

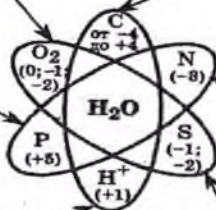
ЭЛЕМЕНТЫ-ОРГАНОГЕНЫ

Роль в организме (степени их окисления) Роль в организме

Молекула O_2 – окислитель,
О-содержащие соединения:
кислоты, лиганды

Р-содержащие соединения:
компоненты скелета,
нуклеиновых кислот,
макроэргических соединений (АТФ)

H^+ Протон
Носитель кислотных свойств,
комплексобразователь



С – скелетообразователь
органических соединений,
и окислитель, и восстановитель

Н-содержащие соединения:
основания, лиганды, нуклеофилы, кислоты

С-содержащие соединения:
восстановители, окислители,
лиганды

Глава 7. S – ЭЛЕМЕНТЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

Элементы IА и IIА групп

§ 1. Общий обзор роли s – элементов

К S-блоку относятся элементы I A и II A групп ПС. Это щелочные и щелочно-земельные металлы и водород. Все элементы I A группы очень сходны по свойствам, что объясняется однотипным строением не только валентной электронной оболочки, но и предвнешней (за исключением лития). С ростом радиуса атома в группе Li-Na-K-Rb-Cs-Fr ослабевает связь валентного электрона с ядром. Соответственно, в этом ряду энергия ионизации атомов щелочных металлов уменьшается. Имея на валентных оболочках один электрон, расположенный на большом расстоянии от ядра, атомы щелочных металлов легко отдают электрон. Это обуславливает низкую энергию ионизации. В результате ионизации образуются катионы E^+ , имеющие устойчивую электронную конфигурацию атомов благородных газов. Все щелочные металлы имеют отрицательные стандартные окислительно-восстановительные потенциалы. Это их характеризует как очень сильные восстановители.

Среди 14 s-элементов четыре относятся к «металлам жизни». Это два элемента главной подгруппы I группы: натрий Na и калий K и два элемента главной подгруппы II группы: магний Mg и кальций Ca.

Кальций является самым распространенным элементом-металлом. затем в порядке убывания следуют калий, натрий и магний. s-«Металлы жизни» относятся к макроэлементам, в отличие от d-«металлов жизни», являющихся микроэлементами.

Натрий, калий, магний и кальций — типичные металлы; их атомы легко отдают электроны, находящиеся на внешнем слое, и превращаются в положительно заряженные ионы: Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} . В водной среде организма эти ионы находятся в гидратированном состоянии ($Me^+ \cdot nH_2O$ и $Me^{2+} \cdot nH_2O$).

§2. Химические свойства щелочных металлов

Химические свойства щелочных металлов подтверждают их высокую активность и сильные восстановительные свойства.

1. Окрашивание пламени :Li – красное, Na – желтое, K – фиолетовое (качественные реакции)

2. Взаимодействие с кислородом.

$4\text{Li} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Li}_2\text{O}$ – литий образует оксид, остальные щелочные металлы образуют пероксиды и надпероксиды.

$2\text{Na} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{O}_2$ – пероксид натрия

$\text{K} + \text{O}_2 \rightarrow \text{KO}_2$ – надпероксид калия; (RbO_2 , CsO_2).

Пероксиды и надпероксиды щелочных металлов сильные окислители. Пероксид натрия и надпероксид калия применяют в замкнутых объектах (подводных лодках и космических кораблях) для поглощения углекислого газа и регенерации кислорода.

$2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$

$4\text{KO}_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{O}_2$

3. С галогенами

$2\text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl}$ - хлорид натрия

4. С серой

$2\text{Na} + \text{S} \rightarrow \text{Na}_2\text{S}$ - сульфид натрия (другие щелочные металлы не реагируют)

5. С водородом

$2\text{Na} + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{NaH}$ - гидрид натрия

6. С азотом

$6\text{Li} + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{Li}_3\text{N}$ – нитрид лития

7. С водой

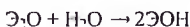
$2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2$

$2\text{Li} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{LiOH} + \text{H}_2$

$2\text{K} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KOH} + \text{H}_2$

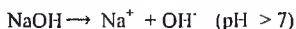
Интенсивность взаимодействия щелочных металлов значительно увеличивается в ряду от Li до Cs

Гидроксиды образуются и при взаимодействии с водой оксидов щелочных металлов:



Щелочи относительно легкоплавки и хорошо растворимы в воде (исключение - гидроксид лития). Твердые щелочи и их концентрированные растворы (едкий калий и едкий натр) действуют на живые ткани, вызывают ожоги, разъедают кожные покровы. Поэтому работа с ними требует защитных мер предосторожности. Гидроксид натрия – NaOH (едкий натр).

гидроксид лития – LiOH, гидроксид калия – KOH, . носит название едкое кали. Гидроксиды щелочных металлов сильные электролиты, создают в растворах за счет полной диссоциации сильно щелочную реакцию среды (Гидроксид + фенолфталеин → малиновая окраска):



§3. Биологическая роль щелочных металлов

Сходство электронного строения ионов щелочных металлов и физико-химических свойств их соединений определяет и близость их действия на биологические процессы. Различия же в электронной структуре обуславливают их разную биологическую роль. На этой основе можно прогнозировать поведение щелочных металлов живых организмах.

По содержанию в организме человека натрий (0,08%) и калий (0,23%) относятся к макроэлементам, остальные – литий ($10^{-4}\%$), рубидий ($10^{-5}\%$) и цезий ($10^{-4}\%$) – микроэлементы. Щелочные металлы в виде различных соединений входят в состав тканей животных и человека. Натрий и калий – жизненно необходимые элементы, постоянно содержатся в организме, участвуют в обмене веществ. Литий, рубидий, цезий – также постоянно содержатся в организме, однако физиологическая и биохимическая роль их мало выяснена. Их можно отнести к примесным микроэлементам. В организме человека щелочные металлы находятся в виде катиона Э^+ . Натрий и литий накапливаются во внеклеточной жидкости: калий рубидий и цезий – во внутриклеточной. Близость натрия и лития обуславливает их взаимозамещаемость в организме. В связи с этим при избыточном введении ионов натрия и лития в организм, они способны эквивалентно замещать друг друга. На этом основано введение хлорида натрия при отравлении солями лития.

Рубидий, цезий близки к калию, поэтому в живых организмах ведут себя сходным образом. При отравлении солями рубидия в организм вводят соли калия. Натрий и калий – антагонисты. Антагонизм (хим.) – явление уменьшения или снижения активности какого-либо вещества в присутствии другого. При увеличении количества натрия в организме усиливается выведение калия почками, т.е. наступает гипокалиемия. Теперь рассмотрим в отдельности каждый элемент.

Литий - микроэлемент, содержание в организме человека около 70 мг. Соединения лития у высших животных концентрируются в печени, почках, селезенке, легких, крови, молоке. Максимальное количество лития найдено в мышцах человека. Биологическая роль лития как микроэлемента пока до конца не выяснена.

Натрий – из общего содержания в организме человека 44% натрия находится во внеклеточной жидкости, 9% - внутриклеточной. Остальное количество натрия находится в костной ткани, являющейся местом депонирования иона натрия в организме.

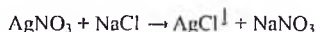
Около 40% натрия, содержащегося в костной ткани, участвует в обменных процессах и благодаря этому скелет является либо донором, либо акцептором ионов натрия, что способствует поддержанию постоянства концентрации ионов натрия во внеклеточной жидкости. Натрий – основной внеклеточный ион. В организме человека находится натрий в виде его растворимых солей, главным образом: хлорид натрия – NaCl, ортофосфат натрия – Na_2PO_4 , гидрокарбонат натрия – NaHCO_3 . Натрий распределен по всему организму: в сыворотке кро-

ви, спинномозговой жидкости, пищеварительных соках, желчи, почках, коже, костной ткани, легких, мозге.

Ионы натрия играют важную роль:

- в обеспечении осмотического гомеостаза
- в обеспечении кислотно-основного равновесия организма
- в регулировании водного обмена
- в работе ферментов
- в передаче нервных импульсов
- в работе мышечных клеток

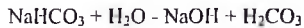
В организм натрия поступает в виде поваренной соли – NaCl. Хлорид натрия – основной источник соляной кислоты для желудочного сока. Ежедневная потребность организма в натрия – 1 г. Непрерывное избыточное потребление хлорида натрия способствует появлению гипертонии. Около 90% потребляемого натрия выводится с мочой, остальное с потом и калом. Изотонический раствор (0.9% NaCl) для инъекций вводят подкожно, внутривенно, в клизмах при обезвоживании организма, при интоксикациях, а также для промывания ран, глаз, слизистой оболочки носа, а также для растворения различных лекарственных препаратов. Гипертонический раствор (3 – 5 – 10% NaCl) применяют наружно в виде компрессов и примочек при лечении гнойных ран. Применение таких компрессов способствует по законам осмоса отделению гноя из ран и плазмолизу бактерий (антимикробное действие). 2 – 5% раствор хлорида натрия назначают внутрь для промывания желудка при отравлении нитратом серебра (AgNO₃), который при этом превращается в малорастворимый и нетоксичный серебря хлорид:



Натрий гидрокарбонат, сода двууглекислая, сода питьевая – NaHCO₃ используют при различных заболеваниях, сопровождающихся повышенной кислотностью – ацидозом (диабет и др.). А также и при повышенной кислотности желудочного сока, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки. При приеме NaHCO₃ протекает реакция нейтрализации избыточной соляной кислоты:

$$\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$$

Следует иметь в виду, что применение NaHCO₃ вызывает ряд побочных эффектов. Выделяющийся при реакции углерод диоксид раздражает рецепторы слизистой оболочки желудка и вызывает вторичное усиление секреции, кроме того, он может способствовать перфорации стенки желудка при язвенной болезни. Слишком большая доза NaHCO₃ в результате гидролиза приводит к алкалозу, что не менее вредно, чем ацидоз. Растворы гидрокарбоната натрия применяют в виде полосканий, промываний при воспалительных заболеваниях глаз, слизистых оболочек верхних дыхательных путей. В результате гидролиза, протекающего в очень незначительной степени, водный раствор NaHCO₃ проявляет слабощелочные свойства:



При воздействии щелочей на микробные клетки происходит осаждение клеточных белков и вследствие этого - гибель микроорганизмов.

Натрий сульфат (глауберова соль) $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ применяют в качестве слабительного средства. Натрий тетраборат $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ применяют наружно как антисептическое средство для полосканий, спринцеваний, смазываний. Радиоактивный изотоп ^{24}Na в качестве метки применяют для определения скорости кровотока, кроме того, он используется для лечения некоторых форм лейкомии.

Калий. Является основным внутриклеточным катионом. Из общего количества калия, содержащегося в организме, 98% находится внутри клеток и лишь около 2% - во внеклеточной жидкости. Калий распространен по всему организму. Его топография: печень, почки, сердце, костная ткань, мышцы, кровь, мозг и т.д.

Ионы калия играют важную роль в физиологических процессах:

- при сокращении мышц
- в нормальном функционировании сердца
- при проведении нервных импульсов
- в обменных реакциях
- активации ферментов

Калий в большинстве случаев является антагонистом натрия.

Взрослый человек обычно потребляет с пищей 2-3 г калия в сутки. При калиевом истощении применяют хлорид калия 4-5 раз в день по 1 г.

Рубидий и цезий. Являясь полным аналогом калия, рубидий также накапливается во внутриклеточной жидкости и может в различных процессах замещать эквивалентное количество калия. Синергизм (хим.) - одновременное комбинированное воздействие двух (или более) факторов, характеризующихся тем, что такое совместное действие значительно превосходит эффект каждого отдельно взятого компонента. Синергист калия - рубидий активирует многие те же самые ферменты, что и калий. Радиоактивные изотопы ^{137}Cs и ^{87}Rb используют в радиотерапии злокачественных опухолей, а также при изучении метаболизма калия. Благодаря быстрому распаду их можно даже вводить в организм, не опасаясь длительного вредного воздействия.

Франций. Это радиоактивный химический элемент, полученный искусственным путем. Имеются данные, что франций способен избирательно накапливаться в опухолях на самых ранних стадиях их развития. Эти наблюдения могут оказаться полезными при диагностике онкологических заболеваний.

Биологическая роль ионов металлов в существенной степени зависит от их размеров. Размер же гидратированных ионов определяется степенью их гидратации, т. е. числом молекул воды, составляющих гидратную оболочку. Так, ион Na^+ гидратируется в значительно

большей степени, чем ион калия K^+ . Это обусловлено тем, что негидратированный ион натрия имеет меньший радиус, чем негидратированный ион калия, и поэтому создает вокруг себя большую напряженность электрического поля и сильнее притягивает диполи воды. В результате размер гидратированного иона натрия оказывается больше, чем гидратированного иона калия (табл. 28).

Таблица 28

Радиусы ионов натрия и калия

Ионы	Na^+	K^+
Радиус негидратированного иона (в ангстремах)	0,96	1,33
Радиус гидратированного иона (в ангстремах)	2,76	2,32

Это является одной из причин того, что ионы натрия концентрируются во внеклеточной жидкости, а ионы калия — внутри клеток.

Биологические функции ионов s-металлов в живых организмах многообразны. Они входят в состав буферных систем организма, активизируют различные ферменты, образуют комплексы с АТФ, участвуют в поддержании осмотического давления, в передаче нервных импульсов. Соли кальция являются основой костной системы организма.

Изменяя концентрации ионов s-металлов в организме (в частности, с помощью содержащих их лекарственных препаратов), можно регулировать ритм сердечной деятельности, скорость выведения воды почками, уровень свертываемости крови, темп роста костной системы и т. д.

§4. Натрий $_{11}Na$

Содержание и формы существования в живых организмах

Биологическая роль. В организме взрослого человека содержится около 100 г натрия. Для восполнения естественной убыли натрия из организма человек ежедневно должен потреблять с пищей 6-8 г $NaCl$.

В организме натрий находится в виде ионов.

Натрий является основным внеклеточным ионом. Катионы натрия распределены по всему организму. Они содержатся в плазме крови, лимфе, спинномозговой жидкости, мозге, легких, почках, желчи, коже, пищеварительных соках, в любой межтканевой жидкости.

Биологическая роль натрия в организме многообразна.

Ионы натрия, как и ионы калия, участвуют в передаче нервных импульсов через мембраны нервных клеток и поддерживают нормальную возбудимость мышечных клеток, оказывают влияние на деятельность ЦНС. При изменении содержания ионов натрия в организме происходят нарушения функций нервной, сердечно-сосудистой систем, гладких и скелетных мышц. Избыток ионов натрия в клетках коры головного мозга вызывает угнетение деятельности ЦНС, т. е. депрессию.

Ионы натрия Na^+ влияют на работу ферментов.

Как известно, в организме может происходить взаимообмен ионами и замещение одних ионов другими, близкими по физико-химическим свойствам. Так, ионы натрия могут быть замещены ионами лития Li^+ . Это используется в медицинской практике для лечения психических заболеваний.

В живых организмах многие биохимические процессы протекают при условии различного качественного и количественного состава внутриклеточной и внеклеточной сред. Так, концентрация ионов Na^+ внутри клетки в 14 раз меньше, чем во внеклеточной среде, а концентрация ионов калия K^+ в 32 раза больше во внутриклеточной среде, чем вне ее. Для всех тканей организма характерны определенные соотношения концентраций ионов Na^+ и K^+ .

Для поддержания в норме соотношения концентраций ионы калия K^+ должны постоянно двигаться из внешней среды, где их концентрация ниже, внутрь клетки, где концентрация ионов K^+ выше. Ионы натрия Na^+ из клетки, в которой их концентрация меньше, движутся во внеклеточную среду с большей концентрацией ионов Na^+ . Этот процесс не может протекать самопроизвольно. Он осуществляется с помощью натрий-калиевого насоса (рис. 43).

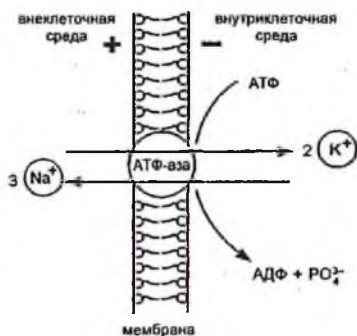
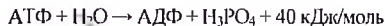


Рис. 43. Схема действия Na^+ , K^+ — АТФ — азы и возникновение разности потенциалов на клеточных мембранах

Натрий-кальцевый насос представляет собой фермент, находящийся в мембране клетки. Этот фермент, называемый натрий-кальций зависящая АТФ-аза, гидролизует АТФ с высвобождением большого количества энергии:



Выделяемая энергия необходима для работы натрий-кальцевого насоса, обеспечивающего перенос ионов через полупроницаемую клеточную мембрану против градиента концентраций и поддерживающего этот градиент. За счет энергии гидролиза одной молекулы АТФ из клетки выводятся три иона натрия (3Na^+), в клетку поступают два иона кальция (2Ca^{++}).

Дисбаланс электрических зарядов служит причиной возникновения разности потенциалов на мембране. При этом внутренняя сторона мембраны заряжается отрицательно, внешняя — положительно.

Ионы натрия Na^+ играют важную роль в водно-электролитном балансе внутренней среды организма. Задерживая воду, ионы Na^+ обуславливают способность биологических тканей к набуханию. От выведения или удержания ионов Na^+ в организме зависит регуляция объема внеклеточной жидкости и плазмы крови. Дегидратация возникает в связи с уменьшением содержания катионов натрия.

Ионам натрия принадлежит особая роль в поддержании физиологических величин осмотического давления биологических жидкостей. Например, осмотическое давление крови человека в норме в среднем равно 7,7 атм и определяется суммарной концентрацией всех веществ, растворенных в плазме.

Применение натрия и его соединений в медицине.

Натрий и многие его соединения применяются в медицине.

Радиоактивный изотоп ^{24}Na используется для радиологического лечения некоторых форм лейкомии и в диагностических целях. Например, при помощи меченого натрия-24 изучается скорость кровотока.

В медицине применяют изотонические растворы, осмотическое давление которых равно осмотическому давлению крови и лимфы. Попадая в организм человека, изотонические растворы не нарушают нормального функционирования клеток и тканей. Такие растворы называют **физиологическими**. К ним относят, например, 0,9%-ный раствор хлорида натрия NaCl ; 5% раствор глюкозы. Их вводят пациентам внутривенно или подкожно.

Хлорид натрия NaCl в виде изотонического 0,9% раствора назначается при обезвоживании организма, больших кровопотерях, шоке. Наружно — для промывания слизистых оболочек глаз, носа.

• Гипертонические растворы NaCl (3—5—10%) применяют наружно в виде компрессов и примочек для лечения гнойных ран.

Для промывания желудка при отравлениях нитратом серебра (I) AgNO_3 назначают внутрь 2—5% растворы NaCl. Ионы серебра Ag^+ связываются с хлорид-ионами Cl^- ($\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$) и выводятся из организма в виде малорастворимого и нетоксичного хлорида серебра.

Хлорид натрия входит в состав кровозамещающей жидкости Петрова, а растворы NaCl применяются для растворения различных лекарственных препаратов.

Гидрокарбонат натрия (питьевая сода) NaHCO_3 нейтрализует соляную кислоту желудочного сока, повышает щелочные резервы крови и снижает явления ацидоза (повышенная кислотность). Внутрь сода назначается при гиперацидном гастрите, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки. Наружно — для промывания и полосканий слизистых оболочек глаз, зева, ротовой полости, а также для ингаляций, нейтрализации кислоты, попавшей на слизистые оболочки и кожные покровы.

Применение питьевой соды NaHCO_3 в качестве антисептика основано на том, что в результате ее гидролиза ($\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NaOH} + \text{H}_2\text{CO}_3$) образуется NaOH, который действует на микробные клетки. Происходит осаждение клеточных белков и гибель микробов.

Питьевая сода применяется в производстве искусственных минеральных вод.

Глауберова соль $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — слабительное средство, оказывает противоотечное, желчегонное и мочегонное действие. Назначается при отравлениях лекарствами, растворимыми солями бария и свинца, пищевыми продуктами.

Фторид натрия NaF — компонент лечебно-профилактических зубных паст.

Нитрит натрия NaNO_2 — сосудорасширяющее средство. Назначается при хронической коронарной недостаточности, для профилактики и лечения стенокардии.

Гипохлорит натрия NaClO — дезинфицирующее средство (для очистки воды).

Тиосульфат натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ — противоядие при отравлениях соединениями ртути, мышьяка и др., противовоспалительное средство.

Тетраборат натрия (бура) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — антисептическое средство для полосканий, смазываний. Антисептическое действие аналогично действию NaHCO_3 :



Гидроксид натрия NaOH — в виде 10% раствора входит в состав сплимина, применяемого в ортопедической практике для отливки моделей протезов.

Оксобутират натрия (оксикбат) $\text{CH}_3(\text{OH})-(\text{CH}_2)_2\text{COONa}$ — синтетический аналог естественного метаболита мозга γ -аминомасляной кислоты, угнетает ЦНС: в малых дозах оказывает успокаивающее действие, в больших — вызывает сон. Способствует повышению устойчивости мозга, сетчатки, сердца, печени, почек к кислородному голоданию, уменьшает влечение к алкоголю.

Токсичность натрия и его соединений

Металлический натрий и его гидроксид (едкий натр) NaOH при попадании на кожу и слизистые оболочки вызывает ожоги, труднозаживающие раны. Токсичны соли NaNO_2 , NaNO_3 , NaCN и др.

§5. Калий K

Содержание и формы существования в живых организмах. Биологическая роль

В организме человека калий находится в виде ионов. Ионы калия, так же, как и ионы натрия, распределены по всему организму: в печени, почках, сердце, мозге, крови, в мышцах, костной ткани и т. д. Но в отличие от ионов натрия, ионы калия являются **внутриклеточными** ионами — 98% от общего количества калия находится внутри клеток, 2% — во внеклеточной жидкости.

В организме взрослого человека содержится около 250 г ионов калия. В сутки с пищей потребляется 2—3 г ионов калия. Много калия в овощах и фруктах: картофеле, капусте, салате, помидорах, моркови, абрикосах, персиках, бананах, ананасах, апельсинах и др.

Недостаток калия в пище может привести к дистрофии даже при нормальном потреблении белков. При калиевой дистрофии (истощении) назначают по 1 г хлорида калия (KCl) в день.

Ионы калия играют важную роль в физиологических процессах — сокращении мышц, нормальном функционировании сердца, проведении нервных импульсов (вместе с ионами натрия), влияют на деятельность ЦНС и на углеводный обмен. Ионы калия K^+ являются активаторами ферментов, находящихся внутри клеток. Ионы калия совместно с ионами натрия и водорода H^+ регулируют кислотно-основное равновесие в организме. Ионы калия оказывают влияние на поддержание в норме осмотического давления в клетках. Усвоение белка сопровождается повышенным потреблением калия клетками.

Вследствие высокой проницаемости клеточной мембраны для ионов K^+ в клетках и в плазме крови могут происходить изменения концентрации ионов калия. Даже небольшие изменения нарушают нормальную жизнедеятельность организма и ведут к потере возбудимости мышечной и нервной ткани. В здоровом организме существует определенное соотношение концентраций ионов K^+ и Na^+ , благодаря чему поддерживается нормальный ритм мышечной работы, например, мышц сердца. Ионы калия вместе с ионами натрия образуют систему, обеспечивающую изотоничность клеток и окружающей среды, а также нормальное течение биоэлектрических явлений, связанных с процессами нервной и мышечной возбудимости и проводимости. От концентрации этих ионов зависят чувствительность нервов и сократительная способность мышц. Повышение концентрации ионов K^+ в организме приводит к понижению возбу-

димости и проводимости, большие дозы его угнетают автоматизм и сократительную функцию миокарда.

Избыток ионов K^+ в клетках коры головного мозга возбуждает ЦНС, вызывая психические расстройства. Потеря ионов калия клетками вызывает шок (при тяжелых ожогах). Введение ионов калия способствует расслаблению сердечной мышцы между сокращениями сердца.

Ионы калия (и натрия) могут быть замещены однозарядными ионами Li^+ , Rb^+ , Cs^+ , NH_4^+ , Tl^+ , что может быть использовано в медицинской практике.

Применение калия и некоторых его солей

Радиоактивный изотоп ^{42}K применяют при диагностике опухолей головного мозга и молочной железы, для метки эритроцитов, при изучении проницаемости клеточных мембран.

Вместе с изотопом ^{24}Na изотоп калия ^{42}K используют для одновременного количественного определения обменяемого калия и натрия в организме.

Находят применение в медицине и некоторые соединения калия.

Хлорид калия KCl применяют при мышечной калиевой дистрофии, нарушении сердечного ритма, для восстановления уровня калия в организме, при тяжелых гипоксемиях, после операций.

Йодид калия KI используют при заболеваниях дыхательных путей, бронхиальной астме, зобе, катаракте, глаукоме. Вместе с бромидом калия KBr — для регуляции деятельности ЦНС.

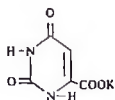
Перхлорат калия $KClO_4$ применяется при легких формах заболевания щитовидной железы, так как уменьшает накопление йода в ней.

Перманганат калия $KMnO_4$ — антисептическое средство.

Карбонат калия K_2CO_3 — составная часть пилюль Блю (K_2CO_3 используется для превращения сульфата железа $FeSO_4$ в карбонат $FeCO_3$ по реакции $FeSO_4 + K_2CO_3 \rightarrow FeCO_3 + K_2SO_4$).

Ацетат калия CH_3COOK назначают при сердечных и почечных отеках в качестве мочегонного средства.

Гидротартрат калия (виннокаменная соль) $KHC_4H_4O_6$ используется как легкое слабительное средство.



Оротат калия

применяется при заболеваниях сердца, печени и в случаях, связанных с нарушением белкового обмена.

Токсичность калия и его соединений

Калий и гидроксид калия (едкое кали) вызывает ожоги кожи, слизистых оболочек глаз, носа.

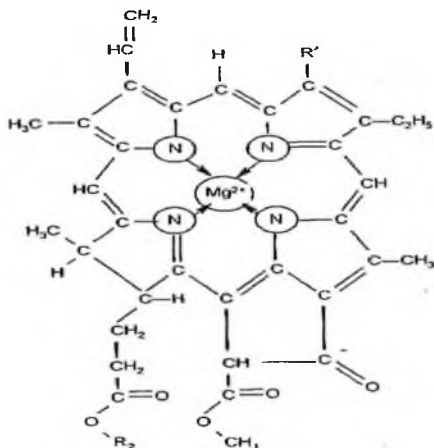
Цианид калия KCN — сильный яд. Смертельная доза для человека — 120 мг, вызывает удушье вследствие паралича тканевого дыхания. Токсичны также нитрит и нитрат калия (KNO_2 и KNO_3 соответственно).

§6. Магний $_{12}\text{Mg}$

Содержание и формы существования в живых организмах. Биологическая роль

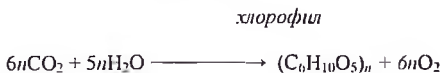
Магний — важный биоэлемент, входящий в состав животных и растительных организмов. Зеленый пигмент растений — хлорофилл — содержит приблизительно 2,7% магния. Ионы магния Mg^{2+} в молекуле хлорофилла выступают в качестве комплексообразователя (рис.6)

Рис. 6. Строение молекулы хлорофилла



R, — CH₃ или OH, R₂ — гидрофобная цепь

С помощью хлорофилла протекает важнейший природный процесс — фотосинтез, сущность которого в том, что под действием солнечной энергии и хлорофилла из неорганических веществ (углекислого газа и воды) образуются органические соединения (глюкоза, крахмал, клетчатка и т. д.) и кислород. Схематично реакцию фотосинтеза можно представить так:



(используя свет)

Ежегодно благодаря хлорофиллу в процессе фотосинтеза усваивается примерно 200 млрд т углекислоты. В результате образуется 100 млрд т органических соединений и 145 млрд т свободного кислорода.

Магний необходим не только растениям. Около 30 г магния содержится в организме человека. Ежедневная потребность человека в магнии составляет 0,3—0,5 г. Магний содержится в овощах и фруктах: картофеле, цветной капусте, помидорах, абрикосах, персиках и др.

Магний находится во внутриклеточном веществе органов и тканей. Магний входит в состав дентина, эмали зубов, он обнаруживается в почках, мозге, печени, сердце, поджелудочной железе. Магний вместе с кальцием необходим для построения костей скелета.

В биологических жидкостях и тканях организма магний находится в виде свободных ионов Mg^{2+} , акваионов, комплексов с белками, нуклеотидами, фосфолипидами.

Биологическая роль магния в организме человека велика. Ионы магния участвуют в передаче нервного импульса, сокращении мышц, влияют на синтез белка и на углеводно-фосфорный обмен.

Большое влияние ионы магния оказывают на состояние сердечно-сосудистой системы. Недостаток магния приводит к развитию инфаркта миокарда. При раздражении и переутомлении человека концентрация ионов Mg^{2+} в крови становится ниже нормы, что также ведет к заболеванию сердечно-сосудистой системы.

Ионы Mg^{2+} снижают артериальное давление, так как угнетают дыхательный и сосудодвигательный центры. Поэтому больным гипертонической болезнью вводят внутривенно магнезию — водный раствор кристаллогидрата сульфата магния $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, который снижает артериальное давление.

Катионы магния Mg^{2+} выводят из организма холестерин, стимулируют перистальтику кишечника, усиливают секрецию желчи.

Ионы магния входят в состав многих ферментативных систем, являясь их неизменным компонентом и активатором. К числу этих ферментов относятся аденозинтрифосфатаза и др.,

которые осуществляют синтез и распад АТФ, перенос фосфатных групп от молекул АТФ к субстратам.

Применение соединений магния в медицине

Магнезия, или горькая соль $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — слабительное, желчегонное, спазмолитическое средство. Применяется при гипертонической болезни и судорогах различного происхождения.

Жженая магнезия MgO — антацидное средство, назначается при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, гиперацидном гастрите, отравлении кислотами. Используется в стоматологии как компонент пломбировочных материалов (цинк-фосфатных цементах).

Белая магнезия $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{MgCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — слабительное, антацидное средство. Назначается при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, при гиперацидном гастрите.

Тальк $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — адсорбирующее (высушивающее) средство. Применяется наружно для присыпок, входит в состав основ для приготовления пилуль и таблеток.

§7. Кальций $_{20}\text{Ca}$

Содержание и формы существования в живых организмах.

Биологическая роль.

Кальций — один из пяти (O, C, H, N, Ca) наиболее распространенных элементов в организме человека. Он находится в каждой клетке тела человека. 99% кальция сосредоточены в костной ткани. 1% — в мягких тканях. Содержание ионов кальция в организме взрослого человека составляет 1050 г. Ежедневная потребность в кальции 0,9—1,0 г. Кальций поступает в организм с молоком, творогом, фруктами, злаками. Концентрация ионов Ca^{2+} в организме регулируется гормонами паращитовидных желез.

На процессы всасывания и усвоения кальция оказывает влияние витамин Д (кальциферол). При его недостатке всасывание кальция уменьшается.

Ионы кальция содержатся в организме в свободном виде и в виде комплексов с белками и АК (отличие от ионов, Na^+ и K^+). Ионы кальция играют важную роль во многих жизненных процессах. Они участвуют в регулировании ритма сердца, сокращении мышц, передаче нервных импульсов, в процессе свертывания крови. Ионы кальция обладают противовоспалительными и противоаллергическими свойствами, они стимулируют защитные силы организма, регулируют проницаемость клеточных мембран. Кальций снижает возбудимость ЦНС, поэтому уменьшение его концентрации в организме сопровождается возбуждением нервной системы.

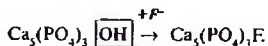
Во всех тканях организма содержится особый белок — кальмодулин, который способен связывать ионы Ca^{2+} . После связывания Ca^{2+} кальмодулин приобретает способность активировать многие ферменты.

Ионы кальция влияют на кислотно-основное равновесие в организме, функцию эндокринных желез, особенно паращитовидных.

Кальций — главный компонент костной ткани и зубов, где он находится в виде солей: гидроксиапатита кальция $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ и карбоната кальция CaCO_3 . От количественного содержания кальция в скелете зависят его твердость, рост и минерализация костей. Костную ткань можно считать кальциевым буфером организма, так как она поддерживает концентрацию ионов Ca^{2+} в биологических жидкостях на определенном уровне. Нарушение процессов обмена кальция с участием костной ткани приводит к отложению кальциевых солей в различных органах. С этим связаны образование «каменей», глаукомы, катаракты, изменения в кровеносных сосудах и т. д. При понижении концентрации ионов Ca^{2+} в плазме крови они начинают вымываться кровью из костной ткани, что приводит к размягчению и искривлению костей скелета. Недостаток ионов кальция в плазме крови вызывает судороги мышц.

Костная ткань представляет собой минеральное депо, потому что содержит в небольших концентрациях катионы почти всех металлов, находящихся в организме. Ионы Ca^{2+} могут замещаться катионами Co^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Be^{2+} и другими катионами, близкими по размерам к размеру иона Ca^{2+} , что влечет за собой патологические изменения в костях. Особенно опасны ионы Sr^{2+} , которые извлечь из костей практически невозможно. Появление в биосфере изотопа стронция-90 (^{90}Sr) вследствие повышения радиационного фона приводит к оседанию этого изотопа в костях. Являясь радиоактивным, он облучает костный мозг и проявляет канцерогенную активность.

В костной ткани могут содержаться дополнительные анионы, например фторид-ионы. Причем фторид-ионы могут замещать гидроксогруппу в гидроксиде



Минеральный компонент фторапатита $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, входящий в состав зубной эмали, обладает большой твердостью и пониженной растворимостью.

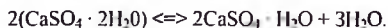
Применение кальция и его соединений в медицине.

^{45}Ca — радиоактивный изотоп кальция-45 применяется для изучения скорости образования вещества костей, а также влияния на этот процесс витамина Д и гормонов паращитовидных желез. С помощью изотопа ^{45}Ca установлено, что в организме происходит непрерывный обмен ионов кальция.

Мел осажденный CaCO_3 оказывает антацидное и адсорбирующее действие, входит в состав зубных порошков и присыпок.

Гексагидрат хлорида кальция $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ вводится внутривенно для повышения свертываемости крови, оказывает противовоспалительное, противоаллергическое и успокаивающее действие, уменьшает проницаемость сосудов. Применяется при отравлениях солями магния и некоторыми другими веществами.

Жженный гипс $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ образуется из природного гипса по реакции



Он применяется в травматологии для изготовления гипсовых повязок при переломах костей, в стоматологии — для получения слепков челюстей, отдельных зубов, в целом полости рта при дефектах прикуса и протезировании.

При замешивании его с водой идет обратная реакция образуется нерастворимый $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$:



В результате происходит быстрое затвердение с некоторым увеличением объема, что используется для фиксации при переломах костей и получения хороших слепков в стоматологии.

Оксид кальция CaO используется в стоматологии для получения силикатного цемента.

Гашеная известь Ca(OH)_2 — дезинфицирующее средство, является пломбирочным материалом в стоматологии.

Хлорная (белильная) известь — смесь хлорида (CaCl_2) и гипохлорита кальция (Ca(ClO)_2), состав которой часто выражают формулой CaOCl_2 — применяется для отбеливания и дезинфекции тканей, а также для обеззараживания сточных вод.

Органические соединения кальция — глюконат, глицерофосфат, пангамат и др. — общеукрепляющие средства.

В настоящее время как средства профилактики остеопороза широко применяются различные препараты, содержащие CaCO_3 (природного происхождения) и витамин Д, например

«Vitrum calcium», кальцид — общеукрепляющее средство, источник кальция и витаминов С, Д, В₁, В₂, В₁₂, РР, А,

§8. Барий (*Barium*) $_{56}\text{Ba}$

Содержание бария в организме человека невелико (порядка 10^{-5} % от массы тела), он относится к примесным микроэлементам. Концентрируется барий преимущественно в сетчатке глаза.

Биологическая роль его пока не выяснена.

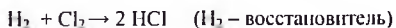
Соли бария являются токсичными. Механизм токсического действия заключается в том, что ионы Ba^{2+} , имея одинаковый радиус с ионами калия K^{+} , конкурируют с ними в биохимических процессах. В результате возникает гипокалиемия (недостаток калия).

Однако одна из солей бария — его сульфат BaSO_4 — не обладает токсичностью, поскольку она нерастворима не только в воде, но и в соляной кислоте, содержащейся в желудочном соке. Эту соль, которая хорошо поглощает рентгеновские лучи, используют для рентгеновской диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта. Заполняя пищевод, а затем желудок и кишечник, баритовая каша (смесь BaSO_4 с водой), непрозрачная для рентгеновских лучей, «проявляет» контуры органов пищеварения, что позволяет ставить диагноз их заболеваний.

§9. Водород и его соединения (1H)

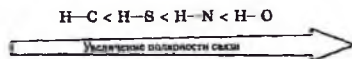
Атом водорода по сравнению с атомами других элементов имеет простейшую структуру: он состоит из одного протона, образующего атомное ядро, и одного электрона, расположенного на 1s-орбитали. Уникальность атома водорода заключается в том, что его единственный валентный электрон находится непосредственно в поле действия ядра атома, поскольку он не экранируется другими электронами. Это обеспечивает ему специфические свойства. Он может в химических реакциях отдавать свой электрон, образуя катион H^+ (подобно атомам щелочных металлов), или присоединять электрон от партнера с образованием аниона H^- (подобно атомам галогенов). Поэтому водород в периодической системе помещают чаще в IA группу, иногда в VIIA группе, но встречаются варианты таблиц, где водород не принадлежит ни к одной из групп периодической таблицы.

Молекула водорода двухатомна – H_2 . Водород – самый легкий из всех газов. Вследствие неполярности и большой прочности молекулы H_2 ($E_{св} = 436$ кДж/моль) при нормальных условиях водород активно взаимодействует только со фтором, а при освещении также с хлором и бромом. При нагревании реагирует со многими неметаллами, хлором, бромом, кислородом, серой, проявляя восстановительные свойства, а вступая во взаимодействие со щелочными и щелочноземельными металлами, является окислителем и образует гидриды этих металлов:



Среди всех органоидов у водорода наименьшая относительная электроотрицательность ($OЭО = 2,1$), поэтому в природных соединениях водород всегда проявляет степень окисления +1. С позиции химической термодинамики водород в живых системах, содержащих воду, не может образовывать ни молекулярный водород (H_2), ни гидрид-ион (H^-). Молекулярный водород при обычных условиях химически малоактивен и при этом сильно летуч, из-за чего он не может удерживаться организмом и участвовать в обмене веществ. Гидрид-ион химически чрезвычайно активен и сразу взаимодействует даже с очень малым количеством воды с образованием молекулярного водорода. Поэтому водород в организме находится или в виде соединений с другими органоидами, или в виде катиона H^+ .

Водород с элементами-органогенами образует только ковалентные связи. По степени полярности эти связи располагаются в следующий ряд:



Этот ряд очень важен для химии природных соединений, так как полярность этих связей и их поляризуемость определяют кислотные свойства соединений, т. е. диссоциацию с образованием протона.

Любое органическое вещество наряду с атомами углерода содержит атомы водорода. Поэтому элемент водород, как и углерод, — обязательный компонент всех органических соединений организма.

Атомы водорода вместе с атомами кислорода образуют важнейшее неорганическое вещество организма — воду H_2O , на долю которой приходится около 60% массы тела. В обмене веществ принимают участие и другие неорганические соединения водорода: пероксид водорода H_2O_2 , угольная кислота H_2CO_3 , аммиак NH_3 , сложные ионы OH^- , HCO_3^- , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- и др.

И в органических и в указанных выше неорганических соединениях атомы водорода ковалентно связаны с атомами других элементов.

В процессах метаболизма участвует и атомный водород, образующийся, например, в результате дегидрирования тех или иных органических веществ.

Важную биологическую роль играют также гидратированные ионы водорода H^+ (т. е. ионы гидроксония H_3O^+). Особенно велика их концентрация в желудочном соке, содержащем соляную кислоту (уравнение ее электролитической диссоциации:

