряженных систем

В то же время эти связи лабильны – способны легко разрываться в условиях протекания биохимических превращений.

Эта способность максимальна у элементов 2-го периода – С, N, O.



У их аналогов из 3-го периода – Si, P, S -
эта способность уменьшается и,
соответственно, уменьшается массовая
доля элементов в организме.



6. Склонность к комплексообразованию

- максимальна для d -элементов, имеющих большой заряд ядра и значительное количество вакантных орбиталей.



- Катионы “металлов жизни”- Fe, Zn, Cu, Co, Mn, Mo – *in vivo* соединяются с биолигандами, образуя жизненно необходимые комплексы, например, гемоглобин (Fe^{2+}), витамин В12 (Co^{3+}), карбоангидразу (Zn^{2+}) и др.



Классификация биогенных элементов

1. По положению в ПСЭ:

- *s*-элементы: K, Na, Ca, Mg;
- *p*-элементы: O, C, N, P, S, F, Cl, Br, I;
- *d*-элементы: Fe, Zn, Mn, Mo, Cu, Co.



2. По биороли (классификация Ковальского):

- -жизненно необходимые, дефицит которых приводит к нарушению жизнедеятельности: O, C, H, N, P, S, K, Na, Mg, Ca, Fe, Zn, Mn, Mo, Cu, Co, F, Cl, I, V.



-примесные, присутствуют в организме, но их биороль мало выяснена или до конца не ясна: **Ga, Sb, Sr, B, Be, Li, Si, Sn, Cs, Al, Ba, Ge, As, Rb, Pb, Ra, Bi, Cd, Cr, Ni, Ti, Ag, Th, Hg, U.**



3. По среднему содержанию в организме:

-макроэлементы, их $\omega > 10^{-2}\%$:

O, C, H, N, P, S, K, Na, Ca, Mg, Cl;



-микроэлементы, их $\omega < 10^{-2}\%$:
Fe, Zn, Mo, Mn, Cu, Co, F, Br, I.



Функции макроэлементов:

- Построение тканей.
- Поддержание постоянных:
 - осмотического давления (осмотического гомеостаза);
 - электролитного состава;
 - рН (кислотно-основного гомеостаза).



Функции микроэлементов.

Микроэлементы входят в состав витаминов, гормонов, ферментов в качестве комплексообразователей и активаторов, участвуют:

- 1. В обмене веществ.
- 2. В процессах размножения.
- 3. В тканевом дыхании.
- 4. В обезвреживании токсинов.
- 5. В кроветворении.
- 6. Влияют на проницаемость сосудов и тканей.
- 7. В окислительно-восстановительных процессах.



Топография биогенных элементов

Распределение элементов в органах и тканях различно.

Большинство микроэлементов накапливаются в печени, костной и мышечной ткани.



Элементы могут проявлять специфическое сродство к некоторым органам и содержаться в них в высоких концентрациях, например,

Zn накапливается в поджелудочной железе,

I - в щитовидной,

F - в эмали зубов,

As - в волосах и ногтях.



Таблица 4

Орган	Биогенный элемент
Мозг	Na, K, Mg
Сердце	Ca, K, Mg
Печень	Ca, K, Mg, Li, Se, Mo, Zn, Cu
Почки	Na, Ca, K, Mg, Li, Se, Mo, Cd, Hg



Макроэлементы O и H входят в состав воды: $\omega(\text{H}_2\text{O})=65\%$, она неравномерно распределена в организме.



Таблица 5

Орган	Массовая доля воды, %
Плазма крови, лимфа	до 90-99,5%
Головной мозг	до 80%
Скелет	около 40%



Макроэлементы **O, C, H, N, P, S** входят в состав белков, нуклеиновых кислот, липидов, углеводов.

Максимальна ω белков в селезенке – 84%,
минимальна в зубах – 24%.



При заболеваниях происходит изменение содержания элементов. Например, при рахите нарушается **P-Ca** обмен и уменьшается содержание **Ca**



В организме с участием гормонов поддерживается оптимальный баланс концентраций биогенных элементов – *химический гомеостаз.*



Рис.1 Кривая зависимости реакции организма от концентрации элементов в пище



Чем больше горизонтальный участок кривой, тем больше область концентраций, соответствующих нормальному здоровью, росту, воспроизведению, тем менее токсичен элемент.

Организм способен адаптироваться к большим изменениям концентраций этого элемента.



Узкое плато свидетельствует о высокой токсичности элемента и резком переходе от жизненно необходимых количеств к токсичным.



Значительное увеличение концентраций таких микроэлементов может привести к летальному исходу (Hg^{2+} , Pb^{2+} , C^{2+} , Be^{2+} , Ba^{2+} , Tl^{3+} , As^{3+}).



Синергизм и антагонизм действия элементов

- Сходство и различие биологического действия элементов связано с электронным строением атомов и ионов. Сходные по строению элементы замещают друг друга в биохимических системах.



- **Синергизм** – усиление биологической активности замещаемого элемента
- **Антагонизм** – угнетение активности.



Примеры:

- 1. Be^{2+} и Mg^{2+} сходны по химическим характеристикам: $\Rightarrow \text{Be}^{2+}$ замещает $\text{Mg}^{2+} \Rightarrow$ ингибирует Mg-содержащие ферменты, антагонизм действия.



2. Ca^{2+} и Sr^{2+} сходны по строению, взаимозамещаемы: Sr^{2+} замещает Ca^{2+} в костной ткани, прочность костей уменьшается, развивается стронциевый рахит \Rightarrow антагонисты.



3. Mg^{2+} и Mn^{2+} - синергисты, активируют одни и те же ферменты, например, ферменты, участвующие в гидролизе АТФ.



4. *d*-Элементы IV периода: Mn^{2+} , Fe^{2+} ,
 Cu^{2+} , Co^{2+} - синергисты в процессах
кровообразования, поэтому в состав
препаратов для лечения анемии входят
все эти микроэлементы.



Эндемические заболевания (микроэлементозы)

Биогеохимические провинции – территории, в почвах и водоемах которых содержание химических элементов отличается от среднего.



Поскольку содержание элемента в земной коре и в организме человека тесно связано, в организмах людей, проживающих на этих территориях, протекают специфические биохимические реакции, которые могут привести к развитию эндемических заболеваний.



Таблица 6

Местность	Элемент	Изменение концентрации	Заболевание
р. Уров	Стронций	Увеличение	Уровская болезнь – стронциевый рахит
Армения Дагестан	Молибден	Увеличение	Эндемическая подагра
Урал	Йод	Уменьшение	Эндемический зоб
Пермь	Фтор	Уменьшение	Кариес



Спасибо за внимание!

