

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ХИМИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Методические указания для самостоятельной работы
студентов I курса по дисциплине «Медицинская химия»

«Утверждено»

Ученым советом

Харьковского национального
медицинского университета

Протокол № 5

от «20» мая 2015г.

Харьков 2015

Химия биогенных элементов: Метод.указ для студентов 1-го курса / сост. А.О. Сыровая, С.А. Наконечная, Л.Г. Шаповал, В.Н. Петюнина, Е.Р. Грабовецкая, В.А. Макаров, С.В. Андреева, Л.В. Лукьянова, С.Н. Козуб, Т.С. Тишакова, О.Л. Левашова, Е.В. Савельева, Н.В. Копотева, Н.Н. Чаленко – Харьков: ХНМУ, 2015. – 24 с.

Составители:

А.О. Сыровая

С.А. Наконечная

Л.Г. Шаповал

В.Н. Петюнина

Е.Р. Грабовецкая

В.А. Макаров

С.В. Андреева

Л.В. Лукьянова

С.Н. Козуб

Т.С. Тишакова

О.Л. Левашова

Е.В. Савельева

Н.В. Копотева

Н.Н. Чаленко

Тема занятия: Химия биогенных элементов

1. Количество часов: 2.

2. Материальное и методическое обеспечение темы:

Таблицы:

1. Распределение в Периодической системе элементов, которые вызывают микроэлементозы.
2. Гем.
3. Характеристика некоторых железосодержащих белков.
4. Ионы металлов в металлоферментах.
5. Витамин В₁₂.
6. Функции d-элементов в организме человека.
7. Медьсодержащие белки.
8. Карбоксиангидраза.

3. Обоснование темы: из 117 элементов периодической системы Д. И. Менделеева доказано наличие в организме человека 82, для 62 из них установлена биологическая функция. А 12 элементов считаются жизненно - необходимыми. Биологическая роль химических элементов в организме человека многогранна. Они входят в структуру медиаторов, гормонов, ферментов, витаминов. Берут участие в их биосинтезе, усиливают и регулируют активность как их самих, так и синтетических заместителей.

Физиологическое действие элементов зависит от их концентрации. Микроэлементы в зависимости от их концентрации необходимы для сохранения здоровья, а в больших дозах токсичны. Поэтому изучением разных сторон действия микроэлементов на организм занимаются биохимики, патофизиологи, гигиенисты и представители клинических дисциплин. Изучая данную тему, студенты получают знания, которые помогут им досконально выучить биохимические процессы, которые протекают в организме человека, физиологию человека в условиях экологического кризиса на нашей планете, а также применение производных химических элементов как лекарственных препаратов.

4. Цель занятия:

- общая: уметь трактовать взаимосвязь между местоположением *s*-, *p*-, *d*-элементов в периодической системе и их биогенную роль.

- конкретная: уметь используя знания строения, свойств *s*-,*p*-, *d*- элементов, их распространения в природе, уметь трактовать взаимосвязь между биологической ролью биогенных элементов и формой их нахождения в организме.

а) знать место расположения биогенных элементов в таблице Д.И. Менделеева, их характеристики атомов, электронное строение атомов и биогенную роль; б) уметь проводить качественные реакции, распознавать электронные формулы строения атомов, предвидеть химические свойства элементов; в) практические навыки: знать биогенную роль важнейших *s*- и *p*-элементов: H, Li, Na, K, Ca, Mg, Sr, Ba, B, Al, C, Si, Pb, Sn, N, P, As, O, S, Se, F, Cl, Br, I. Знать биогенную роль важнейших *d*-элементов: Cr, Mo, Fe, Co, Cu, Ag, Zn, Cd, Hg. Уметь поставить качественные реакции на ионы: CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_2^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, MnO_4^- , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Ag^+ .

5. Графологическая структура темы:



6. Ориентировочная карта работы студентов:

1. Обоснование изучения данной темы.
2. Коррекция знаний и умений путем решения учебных заданий по написанию формул строения, определения валентности и степени окисления элементов, определения возможности образования химических связей.
3. Повторение биогенной роли каждого элемента.
4. Обсуждение порядка выполнения лабораторной работы.
5. Выполнение лабораторной работы и оформление протокола.
6. Тестовый контроль.
7. Подведение итогов занятия.

7. Задание для самостоятельной работы:

- перечень вопросов, которые подлежат изучению:

1. Общие сведения.
2. Учение Вернадского про биосферу и роль живого вещества.
3. Связь между содержанием биогенных элементов в организме человека и их нахождением в окружающей среде. Эндемические заболевания.
4. Проблемы загрязнения и очистки биосферы от токсических веществ техногенного происхождения.
5. Электронная структура и электроотрицательность *s*-, *p*-, *d*- элементов. Типичные химические свойства *s*-, *p*-, *d*- элементов и их соединений.
6. Биологическая роль важнейших химических элементов. Применение в медицине их соединений. Токсическое действие соединений.

Элементы, необходимые для построения и жизнедеятельности клеток и организмов, называют биогенными. В организме человека найдено 82 элемента из 91-го, которые встречаются в природе, биогенная функция установлена для 62-х. Основу всех живых систем составляют 6 элементов — Н, О, С, N, P, S. Это элементы-органогены. Их содержание в организме составляет 97 %, основной признак этих элементов состоит в том, что они имеют малые значения атомных радиусов, промежуточные значения электроотрицательностей и поэтому образуют прочные ковалентные связи.

Органогены входят в состав белков, нуклеиновых кислот, липидов и других физиологически активных соединений. Кроме того элементы-органогены образуют важные для функционирования живых систем неорганические соединения и ионы: (CO_2 ; NO ; CO_3^{2-} ; PO_4^{3-} ; SO_4^{2-} и т.д.).

Для нормальной жизнедеятельности организма необходимы также неорганические макроэлементы – кальций, калий, натрий и микроэлементы – купрум, феррум, молибден, цинк, флуор, йод, селен, арсен, силиций, хром, никель, станум, ванадий.

Макроэлементы — элементы, содержание которых в биосредах превышает 10^{-2} %. *Микроэлементы* — 10^{-3} — 10^{-5} %. *Ультрамикроэлементы* — элементы, содержание которых в организме меньше 10^{-5} %.

Десять элементов – Ca, K, Na, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, Co – жизненно необходимы. Макроэлементы выполняют роль пластического материала в построении тканей, поддерживают осмотическое давление, pH среды, кислотно-основное состояние, состояние коллоидов и т.д. Микроэлементы вместе с ферментами, гормонами, витаминами и другими биологически активными веществами берут участие в процессах размножения, роста, обмена белков, жиров, углеводов.

Участие микроэлементов в физиологических процессах осуществляется двумя путями: 1. Атом входит в структуру фермента в качестве комплексообразователя. 2. Элемент является звеном, соединяющим систему фермент – субстрат. Биологические функции микроэлементов в живом организме связаны главным образом с процессами комплексообразования между биологическими лигандами (аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, витамины, ферменты, гормоны, вода и др.) и ионами соответствующих металлов.

Существенное влияние на физиологическую активность элемента имеет его концентрация в организме. Организму вредна одинаково недостаточная и избыточная доза элемента. Содержание химических элементов в организме зависит от химического состава окружающей среды (земная кора, вода речек,

морей, океанов, воздух). Эти вопросы нашли глубокое научное обоснование в работах В.И. Вернадского и его последователей. В.И. Вернадский, изучая геохимические превращения в земной коре, установил, что изменения элементного состава верхнего слоя земной коры влияет на химический состав живых организмов. В организме человека есть все химические элементы, которые присутствуют в морской воде. В морской воде присутствуют все элементы земной коры. Вещества неживой и живой природы состоят из одинаковых химических элементов и между ними действуют одинаковые силы химического взаимодействия: ковалентные, ионные, водородные и т.д. Молекулярными мишенями, то есть объектами атаки ионов тяжелых металлов являются:

1. Белки и ферменты, которые содержат гем.
2. Системы пероксидного и свободнорадикального окисления липидов и белков, а также системы антиоксидантной и антиперекисной защиты.
3. Ферменты транспорта электронов и синтеза АТФ.
4. Белки клеточных мембран и ионные каналы мембран.

Ионы Pb, Hg, Co, Cd образуют прочные комплексы с аминокислотами и другими биомолекулами, которые содержат – (-SH-) – группы или алкилтиогруппы – (RS-). Многие комплексы металлов с органическими лигандами близки по своим параметрам (размерами, распределением зарядов и др.) к «обычным» субстратам (аминокислотам, гормонам, нейромедиаторам) и поэтому могут связываться с соответствующими рецепторами (эффект мимикрии). Например, комплекс, образованный ртутью и аминокислотой цистеином, имитирует аминокислоту метионин, необходимую для биосинтеза адреналина и холина.

Другой механизм токсического действия состоит в замене биометаллов в металлсодержащих биоконплексах, что приводит к потере их биологической активности. Так, в результате замены Zn ртутью или свинцом происходит дезактивация фермента карбоангидразы и аминолевулинатдегидратазы, которые берут участие в синтезе гема. В этом

случае возникает анемия. Тяжелые металлы также активируют перекисное и свободнорадикальное окисление. В результате этого повреждаются белки, нуклеиновые кислоты, а также биомембраны.

s-элементы IA и IIA групп.

Электронная конфигурация внешнего электронного уровня, соответственно ns^1 и ns^2 . Эти электроны являются валентными. Поэтому атомы этих элементов имеют постоянную валентность и постоянную степень окисления. Элементы I группы — I и +1; IIA группы — II и +2. Они легко отдают свои *s-электроны*, являют собой металлы-восстановители. Потому что потенциал ионизации (энергия ионизации) уменьшается в группе сверху вниз, их восстановительные (металлические) свойства увеличиваются. Электроотрицательность атомов уменьшается в том же направлении.

Ионные радиусы увеличиваются в группе сверху вниз; в том же направлении уменьшается теплота гидратации, радиус гидратированного иона, число гидратации (число молекул воды, которые входят в состав гидратной оболочки иона).

Основными биометаллами есть элементы со средними значениями этих величин – натрий, магний, калий, кальций, литий. Бериллий, стронций, барий - токсичны. Величиной гидратированного иону можно объяснить такое обстоятельство, что ион K^+ — внутриклеточный, а ион Na^+ — внеклеточный.

p-элементы IIIA — VIIA групп.

Электронные конфигурации внешнего энергетического уровня (валентного уровня) *p*-элементов такие: IIIA- ns^2np^1 ; IVA- ns^2np^2 ; VA- ns^2np^3 ; VIA- ns^2np^4 ; VIIA- ns^2np^5 . Характерные валентности и степени окисления:

IIIA-III, +3, для Tl-I, +1; соединения Al_2O_3, Tl_2O_3 .

IVA-II, IV; -4. +2. +4; соединения CH_4, CO, CO_2 .

VA-III; V; -3. +3. +5; соединения $PH_3; P_2O_3, P_2O_5$.

Особенное место занимает **нитроген**. Валентность его в соединениях: I, II, III, IV; степени окисления: от -3 до $+5$. Соединения: NH_3 ; N_2O ; NO ; N_2O_3 ; NO_2 ; N_2O_5 .

VIA — II; IV, VI; -2 ; $+4$; $+6$. Соединения H_2S , SO_2 , SO_3 .

Оксиген в соединениях превалировано проявляет валентность II и степень окисления -2 . Например, H_2O . Исключения составляют перекиси, у которых кислород имеет степень окисления -1 . Например: H_2O_2 .

VIIA. Возможные валентности от I до VII. Наиболее характерные I, III, V, VII. Степени окисления — от -1 до $+7$. Наиболее характерные -1 ; $+1$; $+3$; $+5$; $+7$. Соединения: HCl , Cl_2O , Cl_2O_3 , Cl_2O_5 , Cl_2O_7 .

Исключения составляет **флуор**. Его валентность I и степень окисления -1 . (HF).

В группах *p*-элементов сверху вниз увеличиваются атомные радиусы, уменьшается потенциал ионизации, уменьшается сродство к электрону, уменьшается электроотрицательность. В связи с этим в группах увеличиваются восстановительные (металлические) свойства. Начинается группа неметаллом, заканчивается металлом.

p-Элементы IIIA группы в микроколичествах входят в состав биомолекул, образуя связь с атомами кислорода и азота. Исключение составляет таллий, который образует связь с серой, поэтому и является очень токсичным.

p-Элементы IVA группы входят в состав биомолекул, соединяясь с атомами различных элементов. Углерод в биомолекулах образует полимерные цепи углерод-углерод и прочно связывается с водородом, кислородом, азотом, серой, селеном, йодом. Si, Ge, Sn, Pb образуют связи с атомом кислорода, а свинец — с серой. Свойство свинца образовывать прочную связь с серой обуславливает его высокую токсичность.

p-Элементы VA группы также входят в состав биомолекул, образуя связи с атомами многих элементов. Для азота характерны связи с карбонилем и водородом через кислород; мышьяк, сурьма, висмут — через кислород и серу. Это определяет малое подобие азота и фосфора, а также отличие

нитрогена и фосфора от других элементов этой группы. Способность As, Sb, Bi к связыванию с сульфуром белков определяет их токсичность и в целом синергизм в живых организмах.

p-Элементы VIA группы, образуют в биомолекулах связи с различными элементами. Однако, сильно электроотрицательный кислород резко отличается по физико-химическим характеристикам от семейства селена, в одно время последние похожи по свойствам и выступают в качестве синергистов.

p-Элементы VIIA группы — бром и хлор обычно находятся в организме в виде гидратированных галогенид-ионов, а F и I — в связанном состоянии. F связывается с металлами в трудно растворимые соли (Ca, Mg, Fe). По величине электроотрицательности и способности к координации с биогенными элементами фтор резко отличается от других галогенов, поэтому почти не принимает участие в замещении ионов хлора, брома, йода. Три последних элемента близки по свойствам и могут замещать один другого в организме. Йод с его низкой электроотрицательностью образует с карбоном ковалентные связи.

d-элементы IB — VIIIВ групп

Электронное строение и свойства этих элементов рассмотрим в порядке, в котором они представлены в периодической системе. IIIВ группа. $_{21}\text{Sc}—3d^14s^2$; $_{30}\text{Y}—4s^15d^2$; $_{57}\text{La}—5d^16s^2$; $_{89}\text{Ac}—6d^17s^2$; Валентность - III; с.о. +3.

IVВ группа. $_{32}\text{Ti}—3d^24s^2$; $_{140}\text{Zr}—4d^25s^2$; $_{172}\text{Hf}—5d^26s^2$; $_{104}\text{Ru}—6d^27s^2$.

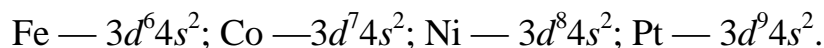
VВ группа. Состав группы V; Nb; Ta; Ns (искусственный). Валентный уровень имеет строение d^3s^2 . Максимальная валентность V, с.о. +5.

VIB группа. Состав Cr, Mo, W. Валентный уровень имеет строение d^4s^2 . Максимальная валентность – VI. Степень окисления +6. Для хрома присуща также с.о. +3.

VIIВ группа. Состав: Mn, Tc, Re. Валентный слой имеет строение d^5s^2 . Максимальная валентность VII, степень окисления +7. Кроме того для Mn характерные степени окисления +2, +3, +4, +6. Как и у других *d-элементов* основные свойства оксидов и гидроксидов с увеличением степени окисления

ослабевают, а кислотные усиливаются. MnO — нерастворимый в воде оксид. $Mn(OH)_2$ — слабое основание.

VIII группа. Разделяется на 2 семейства – семейство ферума (Fe, Co, Ni) и семейство платины (Rn, Os, Rh., Ir, Pd, Pt). Структура валентного слоя атомов:



Для феррума наиболее характерные степени окисления +2 и +3 (с.о. +6 отвечает несуществующая в свободном состоянии феррумная кислота H_2FeO_4). Известны ее соли – ферраты, которые имеют сильные окислительные свойства.

Для кобальта с.о. — +2, +3 ; для никеля — +2, для платины — +2 и +4.

IV группа. Состав Cu, Ag, Au. Конфигурация валентного слоя $d^{10}s^1$.

Для купрума присуща с.о. +2 (возможная +1). Для аргентума +1, для аурума +3 (возможная +1). Радиусы элементов IV группы в 2 раза меньше, чем у элементов IA группы.

IVB группа. Состав: Zn, Cd, Hg. Валентные слои элементов имеют структуру $d^{10}s^2$. Поэтому в своих соединениях эти элементы имеют степень окисления +2. Меркурий в некоторых соединениях образует ион $(Hg_2)^{2+}$. Цинк и его аналоги проявляют большую способность к комплексообразованию. Координационное число цинка – 4, кадмия – 6, ртути – 4 и 6.

Для *d-элементов* более характерна горизонтальная схожесть, чем вертикальная. Ионы Mn^{2+} , Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} имеют подобные физико-химические характеристики: электронную конфигурацию, близкие радиусы ионов, однотипные координационные числа – 4 и 6 (соответственно тетраэдрическое или квадратное и октаэдрическое окружение лигандов). Подобность характеристик этих элементов обуславливает взаимозаменяемость и параллелизм в биологическом действии. В виде соответствующих биоккомплексов (в том числе металлоферментов) все они берут участие в регуляции обмена веществ, выступая катализаторами биосинтеза.

Большинство из них стимулирует кроветворение. Их синергизм в этом процессе связан с участием их ионов на разных этапах синтеза ферментных систем крови. Более того, молекулы – переносчики кислорода для человека и большинства высших животных содержат в своем составе феррум, у червей – купрум, асцидий – ванадий. Ионы никеля, марганца и феррума замещают друг друга в живых организмах, принимая участие в однотипных превращениях.

Биогенная роль элементов.

Водород – один из шести элементов органиогенов. 10 % массы тела человека отвечает водороду. Он является составной частью важных органических и неорганических соединений, которые играют большую биологическую роль в организме человека: белки, нуклеиновые кислоты, витамины, гормоны, ферменты и т.д.

Литий — микроэлемент (10^{-4} %). Соли лития нормализуют водно-электролитный обмен в мозге; имеют антистрессорное действие: активно угнетают патологическую эмоциональную лабильность, агрессивность при психических заболеваниях.

Натрий — макроэлемент (0,25 %). Основной внеклеточный ион. Обеспечивает осмотическое давление; поддерживает кислотно-основное состояние организма; участвует в нервно-мышечной передаче (возникновение биопотенциалов); участвует в водно-солевом обмене; влияет на работу ферментов. При блокировании натриевых каналов на клеточной мембране не происходит деполяризация и не возникает потенциал действия. Кроме того ионы натрия способствуют набуханию коллоидов тканей, что приводит к задержке воды в организме и способствует ее накоплению (формирование отеков).

Калий – макроэлемент (0,22 %). Основной внутриклеточный ион. Обеспечивает осмотическое давление; обеспечивает возникновение биопотенциалов, что связано с процессом нервной и мышечной возбудимости и проводимости; поддерживает кислотно-основное состояние; участвует в водно-

солевом обмене; участвует в синтезе белков, углеводов; влияет на активность ферментов. Повышает содержание ионов калия, снижает сократительную функцию миокарда (брадикардия); снижает содержание ионов калия; увеличивает частоту сердечного ритма (тахикардия).

Кальций – макроэлемент (1,4 %). Суточная потребность 0,8-0,9 г. В организм поступает с молоком, злаками, овощами. Концентрация ионов кальция регулируется гормонами паращитовидной железы. Для усвоения ионов кальция необходим витамин D и соли фосфорной кислоты. Кальций – основной компонент костной и зубной ткани, куда он поступает в виде гидроксиапатита $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ и фторапатита $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$. Ионы кальция участвуют: в передаче нервных импульсов (кальций снижает возбудимость клеток ЦНС); уменьшение его концентрации приводит к увеличению возбудимости (тетания). Регулирует работу сердца, участвует в сворачивании крови, входит в состав ферментов (лецитиназы) и влияет на их активность, влияет на кислотно-основное состояние организма, проявляет противовоспалительное и десенсибилизирующее действие. Ионы кальция – биологические антагонисты ионов натрия, калия, магния.

Магний — макроэлемент (0,04 %). Суточная потребность организма в магнии – 10 мг на 1 кг массы тела человека. Внутриклеточный ион. Большое содержание магния в растениях. Он в качестве комплексообразователя входит в состав хлорофилла. В зависимости от концентрации блокирует или обеспечивает нервно-мышечную передачу; угнетает центр дыхания; угнетает сосудисто-двигательный центр, вследствие чего понижается артериальное давление; компонент и активатор некоторых ферментов; стимулирует перистальтику кишечника и желчевыделения.

Стронций — микроэлемент (10^{-3} %). Концентрируется в костях, частично замещая кальций. Радиоактивный стронций ^{90}Sr , который образуется при ядерных взрывах, вызывает лучевую болезнь, саркому костей и лейкоз крови. Одновременно этот нуклид используется для лечения опухолей костей.

Барий — микроэлемент (10^{-5} %). Концентрируется главным образом в сетчатке глаза, но биологическая роль не установлена. Препарат бария – сульфат бария, используется в качестве рентгеноконтрастного вещества при диагностике заболеваний желудочно-кишечного тракта. Это возможно потому, что вещество нерастворимо ни в воде, ни в кислотах, ни в основаниях и интенсивно задерживает рентгеновские лучи. **Ионы бария очень токсичны!**

Бор — микроэлемент (10^{-5} %). Топография в организме: легкие, щитовидная железа, мозг, печень, почки и т.д. Участвует в углеводно-фосфатном обмене. Соединения бора имеют противовоспалительное и антибактериальное действие. Препараты бора проявляют противоэпилептическое действие. Препараты бора – борная кислота используется как дезинфицирующее средство в офтальмологии, отоларингологии, дерматологии. Тетраборат натрия ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) — антисептическое средство наружного применения.

Алюминий — незаменимый микроэлемент (10^{-5} %). Содержится в крови, легких, почках, печени, костях, входит в состав оболочек нервных клеток головного мозга человека. Участвует в построении эпителиальной и соединительной ткани (опорная роль). Участвует в регенерации костной ткани. Участвует в обмене фосфора.

Карбон — органоген номер один, в организме его содержание составляет 21,5 %. Основа всех органических соединений благодаря уникальной возможности образовывать прочные ковалентные связи между собой, а также с атомами других химических элементов, например, водорода, кислорода, азота, серы, галогенов. Уголь активированный, имея большую поверхность, хорошо адсорбирует газы, алкалоиды, токсины. Назначается при метеоризме, пищевых интоксикациях, отравлениях алкалоидами, солями тяжелых металлов.

Силиций — микроэлемент (10^{-3} %). Содержится в печени, надпочечниках, волосах, кристаллик глаза. Влияет на формирование и функционирование эпителиальной и соединительной ткани; предотвращает проникновение липидов в плазму крови и их отложению на стенках сосудов. В организм

силиций поступает через желудочно-кишечный тракт, а также через легкие в виде оксида силиция (IV). Препараты силиция (карбид силиция, оксид силиция (IV)) применяются в ортопедической стоматологии.

Станнум (Sn) и пюмбум (Pb) — микроэлементы, содержание в организме, соответственно, 10^{-4} % и 10^{-6} %. Биологическая роль не определена. **Соединения станнума и, особенно, пюмбума очень токсичны.**

Нитроген – органоген, содержание в организме 3,1 %. Он является составной частью большинства органических соединений организма: амінокислот, белков, липидов, витаминов, гормонов, ферментов и т.д. Нитроген образует достаточно прочне ковалентне связи с гідрогеном, карбоном. Вместе с сульфуром, оксисеном, фосфором нитроген скрепляет «костяк» из карбоновых цепей, благодаря этому образуются разнообразные органические соединения. Азот – основная часть воздуха. Очень хорошо, как и кислород, растворяется в биологических средах, в частности, в крови. Его присутствие в крови может стать причиной кесонной болезни. Резкое падение давления (например, при быстром подъеме водолаза) может привести к выделению азота (кровь «закипает»). Это может привести к параличу и смерти.

Фосфор — органоген (0,95 %). Суточная потребность организма в фосфоре 1,3 г. Является составной частью белков, нуклеиновых кислот, АТФ и других физиологически активных соединений. Большое количество фосфора содержится в костной и зубной ткани. В них он существует в виде гидроксиапатита $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$ и $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. При недостаточном количестве фосфора и витамина D не усваивается кальций и возникает заболевание рахит. Значение фосфора состоит в том, что углеводы, жирные кислоты и другие вещества для того, чтобы выполнить энергетическую функцию, сначала должны быть фосфорилированы. Фосфор необходим для образования фосфатной буферной системы, которая участвует в поддержании кислотно-основного равновесия. В составе АТФ фосфор образует с кислородом макроэргические связи (обогащенные энергией).

Арсен — микроэлемент (10^{-6} %). В волосах и костях арсен сохраняется долгие годы, что имеет значения для судебно-медицинской экспертизы. Наибольшая его концентрация наблюдается в мозге и мышцах. Концентрируется в эритроцитах и берет участие в синтезе гемоглобина. Берет участие в окислительно-восстановительных процессах. Берет участие в обмене нуклеиновых кислот. В больших дозах соединения арсена – сильные яды.

Кислород — органоген, общее содержание в организме 62,43 %. Берет участие во всех видах обмена. Кислород необходим для наиважнейшего жизненного процесса – дыхания. Все реакции окисления-восстановления в организме происходят в присутствии кислорода. Кислород входит в состав таких биологически важных соединений как белки, аминокислоты, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты, витамины, гормоны и др. Фагоцитарные функции организма зависят от уровня кислорода. Снижение уровня кислорода приводит к снижению защитных функций организма. Кислород необходим для разложения умерших животных и растений (кругооборот веществ в природе). Кислород вместе с оксидом карбона (IV) возбуждает дыхательный и сосудодвигательный центры. Кислород используется для лечения сердечно-сосудистых, инфекционных, опухолевых заболеваний (оксигенотерапия и оксигенобаротерапия).

Озон O_3 — бактерицидное вещество. Озонотерапия проводится при лечении многих заболеваний: сердца и сосудов, почек, органов пищеварения, туберкулеза и т.д. В высоких концентрациях озон токсичен. Озон задерживает вредное для жизни ультрафиолетовое излучение Солнца и поглощает инфракрасное излучение Земли, предупреждает ее охлаждение. Поэтому озоновый пояс Земли имеет большое значение для обеспечения жизни на Земле.

Сульфур — органоген (0,16 %). Суточная потребность организма в сульфуре 4-5 г. Входит в состав аминокислот, белков, ферментов, гормонов, витаминов (витамин B_1 — тиамин), является составной частью

сульфгидрильных групп — SH. Велико содержание серы в волосах, костях, нервной ткани. В организме сера окисляется до серной кислоты, что уничтожает токсические вещества – продукты обмена (фенолы, крезол, скатол, индол).

Селен — микроэлемент. Топография в организме: печень, почки, сердце, гипофиз, костные мышцы. Значительное количество селена содержится в сетчатке глаза. Поэтому он необходим для процесса зрения. Селен необходим для функции половых желез, например, для нормального протекания беременности. Соединения селена токсичны. Но в микродозах применяется в медицине для лечения и предупреждения заболеваний глаза, печени, поджелудочной железы, дистрофий и т.д.

Флуор — микроэлемент (10^{-5} %). Топография в организме: волосы, зубы, кости. Суточная потребность составляет 1-2 мг. Необходим для формирования костной ткани, зубной эмали и дентина. Недостаток фтора вызывает кариес зубов, избыток — флюороз. Норма F^- в питьевой воде 1,5 мг/л. В состав зубной эмали и дентина входит в виде фторапатита $Ca_5(PO_4)_3F$.

Хлор — макроэлемент (10^{-2} %). Он концентрируется во внеклеточной жидкости вместе с ионами натрия. Регулирует осмотическое давление; способствует отложению гликогена в печени; участвует в регуляции водно-солевого обмена; входит в состав ферментных систем, активизирует амилазу слюны. Атомы хлора – сильные окислители и поэтому имеют дезинфицирующие свойства.

Бром — микроэлемент (10^{-4} %). Больше всего брома содержится в почках, щитовидной железе, гипофизе, крови, моче. Усиливает процессы торможения в центральной нервной системе. Участвует в биосинтезе тестостерона и регулирует функцию половых желез.

Иод — микроэлемент (10^{-4} %). Суточная потребность — 0,2 мг. В крови человека концентрация иодид-ионов постоянная (10^{-6} - 10^{-5} %) и называется «иодным зеркалом крови». Основная биологическая функция – участвует в биосинтезе гормона щитовидной железы – тироксина. При недостатке иода в

организме развивается заболевание – эндемический зоб. Кроме того, иод участвует в регуляции водно-солевого обмена, а также положительно влияет на иммуногенез.

Хром — микроэлемент (10^{-5} %). Биологическое действие основано на способности к комплексообразованию. Влияет на кроветворение; составная часть пищеварительного фермента – трипсина; стабилизирует структуру нуклеиновых кислот; соединения хрома проявляют противоопухолевое действие; участвует в обмене глюкозы. Растворимые соединения хрома в повышенных дозах являются ядами.

Молибден — микроэлемент (10^{-5} %). Суточная потребность 0,15-0,3 мг. Топография в организме: печень, почки, железы внутренней секреции. Активатор ферментов; активирует синтез гемоглобина; влияет на иммуногенез. Ферменты, которые содержат молибден, участвуют в метаболизме пуринов и усвоении азота, при этом образуется сечова кислота. При повышенном содержании молибдена развивается эндемическая подагра.

Феррум — микроэлемент (10^{-5} %). Суточная потребность 15-20 мг. Локализуется в эритроцитах, а также в дыхательных ферментах цитохромах. Феррум входит в состав ферментов гемоглобина, цитохромов, каталаз, пероксидаз и др. Феррум активно участвует в окислительно-восстановительных процессах организма, в иммунобиологических реакциях, необходимых для процессов роста и кроветворения. Недостача феррума приводит к развитию анемий.

Кобальт — микроэлемент (10^{-5} %). Суточная потребность 0,05-0,1 мг. Топография в организме: печень, почки, поджелудочная железа. Влияет на все виды обмена веществ. Влияет на функции размножения и роста. Увеличивает содержание эритроцитов и гемоглобина (гемопоэтические свойства). Микродозы (1-5 мг) кобальта снижают уровень сахара в крови. Положительно влияет на усвоение кальция и фосфора. Положительно влияет на иммуногенез. Кобальт входит в состав витамина В₁₂ (цианокобаламина), стимулирует

эритропоэз. Избыток кобальта снижает иммунобиологическую реактивность организма.

Купрум — микроэлемент (10^{-4} %). Жизненно необходимый микроэлемент. Суточная потребность 2-3 мг. Биотик, недостаток которого ведет к значительным нарушениям в организме. Усиливает действие инсулина и гормонов гипофиза. Положительно влияет на рост и развитие организма, потому что способствует синтезу белка. Влияет на синтез гемоглобина и образование эритроцитов. Обладает гипогликемическим действием. Влияет на водный и минеральный обмен. Активатор ферментов.

Аргентум — микроэлемент (10^{-6} %). Топография в организме: печень, почки, кости, железы внутренней секреции. Биогенная роль не установлена. Сильный ферментный яд. Ионы аргентума имеют антисептическое, противовоспалительное и бактерицидное действие. Как лекарственные препараты применяют нитрат аргентума (AgNO_3) (ляпис), коллоидные препараты — протаргол, коларгол.

Цинк — микроэлемент (10^{-3} %). Суточная потребность – 10-15 мг. Топография в организме: сетчатая оболочка глаза, предстательная железа, сперма, молочные железы, печень, мышцы. Влияет на процессы размножения, то есть репродуктивную функцию; участвует в обмене нуклеопротеидов, поэтому положительно влияет на рост и размножение; улучшает картину крови при лучевой терапии опухолей; является составной частью ферментов инсулина, карбоангидразы, карбоксипептидазы и др.; влияет на обмен кальция и фосфора; повышает иммуногенез. В больших концентрациях соединения цинка токсичны.

Кадмий — микроэлемент (10^{-4} %). Концентрируется в почках и печени. Биогенная роль изучена недостаточно. Антагонист цинка. В отличие от цинка кадмий – ингибитор ферментов, потому что имеет большое сродство к тиоловым (-SH) группировкам. Кадмий токсичный и имеет кумулятивные свойства.

Меркурий — микроэлемент (10^{-6} %). Концентрируется в почках и печени. Биогенная роль до конца не установлена. Влияет на фагоцитоз, кроветворение. Соединения ртути — ингибиторы ферментов, токсичны. В медицине препараты ртути применяются в качестве антисептических, противопаразитарных и слабительных препаратов.

- перечень практических навыков, которыми необходимо овладеть:

знать биогенную роль важнейших *s*- и *p*-элементов: H, Li, Na, K, Ca, Mg, Sr, Ba, B, Al, C, Si, Pb, Sn, N, P, As, O, S, Se, F, Cl, Br, I. Знать биогенную роль важнейших *d*-элементов: Cr, Mo, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Hg.

8. Ситуационные задачи для определения конечного уровня знаний:

Задание 1.

1. *p*-элементом является:

- | | |
|------------|------------|
| A. Натрий | C. Фосфор |
| B. Кальций | D. Манган. |

2. Электроотрицательность *s*- и *p*-элементов в группах:

- | | |
|------------------|------------------------------------|
| A. Уменьшается | C. Не изменяется |
| B. Увеличивается | D. Такого свойства атомы не имеют. |

3. Кальций необходим организму для:

- A. Построения нуклеиновых кислот
- B. Построения скелета и зубов
- C. Лечения гипертонии
- D. Лечения атеросклероза

Эталонные ответы: 1 — C, 2 — A, 3 — B, 4 — D

Задание 2.

1. К *d*-элементам относится:

- | | |
|------------|------------|
| A. Натрий | C. Фосфор |
| B. Кальций | D. Манган. |

2. Электроотрицательность в периоде:
- А. Уменьшается С. Не изменяется
В. Увеличивается D. Такого свойства атомы не имеют.

3. Гидрокарбонат натрия применяют для :
- А. Лечения кожных заболеваний
В. Снятие судорог
С. Коррекции кислотно-основного состояния (ацидоза)
D. Лечения рахіта.

Эталоны відповідей: 1 — D, 2 — B, 3 — C, 4 – A

Завдання 3.

1. Содержание химических элементов в организме отвечает следующей закономерности:
- А. Чем меньше порядковый номер, тем больше содержание
В. Чем больше порядковый номер, тем больше содержание
С. Положение в периодической системе не имеет значения
D. Порядковый номер не определяет содержание.
2. Потенциалы ионизации в группах *s*- и *p*- элементов сверху вниз:
- А. Увеличиваются С. Уменьшаются
В. Не изменяются D. Нет ответа
3. Состояние зубов зависит от количества флуора, который поступает в организм. Какова гигиеническая норма флуора в 1 л питьевой воды?
- А. 6 мг С. 9 мг
В. 3,0 мг D. 1,5 мг

Эталоны ответов: 1 — А, 2 — С, 3 — D, 4 – В

9. Рекомендации к оформлению результатов работы:

Запись в рабочей тетради общей характеристики *s*-элементов I и II группы, общей характеристики *p*-элементов III – VII групп, общей характеристики *d*-элементов IIIВ – VIIIВ групп: а) электронное строения

внешнего слоя, характерные валентности и степени окисления, примеры соединений.

Запись в рабочую тетрадь уравнений реакций, которые характеризуют окислительно-восстановительные свойства и кислотно-основные свойства элементов.

Оформление лабораторной работы: запись уравнения реакций и описание лабораторного опыта, выводы.

10. Литература: а) основная:

1. В. Г. Хухрянський, А. Я. Циганенко, Н.В.Павленко. Хімія біогенних елементів.— Київ: Вища школа, 1984, 173 с.
2. Конспект лекцій.
3. К. Н. Зеленін, В.В.Алексеев. Загальна і біоорганічна хімія.— Санкт-Петербург: Елбі-спб, 2003, 711 с.
4. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів по курсу «Медицина хімія», модуль 1 «Кислотно-основна рівновага і комплексоутворення в біологічних рідинах», тема «Біогенні *s*-, *p*-, *d*-елементи. Біологічна роль, застосування в медицині».

б) вспомогательная:

1. Сырoвая А.О., Шапарева Л.П., Грабовецкая Е.Р., Шаповал Л.Г. Биогенные элементы: медицинские аспекты. – Харьков, АП «Апостроф». – 2012. – 152 с.
2. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека. – М.: Медицина. – 1996. – 192 с.
3. Жаворонкова А.А., Михалева А.М., Кактурский Л.В., Кудрин А.В. Общая патология гипомикроэлементов // Архив патологии. – 1997. – Т. 59. – № 2. – С. 8-11.
4. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Изд. Дом «Оникс 21 век»: Мир. – 2004. – 216 с.

5. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биэлементы в медицине. – М.: ОНИКС 21 век. – Изд-во «Мир». – 2004. – 272 с.

6. Смоляр В.И. Гипо- и гипермикроэлементозы. – Киев: Здоровья.–1989.– 152с.

Учебное издание

Химия биогенных элементов

**Методические указания для самостоятельной работы студентов I курса
по дисциплине «Медицинская химия»**

Составители:

Сыровая Анна Олеговна

Наконечная Светлана Анатольевна

Шаповал Людмила Григорьевна

Петюнина Валентина Николаевна

Грабовецкая Евгения Романовна

Макаров Владимир Александрович

Андреева Светлана Викторовна

Лукьянова Лариса Владимировна

Козуб Светлана Николаевна

Тишакова Татьяна Станиславовна

Левашова Ольга Леонидовна

Савельева Елена Валерьевна

Копотева Наталия Васильевна

Чаленко Наталия Николаевна

Ответственный за выпуск: Наконечная С.А.

Ризография.

Усл. печ. стр., тираж 100 экз.

ФЛП Томенко Ю.И.

г. Харьков, пл. Руднева, 4