

## ЗАНЯТИЕ 2.1

# «ЭЛЕМЕНТНЫЙ МЕТАБОЛОМ. РОЛЬ МАКРОБИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОСТРОЕНИИ ЖИВОЙ МАТЕРИИ. ВЗАИМОСВЯЗЬ ОРГАНИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ХИМИИ»

Органические и неорганические соединения, которые входят в состав клеток и тканей организма человека, в свою очередь образованы определенными химическими элементами, набор которых неслучаен. *Химические элементы, необходимые для построения и жизнедеятельности клеток и организмов, называют биогенными.* Из 92 стабильных элементов периодической системы в организме постоянно присутствуют не менее 50 элементов, причем основу всех живых систем составляют только шесть элементов: углерод, водород, кислород, азот, фосфор, сера, получивших название *органогенов*. Их содержание в организме достигает 97,4%.

С точки зрения химии естественный отбор элементов-органогенов можно объяснить их способностью образовывать химические связи: с одной стороны, достаточно прочные, то есть, энергоемкие, а с другой, достаточно лабильные, которые легко могли бы поддаваться различным химическим преобразованиям.

Органогеном номер один, несомненно, является углерод (С). Его атомы образуют прочные ковалентные связи между собой или с атомами других элементов. Эти связи могут быть ординарными или кратными, благодаря таким 3 связям углерод способен образовывать сопряженные или кумулированные системы в виде открытых или закрытых цепей, циклов.

В отличие от углерода, элементы-органогены водород (Н) и кислород (О) лабильные связи не образуют, но их наличие в органической, в том числе, в биоорганической молекуле определяет ее способность взаимодействовать с биорастворителем – водой. Кроме того, водород и кислород являются носителями окислительно-восстановительных свойств живых систем, они обеспечивают единство окислительно-восстановительных процессов.

Остальные три органогена – азот (N), фосфор (P) и сера (S), как и углерод, способны образовывать лабильные связи. Положительным свойством органогенов является также и то, что они, как правило, образуют легко растворимые в воде соединения и поэтому концентрируются в организме.

Существует несколько классификаций химических элементов, содержащихся в организме человека. Так, В.И. Вернадский в зависимости от среднего содержания в живых организмах разделил элементы на три группы:

1. Макроэлементы. Это элементы, содержание которых в организме выше  $10^{-2}$  % . К ним относятся шесть органогенов – углерод, водород, кислород, азот, фосфор, сера, а также кальций, магний, натрий и хлор.

2. Микроэлементы. Это элементы, содержание которых в организме находится в пределах от  $10^{-2}$  до  $10^{-12}$  % . К ним относятся йод, медь, мышьяк, фтор, бром, стронций, барий, кобальт.

3. Ультрамикроэлементы. Это элементы, содержание которых в организме ниже  $10^{-12}$  % . К ним относятся ртуть, золото, уран, радий и др.

В.В. Ковальский, исходя из степени значимости химических элементов для жизнедеятельности человека, подразделил их на три группы:

*Незаменимые элементы* (эссенциальные). Они постоянно находятся в организме человека, входят в состав его неорганических и органических соединений. Это Н, О, Са, N, К, Р, Na, S, Mg, Cl, С, I, Mn, Cu, Co, Zn, Fe, Mo, V, Se. Дефицит содержания этих элементов приводит к нарушению нормальной жизнедеятельности организма.

*Примесные элементы.* Эти элементы постоянно находятся в организме человека, но их биологическая роль еще не всегда выяснена или мало изучена. Это Ga, Sb, Sr, Br, B, Be, Li, Si, Sn, Cs, As, Ba, Ge, Rb, Pb, Ra, Bi, Cd, Cr, Ni, Ti, Ag, Th, Hg, Ce.

*Микропримесные элементы.* Они найдены в организме человека, но ни о количественном содержании, ни о биологической роли их нет. Это Sc, Tl, In, La, Sm, Pr, W, Re, Tб и др.

Строение, свойства и функции биологических веществ predeterminedляются макроэлементами органогенами.

*Цель занятия:*

1. Установить роль макробиогенных s- и p-элементов (органогенов) в формировании молекул важнейших групп органических (биологически значимых) веществ и обеспечении их химических свойств;
2. Сформировать представление о типах химических реакций, протекающих в биосистемах;
3. Сформировать навык записи структурных формул важнейших биологических веществ из группы метаболитов и их свободное использование при записи уравнений биохимических реакций.

*Основные понятия:* элементный метаболом человека, макробиогенные элементы, органогены, типы и виды химической связи в биологических соединениях (ковалентная – полярная/неполярная, ионная); классификация ковалентной связи по механизму образования (обменный, донорно-акцепторный), по способу перекрывания атомных орбиталей (сигма-, пи-связи); межмолекулярное взаимодействие (водородные связи, ван-дер-ваальсово взаимодействие, ионное взаимодействие).

## **ОСНОВНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов/ Ю.А. Ершов и др., 1993: с. 114-119.
2. Биохимия /под ред.Л.А.Даниловой.- 2020.- с.258-260.

## **ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ**

1. Элементный метаболом человека. Макро- и микроэлементы. Понятие о биогенных элементах. Особенности элементов органогенов (C, O, H, N, S, P).
2. Углерод и многообразие органических соединений. Особенности атомного строения (виды гибридизации атомных орбиталей –  $sp^3$ ,  $sp^2$ ) обуславливающие способность углерода к образованию большого числа биомолекул. Понятие о гомологических рядах.
3. Классификация органических соединений по строению углеродного скелета и присутствию гетероатомов: алифатические, карбоциклические, гетероциклические.
4. Классификация органических соединений по природе функциональных групп: спирты, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, бифункциональные соединения (аминокислоты, моносахариды), простые и сложные эфиры
5. Принципы номенклатуры органических соединений, распространённость тривиальной номенклатуры в биохимии, основные представители спиртов, альдегидов, карбоновых кислот.
6. Ковалентная связь: ее виды и механизмы образования в органических соединениях. Взаимное влияние атомов в молекуле органических соединений (электронные эффекты, сопряжение, кислотность и основность).


7. Типы химических реакций с участием органических соединений, протекающие в организме человека: замещение (ацилирование, иодирование, галогенирование, метилирование, гидролиз, алкилирование), присоединение (гидратация, карбоксилирование), ОВР (дегидрирование, оксигенное окисление), изомеризация (рацемизация, цис-транс-изомеризация, взаимопревращение кетоз и альдоз).

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ (Домашнее задание)

#### 1. Заполните таблицу

Биогенный элемент /название и символ	Атомная масса (Ar), Период, группа	Конфигурация наружного электронного слоя	Металлический /Неметаллический	Преобладающая форма в организме, (в каком состоянии и в каких соединениях присутствует)	Общее содержание в организме (мкг/мг/г) или массовая доля в %
H					
C					
O					
N					
S					
P					
Na					
K					
Ca					
Mg					
Fe					

#### 2. Заполните таблицу

№ пп	Название карбоновой кислоты, структурная формула (записать по вертикали)	Количество атомов углерода в цепи	Название аниона кислоты
1	Пировиноградная кислота (ПВК) 	3	Пируват
2	Молочная кислота	3	Лактат
3	Глицериновая кислота	3	Глицерат
4	Щавелево-уксусная кислота	4	Оксалоацетат
5	Яблочная кислота	4	Малат
6	Янтарная кислота	4	Сукцинат
7	Фумаровая кислота	4	Фумарат
8	Альфа-кетоглутаровая кислота ( $\alpha$ -КГК)	5	Альфа-кетоглутарат
9	Лимонная кислота	6	Цитрат
10	Изолимонная кислота	6	Изоцитрат

11	Глюконовая кислота	6	Глюконат
----	--------------------	---	----------

3. Запишите уравнение реакции дегидратации яблочной кислоты. Какая кислота образуется?

4. Запишите уравнение реакции декарбоксилирования следующих веществ: ПВК, ЩУК, гистидина.

5. Запишите уравнение реакции иодирования тирозина по положениям 3 и 5 ароматического кольца.

6. Запишите уравнение реакции, сопровождающейся разрывом С-N связи в аспарагиновой кислоте и отщеплением аммиака. Назовите тип реакции и ее продукт.

7. Запишите уравнение реакции декарбоксилирования ацетоацетата. Какой получается продукт?

8. Запишите уравнение реакции окисления путем дегидрирования  $\beta$ -гидроксипутирата до ацетоацетата.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

*Качественные реакции на основные функциональные группы органических соединений - на спирты (окисление с  $\text{CuO}$ , на  $\text{OH}$ -группу), альдегиды (окисление –Троммера), карбоновые кислоты на примере уксусной кислоты (с индикаторами, с металлами, с щелочами), на аминокислоты на примере глицина (амфифильность, с индикаторами, с металлами, с щелочами, образование комплексной медной соли), на сульфгидрильные группы.*

*Можно осуществить открытие  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ , их карбонатов и фосфатов в вытяжке из костной ткани.*