

**Министерство сельского хозяйства РФ
Новozyбковский сельскохозяйственный техникум- филиал
ФГБОУ ВО
«Брянский государственный аграрный университет»**

Естествознание часть 2

Учебное пособие

Брянск, 2015

УДК 5(07)
ББК 2
Е 86

Естествознание часть 2: учебное пособие / Сост.
Т.П. Хеззиева - Брянск: Издательство Брянского ГАУ,
2015. – 328 с.

Курс лекций составлен в соответствии с рабочей программой по дисциплине Естествознание. Помимо теоретического материала в нем содержатся вопросы для повторения и список литературы для подготовки к занятиям.

Печатается по решению методического совета Новозыбковского филиала Брянского ГАУ.

© Хеззиева Т.П., 2015
© ФГБОУ ВО
«Брянский государственный
аграрный университет»
Новозыбковский филиал, 2015

Оглавление

Введение	5
Тема 1: Вода вокруг нас. Физические и химические свойства воды	6
Тема 2: Массовая доля вещества в растворе как способ выражения.....	19
состава раствора.....	19
Тема 3: Водные ресурсы Земли. Загрязнение воды и способы очистки	29
Тема 4: Жесткая вода и её умягчение. Опреснение воды .	33
Тема 5: Химический состав воздуха. Атмосфера и климат. Озоновые дыры	40
Тема 6: Загрязнение атмосферы и его источники.....	61
Тема 7: Кислотные дожди. Кислоты и щелочи	66
Тема 8: Показатель кислотности растворов рН	78
Тема 9: Химические элементы в организме человека.....	82
Тема 10: Органические полимеры белки и их роль в организме	90
Тема 11: Органические молекулы углеводы и их роль в организме	96
Тема 13: Минеральные вещества в продуктах питания, пищевые добавки.	114
Тема 14: Многообразие живого мира	129
Тема 15: Клетка- единица строения и жизнедеятельности организма	139
Тема 16: Молекула ДНК – носитель наследственной информации	144

Тема 17: Ткани, органы и системы органов человека	149
Тема 18: Питание	160
Тема 19: Дыхание.....	168
Тема 20: Болезни органов дыхания и их профилактика..	176
Тема 21: Движение.....	185
Тема 22: Причины нарушения осанки и развития плоскостопия	202
Тема 23: Внутренняя среда организма: кровь, тканевая жидкость. Лимфа.....	213
Тема 24: Бактерии и вирусы как причины инфекционных заболеваний	222
Тема 25: Индивидуальное развитие организма.....	275
Тема 26: Влияние наркотических веществ на развитие и здоровье человека	284
Тема 27: Беременность и роды	289
Тема 28: Понятие биогеоценоза, экосистемы и биосферы	300
Тема 29: Воздействие экологических факторов на организм человека и влияние деятельности человека на окружающую среду.....	314
Литература.....	327

Введение

Вы продолжаете изучение дисциплины «Естествознание», задача которой – изучение общих свойств живого, законов его существования и развития. Отражая живую природу и человека как ее часть, биология приобретает все большее значение в научно-техническом прогрессе, становясь производительной силой. Биология создает новую технологию – биологическую, которая должна стать основой нового индустриального общества. Биологические знания должны способствовать формированию биологического мышления и экологической культуры у каждого члена общества, без чего дальнейшее развитие человеческой цивилизации невозможно.

Цель создания данного учебного пособия – в полном объеме воспроизвести соответствующий учебный курс для студентов, обучающихся по специальности 35.02.08 Электрификация и автоматизация сельского хозяйства и для всех интересующихся.

Тема 1: Вода вокруг нас. Физические и химические свойства воды

Вопросы

1. Распространение воды на планете Земля.
2. Физические свойства воды.
3. Химические свойства воды.

Вопрос 1. Распространение воды на планете Земля

В воде принадлежит огромная роль в природе. В самом деле, ведь именно море явилось первой ареной жизни на Земле. Растворенные в морской воде аммиак и углеводы в контакте с некоторыми минералами при достаточно высоком давлении и воздействии мощных электрических разрядов могли обеспечить образование белковых веществ, на основе которых в дальнейшем возникли простейшие организмы. По мнению К.Э. Циолковского, водная среда способствовала предохранению хрупких и несовершенных вначале организмов от механического повреждения. Суша и атмосфера стали впоследствии второй ареной жизни.

Можно сказать, что все живое состоит из воды и органических веществ. Без воды человек, например, мог бы прожить не более 2...3 дней, без питательных же веществ он может жить несколько недель. Для обеспечения нормального существования человек должен вводить в организм воды примерно в 2 раза больше по весу, чем питательных веществ. Потеря организмом человека более 10% воды может привести к смерти. В среднем в организме растений и животных содержится более 50% воды, в теле медузы ее до 96, в водорослях 95...99, в спорах и семенах от 7 до 15%. В почве находится не менее 20% воды, в организме же человека вода составляет около 65% (в теле новорожденного до 75, у взрослого 60%). Разные части человеческого организма содержат неодинаковое количество воды: стекловидное тело глаза состоит из воды на 99%, в крови ее содержится 83, в жировой ткани 29, в скелете 22 и даже в зубной эмали 0,2%.

В первичной водной оболочке земного шара воды было гораздо меньше, чем теперь (не более 10% от общего количества во-

ды в водоемах и реках в настоящее время). Дополнительное количество воды появилось впоследствии в результате освобождения воды, входящей в состав земных недр. По расчетам специалистов, в составе мантии Земли воды содержится в 10...12 раз больше, чем в Мировом океане. При средней глубине в 4 км Мировой океан покрывает около 71% поверхности планеты и содержит 97,6% известных нам мировых запасов свободной воды. Реки и озера содержат 0,3% мировых запасов свободной воды.

Большими хранилищами влаги являются и ледники, в них сосредоточено до 2,1% мировых запасов воды. Если бы все ледники растаяли, то уровень воды на Земле поднялся бы на 64 м и около 1/8 поверхности суши было бы затоплено водой. В эпоху оледенения Европы, Канады и Сибири толщина ледяного покрова в горных местностях достигала 2 км. В настоящее время вследствие потепления климата Земли постепенно отступают границы ледников. Это обуславливает медленное повышение уровня воды в океанах.

Около 86% водяного пара поступает в атмосферу за счет испарения с поверхности морей и океанов и только 14% за счет испарения с поверхности суши. В итоге в атмосфере концентрируется 0,0005% общего запаса свободной воды. Количество водяного пара в составе приземного воздуха изменчиво. При особо благоприятных условиях испарения с подстилающей поверхности оно может достигать 2%. Несмотря на это, кинетическая энергия движения воды в морях составляет не более 2% от кинетической энергии воздушных течений. Происходит это потому, что более трети солнечного тепла, поглощаемого Землей, тратится на испарение и переходит в атмосферу. Кроме того, значительное количество энергии поступает в атмосферу за счет поглощения проходящего через нее солнечного излучения и отражения этого излучения от земной поверхности. Прошедшая же через водную поверхность лучистая энергия Солнца и небесного свода уменьшается в интенсивности наполовину уже в верхнем полуметре воды вследствие сильного поглощения в инфракрасной части спектра.

Очень большое значение в жизни природы имеет то обстоятельство, что наибольшая плотность у воды наблюдается при температуре 4°C. При охлаждении пресных водоемов зимой

по мере понижения температуры поверхностных слоев более плотные массы воды опускаются вниз, а на их место поднимаются снизу теплые и менее плотные. Так происходит до тех пор, пока вода в глубинных слоях не достигнет температуры 4°C. При этом конвекция прекращается, так как внизу будет находиться более тяжелая вода. Дальнейшее охлаждение воды происходит только с поверхности, чем и объясняется образование льда в поверхностном слое водоемов. Благодаря этому подо льдом не прекращается жизнь.

Вертикальное перемешивание морской воды осуществляется за счет действия ветра, приливов и изменения плотности по высоте. Ветровое перемешивание воды происходит в направлении сверху вниз, приливное – снизу вверх. Плотностное перемешивание возникает за счет охлаждения поверхностных вод. Ветровое и приливное перемешивания распространяются на глубину до 50 м, на больших глубинах может сказываться действие только плотностного перемешивания.

Интенсивность перемешивания придонных и поверхностных вод способствует их освежению, обогащению кислородом и питательными веществами, необходимыми для развития жизни. Растворенный в воде воздух всегда более богат кислородом, чем воздух атмосферный. Имеющийся в воде кислород оказывает благотворное влияние на развитие в ней жизненных процессов. За счет повышенного количества кислорода в растворенном воздухе погруженные в воду металлы усиленно подвергаются разрушению (коррозии).

При замерзании чистая вода расширяется почти на 10%, у морского льда изменение объема происходит на меньшую величину. Поскольку вода при замерзании расширяется, увеличение внешнего давления понижает температуру ее замерзания; температура плавления льда, наоборот, повышается с давлением. В лабораторных условиях при давлении более 40 тыс. атмосфер можно получить лед, который будет плавиться при температуре 175°C. Теплоемкость и теплота плавления льда уменьшаются с температурой, теплопроводность же почти не зависит от температуры. Когда толщина льда на поверхности водоема достигает 15см, он становится надежным теплоизолятором между водой и воздухом.

Морская вода замерзает при температуре $-1,91^{\circ}\text{C}$. При дальнейшем понижении температуры до $-8,2^{\circ}\text{C}$ начинается осаждение сернокислого натрия, и только при температуре -23°C из раствора выпадает хлористый натрий. Так как часть рассола при кристаллизации уходит из льда, соленость его меньше солености морской воды. Многолетний морской лед настолько опресняется, что из него можно получать питьевую воду. Температура максимальной плотности морской воды ниже температуры замерзания. Это является причиной довольно интенсивной конвекции, охватывающей значительную толщу морской воды и затрудняющей замерзание. Теплоемкость морской воды стоит на третьем месте после теплоемкости водорода и жидкого аммиака.

Иногда вода замерзает при положительной температуре. Такое явление наблюдается в трубопроводах и почвенных капиллярах. В трубопроводах вода может замерзнуть при температуре $+20^{\circ}\text{C}$. Объясняется это присутствием в воде метана. Поскольку молекулы метана занимают примерно в 2 раза больший объем, чем молекулы воды, они «расталкивают» молекулы воды, увеличивают расстояние между ними, что приводит к понижению внутреннего давления и повышению температуры замерзания. В почвенной влаге аналогичную роль выполняют молекулы белка. За счет влияния белковых молекул температура замерзания воды в почвенных капиллярах может возрасти до $+4,4^{\circ}\text{C}$.

Снежинки, как правило, бывают в виде шести- и двенадцати лучевых звездочек, шестиугольных пластинок, шестигранных призм. При понижении температуры воздуха уменьшаются размеры образующихся кристаллов и возрастает разнообразие их форм. Особенности роста кристаллов в воздухе связаны с наличием в нем водяного пара.

Все знают, что сода в море соленая. Это зависит от концентрации растворенных в ней солей, но не всем известно, что в разных морях и океанах соленость воды неодинакова. Средняя соленость вод океана составляет 35%; соленость морской воды может изменяться от нуля вблизи мест впадения крупных рек до 40% в тропических морях. Вода для питья должна содержать

менее 0,05% растворенных солей. Растения погибают при наличии в поливной воде в виде примеси более 0,25% солей.

Существующие в природе жидкости можно разделить на нормальные и ассоциированные. Нормальными называются те жидкости, у которых молекулы не объединяются в группы (ассоциации). Жидкости, не подчиняющиеся этому условию, называются ассоциированными. Вода принадлежит к числу ассоциированных жидкостей. Если бы вода была неассоциированной жидкостью, температура плавления льда в нормальных условиях была бы +1,43°C, а температура кипения воды 103°C. Как правило, теплоемкость жидкостей с температурой растет, но у воды с приближением к температуре +35°C теплоемкость после роста спадает до минимума, а затем снова переходит к монотонному росту. Происходит это из-за того, что при такой температуре разрушаются молекулярные ассоциации. Чем проще молекулярная структура, тем меньше теплоемкость вещества. Температура наибольшей плотности воды понижается с увеличением давления и при давлении 150 атмосфер достигает 0,7°C. Это также объясняется изменением структуры молекулярных ассоциаций.

Среди существующих в природе жидкостей вода обладает наибольшей теплоемкостью. Это предопределяет большое ее влияние на климат. Основным терморегулятором климата являются воды океанов и морей: накапливая тепло летом, они отдают его зимой. Отсутствие водоемов на местности обычно приводит к образованию резко континентального климата. Благодаря влиянию океанов на значительной части земного шара обеспечивается перевес осадков на суше над испарением, и организмы растений и животных получают нужное им для жизни количество воды. Водная и воздушная оболочки земного шара постоянно обмениваются углекислотой с горными породами, растительным и животным миром, что также способствует стабилизации климата.

Известно, что молекулы, находящиеся на поверхности жидкости, имеют избыток потенциальной энергии и поэтому стремятся втянуться внутрь так, что при этом на поверхности остается минимальное количество молекул. За счет этого вдоль поверхности жидкости всегда действует сила, стремящаяся со-

кратить поверхность. Это явление в физике получило название поверхностного натяжения жидкости.

Среди существующих в природе жидкостей поверхностное натяжение воды уступает только ртути. С поверхностным натяжением воды связано ее сильное смачивающее действие (способность «прилипать» к поверхности многих твердых тел). Кроме того, вода является универсальным растворителем. Теплота ее испарения выше теплоты испарения любых других жидкостей, а теплота кристаллизации уступает лишь аммиаку.

В природе существует шесть изотопов кислорода. Три из них радиоактивны. Стабильными изотопами являются O^{16} , O^{17} и O^{18} . При испарении в водяной пар в основном переходит изотоп O^{16} , неиспарившаяся же вода обогащается изотопами O^{17} и O^{18} . В водах морей и океанов отношение O^{18} к O^{16} больше, чем в водах рек. В раковинах животных тяжелые изотопы кислорода встречаются чаще, чем в воде. Содержание изотопа O^{18} в атмосферном воздухе зависит от температуры. Чем выше температура воздуха, тем больше воды испаряется и тем большее количество O^{18} переходит в атмосферу. В период оледенений планеты содержание изотопа O^{18} в атмосфере было минимальным.

Как известно, молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода. В составе обычной воды H_2O имеется небольшое количество тяжелой воды D_2O и совсем незначительное количество сверхтяжелой воды T_2O . В молекулу тяжелой воды вместо обыкновенного водорода H – протия входит его тяжелый изотоп D – дейтерий, в состав молекулы сверхтяжелой воды входит еще более тяжелый изотоп водорода T – тритий. В природной воде на 1 000 молекул H_2O приходится две молекулы D_2O и на одну молекулу T_2O – 10^{19} молекул H_2O .

Тяжелая вода D_2O бесцветна, не имеет ни запаха, ни вкуса и живыми организмами не усваивается. Температура ее замерзания $3,8^\circ C$, температура кипения $101,42^\circ C$ и температура наибольшей плотности $11,6^\circ C$. По гигроскопичности тяжелая вода близка к серной кислоте. Ее плотность на 10% больше плотности природной воды, а вязкость превышает вязкость природной воды на 20%. Растворимость солей в тяжелой воде примерно на 10% меньше, чем в обычной воде. Поскольку D_2O ис-

паряется медленнее легкой воды, в тропических морях и озерах ее больше, чем в водоемах полярных широт.

Комбинируя различные сочетания изотопов водорода и стабильных изотопов кислорода, можно получить следующие разновидности молекул воды: H_2O^{16} , H_2O^{17} , H_2O^{18} , HDO^{16} , HDO^{17} , HDO^{18} , D_2O^{16} , D_2O^{17} , D_2O^{18} , T_2O^{16} , T_2O^{17} , T_2O^{18} , THO^{16} , THO^{17} , THO^{18} , TDO^{16} , TDO^{17} , TDO^{18} . Если же использовать и нестабильные изотопы кислорода O^{14} , O^{15} и O^{19} , то всего можно получить 36 разновидностей воды. В природе чаще встречаются молекулы воды, построенные из наиболее распространенных изотопов. Молекул H_2O^{16} в природной воде содержится 99,73%, молекул H_2O^{18} ...0,2% и молекул H_2O^{17} ...0,04%.

Рассмотрим некоторые наиболее важные оптические свойства воды и льда. Не все знают, что вода прозрачна только для видимых лучей и сильно поглощает инфракрасную радиацию. Поэтому на инфракрасных фотографиях водная поверхность всегда получается черной. При прохождении света через слой морской воды толщиной в 0,5 м поглощаются только инфракрасные лучи, ниже поглощаются последовательно красные, желтые, а затем и сине-зеленые тона. По наблюдениям из батискафа человеческий глаз может обнаружить присутствие солнечного света на глубине до 600...700 м. Эталонном прозрачности воды является Саргассово море. Белый диск в этом море виден на глубине до 66,5 м. Дальность видимости снизу вверх в приповерхностном слое моря составляет около 100 м.

Не весь солнечный свет поглощается водой. Вода отражает 5% солнечных лучей, в то время как снег – около 85%. Под лед океана проникает только 2% солнечного света.

Синий цвет чистой океанской воды объясняется избирательным поглощением и рассеянием света в воде. В условиях диффузного освещения морской поверхности вследствие преобладания при этом отраженного света море выглядит более серым. При наличии ряби и волнения насыщенность цвета увеличивается (с подветренной стороны более, чем с наветренной).

Существенную роль в жизни растений играют оптические свойства водяного пара. Дело в том, что водяной пар сильно поглощает инфракрасные лучи с длиной волны от 5,5 до 7 микрон, что важно для предохранения почвы от заморозков. Еще более

действенным средством от заморозков является выпадение росы и образование тумана: конденсация влаги сопровождается выделением большого количества тепла, задерживающего дальнейшее охлаждение почвы.

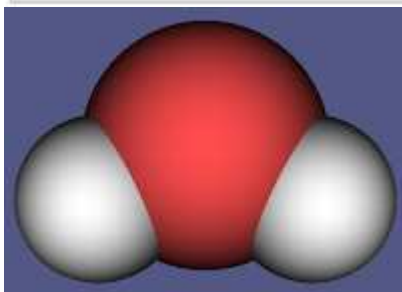
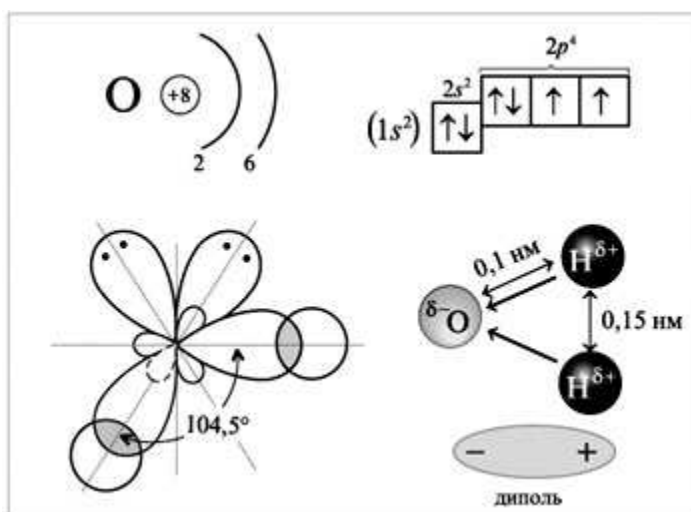
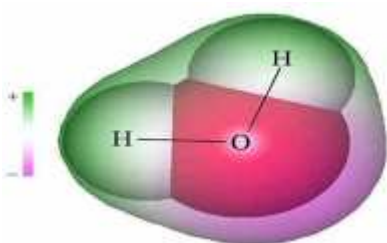
Зная физические свойства воды и льда, человек давно использует их в своей практической деятельности. Так, например, иногда применяется прокладка голых электрических проводов прямо по льду, так как электропроводность сухого льда и снега весьма мала. Она во много раз меньше электропроводности воды. Различные примеси оказывают значительное влияние на электропроводность воды и почти не изменяют электропроводности льда. Электропроводность химически чистой воды обусловлена частичной диссоциацией молекулы воды на ионы H^+ и OH^- . Основное значение для электропроводности и воды и льда имеют перемещения ионов H^+ («протонные перескоки»). Электропроводность химически чистой воды при $18^\circ C$ равна $3,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ а электропроводность морской воды около $5 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Электропроводность пресной природной воды может быть 1 000 раз меньше, чем морской. Это объясняется тем, что в воде морей и океанов растворено большее количество солей, чем в речной воде.

Существенную характеристику электрических свойств вещества дает относительная диэлектрическая проницаемость. У воды она имеет величину в пределах 79...81, у льда 3,26, у водяного пара 1,00705.

Без воды не было бы на Земле ни жизни, ни производства.

Вопрос 2. Физические свойства воды

Молекула воды состоит из атома кислорода и двух атомов водорода, присоединившихся к нему под углом $104,5^\circ$.



Угол $104,5^\circ$ между связями в молекуле воды обуславливает рыхлость льда и жидкой воды и как следствие аномальную зависимость плотности от температуры. Именно поэтому крупные

водоемы не промерзают до дна, что делает возможным существование в них жизни.

ВОДА, ЛЁД И ПАР, соответственно жидкое, твердое и газообразное состояния химического соединения молекулярной формулы H_2O .

Благодаря сильному притяжению между молекулами у воды высокие температуры плавления ($0C$) и кипения ($100C$). Толстый слой воды имеет голубой цвет, что обуславливается не только ее физическими свойствами, но и присутствием взвешенных частиц примесей. Вода горных рек зеленоватая из-за содержащихся в ней взвешенных частиц карбоната кальция. Чистая вода – плохой проводник электричества. Плотность воды максимальна при $4C$ она равна 1 г/см^3 . Лёд имеет меньшую плотность, чем жидкая вода и всплывает на её поверхность, что очень важно для обитателей водоёмов зимой.

Вода обладает исключительно большой теплоёмкостью, поэтому она медленно нагревается и медленно остывает. Благодаря этому водные бассейны регулируют температуру на нашей планете.

Под свойствами воды понимают совокупность биохимических, органолептических, физико-химических, физических, химических и других свойств воды. Многие свойства воды аномальны, это вызвано особенностями строения молекулы воды. Молекула воды обладает угловым строением, ядра которого образуют равнобедренный треугольник. В основании этого треугольника находятся два протона, а вершиной является ядро атома кислорода.

Вода (H_2O) – это окись водорода, она является наиболее важным и распространенным веществом, в природе не существует чистой воды, в ней обязательно содержатся какие-либо примеси, чистая вода не имеет вкуса и запаха, прозрачна, ее получают в процессе перегонки, после этого она называется дистиллированной.

При переходе воды из твердого состояния в жидкое ее плотность не уменьшается, а возрастает, также плотность воды увеличивается при ее нагреве от 0 до $+4^{\circ}C$, максимальную плотность вода имеет при $+4^{\circ}C$, и только при последующем ее нагревании плотность уменьшается.

При +4°C градусах плотность воды превышает плотность льда, благодаря чему охлаждаясь сверху вода опускается на дно лишь до тех пор, пока ее температура не достигнет +4°C, вследствие чего лед остается на поверхности водоемов, что делает возможным жизнь под слоем льда водной флоры и фауны.

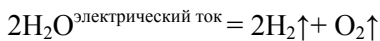
Данные свойства воды связаны с существующими в ней водородными связями, связывающими между собой молекулы, как в жидком, так и в твердом состоянии.

Еще одним свойством воды является то, что она обладает высокой теплоемкостью (4,1868 кДж/кг), это объясняет, почему в ночное время и при переходе от лета к зиме вода остывает медленно, а днем или во время перехода от зимы к лету также медленно нагревается. Благодаря этому свойству вода является регулятором температуры на Земле.

Вопрос 3. Химические свойства воды

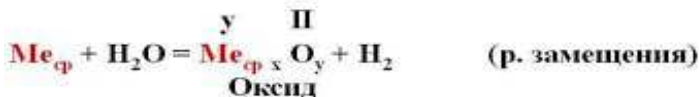
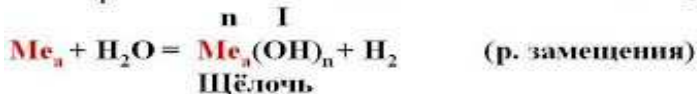
Вода — весьма реакционно-способное вещество. При обычных условиях она взаимодействует со многими основными и кислотными оксидами, а также со щелочными и щелочно-земельными металлами. Вода образует многочисленные соединения - кристаллогидраты.

Под действием электрического тока вода разлагается на водород и кислород:

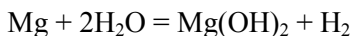


1. Реагирует с металлами в ряду активности до H_2

(Me_a — это металлы I "А"; II "А" групп, искл. Be
 Me_{cp} — это металлы средней активности до H_2 .)



Магний с горячей водой реагирует с образованием нерастворимого основания:



Бериллий с водой образует амфотерный оксид: $\text{Be} + \text{H}_2\text{O} = \text{BeO} + \text{H}_2$

1. Активные металлы - это:

Li, Na, K, Rb, Cs, Fr – 1 группа «А»

Ca, Sr, Ba, Ra – 2 группа «А»

2. Ряд активности металлов



3. Щёлочь – это растворимое в воде основание, сложное вещество в состав которого входит активный металл и гидроксильная группа OH (I).

4. Металлы средней активности в ряду напряжений стоят от Mg до Pb (алюминий на особом положении)

Помните!

Алюминий реагирует с водой подобно активным металлам, образуя основание:



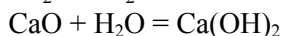
2. Реагирует с оксидами неметаллов (неMe_x O_y)



3. Реагирует с оксидами активных металлов ($Me_{ax}O_y$)

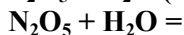
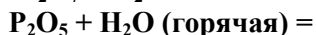
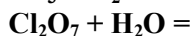
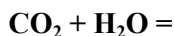


Помните! С водой реагируют только оксиды активных металлов. Оксиды металлов средней активности и металлов, стоящих после водорода в ряду активности в воде не растворяются, например, $CuO + H_2O =$ реакция не возможна.



Вопросы для повторения

1. Сколько в природе существует изотопов кислорода?
2. Объясните, почему толстый слой воды имеет голубой цвет?
3. Объясните, физические свойства воды.
4. Под действием электрического тока на какие элементы разлагается вода?
5. Перечислите активные металлы 1 и 2 группы.
6. Напишите уравнение реакции взаимодействия алюминия с водой.
7. Запишите уравнения реакций взаимодействия:



Тема 2: Массовая доля вещества в растворе как способ выражения состава раствора

Вопросы

1. Понятие концентрации.
2. Способы выражения концентрации растворов.

Вопрос 1. Понятие концентрации

Растворы, однофазные системы, состоящие из двух или более компонентов. По своему агрегатному состоянию растворы могут быть твердыми, жидкими или газообразными. Так, воздух – это газообразный раствор, гомогенная смесь газов; водка – жидкий раствор, смесь нескольких веществ, образующих одну жидкую фазу; морская вода – жидкий раствор, смесь твердого (соль) и жидкого (вода) веществ, образующих одну жидкую фазу; латунь – твердый раствор, смесь двух твердых веществ (меди и цинка), образующих одну твердую фазу. Смесь бензина и воды не является раствором, поскольку эти жидкости не растворяются друг в друге, оставаясь в виде двух жидких фаз с границей раздела. Компоненты растворов сохраняют свои уникальные свойства и не вступают в химические реакции между собой с образованием новых соединений. Так, при смешивании двух объемов водорода с одним объемом кислорода получается газообразный раствор. Если эту газовую смесь поджечь, то образуется новое вещество – вода, которая сама по себе раствором не является. Компонент, присутствующий в растворе в большем количестве, принято называть растворителем, остальные компоненты – растворенными веществами.

Однако иногда бывает трудно провести грань между физическим перемешиванием веществ и их химическим взаимодействием. Например, при смешивании газообразного хлороводорода HCl с водой H_2O образуются ионы H_3O^+ и Cl^- . Они притягивают к себе соседние молекулы воды, образуя гидраты. Таким образом, исходные компоненты – HCl и H_2O – после смешивания претерпевают существенные изменения. Тем не менее ионизация и гидратация (в общем случае – сольватация) рас-

смаатриваются как физические процессы, происходящие при образовании растворов.

Одним из важнейших типов смесей, представляющих собой гомогенную фазу, являются коллоидные растворы: гели, золи, эмульсии и аэрозоли. Размер частиц в коллоидных растворах составляет 1–1000 нм, в истинных растворах ~0,1 нм (порядка размера молекул).

Основные понятия.

Два вещества, растворяющиеся друг в друге в любых пропорциях с образованием истинных растворов, называют полностью взаиморастворимыми. Такими веществами являются все газы, многие жидкости (например, этиловый спирт – вода, глицерин – вода, бензол – бензин), некоторые твердые вещества (например, серебро – золото). Для получения твердых растворов необходимо сначала расплавить исходные вещества, затем смешать их и дать затвердеть. При их полной взаиморастворимости образуется одна твердая фаза; если же растворимость частичная, то в образовавшемся твердом веществе сохраняются мелкие кристаллы одного из исходных компонентов.

Если два компонента образуют одну фазу при смешивании только в определенных пропорциях, а в других случаях возникают две фазы, то они называются частично взаиморастворимыми. Таковы, например, вода и бензол: истинные растворы получаются из них только при добавлении незначительного количества воды к большому объему бензола или незначительного количества бензола к большому объему воды. Если же смешать равные количества воды и бензола, то образуется двухфазная жидкая система. Нижний ее слой – это вода с небольшим количеством бензола, а верхний – бензол с малой примесью воды. Известны также вещества, совсем не растворяющиеся одно в другом, например, вода и ртуть. Если два вещества лишь частично взаиморастворимы, то при данных температуре и давлении существует предельное количество одного вещества, которое способно образовать истинный раствор с другим в равновесных условиях. Раствор с предельной концентрацией растворенного вещества называют насыщенным. Можно приготовить и так называемый пересыщенный раствор, в котором концентрация растворенного веще-

ства даже больше, чем в насыщенном. Однако пересыщенные растворы неустойчивы, и при малейшем изменении условий, например при перемешивании, попадании частичек пыли или добавлении кристалликов растворяемого вещества, избыток растворенного вещества выпадает в осадок.

Всякая жидкость начинает кипеть при той температуре, при которой давление ее насыщенного пара достигает величины внешнего давления. Например, вода под давлением 101,3 кПа кипит при 100° С потому, что при этой температуре давление водяного пара как раз равно 101,3 кПа. Если же растворить в воде какое-нибудь нелетучее вещество, то давление ее пара понизится. Чтобы довести давление пара полученного раствора до 101,3 кПа, нужно нагреть раствор выше 100° С. Отсюда следует, что температура кипения раствора всегда выше температуры кипения чистого растворителя. Аналогично объясняется и понижение температуры замерзания растворов.

Закон Рауля.

В 1887 французский физик Ф.Рауль, изучая растворы различных нелетучих жидкостей и твердых веществ, установил закон, связывающий понижение давления пара над разбавленными растворами неэлектролитов с концентрацией: относительное понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором равно мольной доле растворенного вещества. Из закона Рауля следует, что повышение температуры кипения или понижение температуры замерзания разбавленного раствора по сравнению с чистым растворителем пропорционально молярной концентрации (или мольной доле) растворенного вещества и может быть использовано для определения его молекулярной массы.

Раствор, поведение которого подчиняется закону Рауля, называется идеальным. Наиболее близки к идеальным растворы неполярных газов и жидкостей (молекулы которых не меняют ориентации в электрическом поле). В этом случае теплота растворения равна нулю, а свойства растворов можно прямо предсказать, зная свойства исходных компонентов и пропорции, в которых они смешиваются. Для реальных растворов сделать такое предсказание нельзя. При образовании реальных растворов обычно выделяется или поглощается тепло. Процессы с выделе-

нием тепла называются экзотермическими, а с поглощением – эндотермическими.

Те характеристики раствора, которые зависят в основном от его концентрации (числа молекул растворенного вещества на единицу объема или массы растворителя), а не от природы растворенного вещества, называют коллигативными. Например, температура кипения чистой воды при нормальном атмосферном давлении равна 100°C , а температура кипения раствора, содержащего 1 моль растворенного (недиссоциирующего) вещества в 1000 г воды, составляет уже $100,52^{\circ}\text{C}$ независимо от природы этого вещества. Если же вещество диссоциирует, образуя ионы, то температура кипения увеличивается пропорционально росту общего числа частиц растворенного вещества, которое благодаря диссоциации превышает число молекул вещества, добавленных в раствор. Другими важными коллигативными величинами являются температура замерзания раствора, осмотическое давление и парциальное давление паров растворителя.

Вопрос 2. Способы выражения концентрации раствора

Такие качественные понятия, как «разбавленный» и «концентрированный», говорят только о том, что раствор содержит мало или много растворенного вещества. Для количественного выражения концентрации растворов часто используют проценты (массовые или объемные), а в научной литературе – число молей или химических эквивалентов растворенного вещества на единицу массы или объема растворителя либо раствора. Чтобы не возникало путаницы, следует всегда точно указывать единицы измерения концентрации. Рассмотрим следующий пример. Раствор, состоящий из 90 г воды (ее объем равен 90 мл, поскольку плотность воды равна 1 г/мл) и 10 г этилового спирта (его объем равен 12,6 мл, поскольку плотность спирта равна $0,794\text{ г/мл}$), имеет массу 100 г, но объем этого раствора равен 101,6 мл (а был бы равен 102,6 мл, если бы при смешивании воды и спирта их объемы просто складывались). Процентную концентрацию раствора можно рассчитать по-разному:

Массовый процент

$$\frac{\text{Масса растворенного вещества}}{\text{Масса раствора}} \cdot 100 = 10,0\%$$

или

$$\frac{\text{Масса растворенного вещества}}{\text{Масса растворителя}} \cdot 100 = 11,1\%$$

Объемный процент

$$\frac{\text{Объем растворенного вещества}}{\text{Объем раствора}} \cdot 100 = 12,4\%$$

или

$$\frac{\text{Объем растворенного вещества}}{\text{Объем растворителя}} \cdot 100 = 14\%$$

Объемно-массовый процент

$$\frac{\text{Объем растворенного вещества}}{\text{Масса раствора}} \cdot 100 = 12,6\%$$

Единицы концентраций, используемые в научной литературе, основаны на таких понятиях, как моль и эквивалент, поскольку все химические расчеты и уравнения химических реакций должны основываться на том, что вещества вступают в реакции между собой в определенных соотношениях. Например, 1 экв. NaCl, равный 58,5 г, взаимодействует с 1 экв. AgNO₃, равным 170 г. Ясно, что растворы, содержащие по 1 экв. этих веществ, имеют совершенно разные процентные концентрации.

Молярность

(М или моль/л) – число молей растворенного вещества, содержащихся в 1 л раствора.

Моляльность

(м) – число молей растворенного вещества, содержащихся в 1000 г растворителя.

Нормальность

(н.) – число химических эквивалентов растворенного вещества, содержащихся в 1 л раствора.

Мольная доля

(безразмерная величина) – число молей данного компонента, отнесенное к общему числу молей растворенного вещества и растворителя. (Мольный процент – мольная доля, умноженная на 100.)

Наиболее распространенная единица – молярность, но при ее расчете следует учитывать некоторые неоднозначности. Например, чтобы получить 1М раствор данного вещества, растворяют в заведомо небольшом количестве воды точную его навеску, равную мол.массе в граммах, и доводят объем раствора до 1 л. Количество воды, необходимое для приготовления данного раствора, может слегка различаться в зависимости от температуры и давления. Поэтому два одно-молярных раствора, приготовленных в разных условиях, в действительности имеют не совсем одинаковые концентрации. Моляльность вычисляется исходя из определенной массы растворителя (1000 г), которая не зависит от температуры и давления. В лабораторной практике гораздо удобнее отмеривать определенные объемы жидкостей (для этого существуют бюретки, пипетки, мерные колбы), чем взвешивать их, поэтому в научной литературе концентрации чаще выражают в молях, а моляльность обычно применяют только при особо точных измерениях.

Нормальность используется для упрощения расчетов. Как мы уже говорили, вещества взаимодействуют друг с другом в количествах, соответствующих их эквивалентам. Приготовив растворы разных веществ одинаковой нормальности и взяв равные их объемы, мы можем быть уверены в том, что они содержат одно и то же количество эквивалентов.

В тех случаях, когда трудно (или нет необходимости) делать различие между растворителем и растворенным веществом, концентрацию измеряют в мольных долях. Мольные доли, как и моляльности, не зависят от температуры и давления.

Зная плотности растворенного вещества и раствора, можно пересчитать одну концентрацию в другую: молярность в моляльность, мольную долю и наоборот. Для разбавленных растворов данного растворенного вещества и растворителя эти три величины пропорциональны друг другу.

Растворимость

Растворимость данного вещества – это его способность образовывать растворы с другими веществами. Количественно растворимость газа, жидкости или твердого тела измеряется концентрацией их насыщенного раствора при данной температуре. Это важная характеристика вещества, помогающая понять его природу, а также влиять на ход реакций, в которых это вещество участвует.

Газы.

В отсутствие химического взаимодействия газы смешиваются друг с другом в любых пропорциях, и в этом случае говорить о насыщении нет смысла. Однако при растворении газа в жидкости существует некая предельная концентрация, зависящая от давления и температуры. Растворимость газов в некоторых жидкостях коррелирует с их способностью к сжижению. Наиболее легко сжижаемые газы, например NH_3 , HCl , SO_2 , более растворимы, чем трудно сжижаемые газы, например O_2 , H_2 и He . При наличии химического взаимодействия между растворителем и газом (например, между водой и NH_3 или HCl) растворимость увеличивается. Растворимость данного газа изменяется с природой растворителя, однако порядок, в котором располагаются газы в соответствии с увеличением их растворимости, остается примерно одинаковым для разных растворителей.

Процесс растворения подчиняется принципу Ле Шателье (1884): если на систему, находящуюся в равновесии, оказывается какое-либо воздействие, то в результате протекающих в ней процессов равновесие сместится в таком направлении, что оказанное воздействие уменьшится. Растворение газов в жидкостях обычно сопровождается выделением тепла. При этом, в соответствии с принципом Ле Шателье, растворимость газов уменьшается. Это уменьшение тем заметнее, чем выше растворимость газов: такие газы имеют и большую теплоту растворения. «Мягкий» вкус кипяченой или дистиллированной воды объясняется отсутствием в ней воздуха, поскольку его растворимость при высокой температуре весьма мала.

С ростом давления растворимость газов увеличивается. Согласно закону Генри (1803), масса газа, который может раствориться в данном объеме жидкости при постоянной температуре,

пропорциональна его давлению. Это свойство используется для приготовления газированных напитков. Углекислый газ растворяют в жидкости при давлении 3–4 атм.; в этих условиях в данном объеме может раствориться в 3–4 раза больше газа (по массе), чем при 1 атм. Когда емкость с такой жидкостью открывают, давление в ней падает, и часть растворенного газа выделяется в виде пузырьков. Аналогичный эффект наблюдается при открывании бутылки шампанского или выходе на поверхность подземных вод, насыщенных на большой глубине углекислым газом.

При растворении в одной жидкости смеси газов растворимость каждого из них остается такой же, как и в отсутствие других компонентов при таком же давлении, как в случае смеси (закон Дальтона).

Жидкости.

Взаимная растворимость двух жидкостей определяется тем, насколько сходно строение их молекул («подобное растворяется в подобном»). Для неполярных жидкостей, например углеводородов, характерны слабые межмолекулярные взаимодействия, поэтому молекулы одной жидкости легко проникают между молекулами другой, т.е. жидкости хорошо смешиваются. Напротив, полярные и неполярные жидкости, например вода и углеводороды, смешиваются друг с другом плохо. Каждой молекуле воды нужно сначала вырваться из окружения других таких же молекул, сильно притягивающими ее к себе, и проникнуть между молекулами углеводорода, притягивающими ее слабо. И наоборот, молекулы углеводорода, чтобы раствориться в воде, должны протиснуться между молекулами воды, преодолевая их сильное взаимное притяжение, а для этого нужна энергия. При повышении температуры кинетическая энергия молекул возрастает, межмолекулярное взаимодействие ослабевает и растворимость воды и углеводородов увеличивается. При значительном повышении температуры можно добиться их полной взаимной растворимости. Такую температуру называют верхней критической температурой растворения (ВКТР).

В некоторых случаях взаимная растворимость двух частично смешивающихся жидкостей увеличивается при понижении температуры. Этот эффект наблюдается в том случае, когда при смешивании выделяется тепло, обычно в результате химической

реакции. При значительном понижении температуры, но не ниже точки замерзания, можно достичь нижней критической температуры растворения (НКТР). Можно предположить, что все системы, имеющие НКТР, имеют и ВКТР (обратное не обязательно). Однако в большинстве случаев одна из смешивающихся жидкостей кипит при температуре ниже ВКТР. У системы никотин–вода НКТР равна 61°C , а ВКТР составляет 208°C . В интервале $61\text{--}208^{\circ}\text{C}$ эти жидкости ограниченно растворимы, а вне этого интервала обладают полной взаимной растворимостью.

Твердые вещества.

Все твердые вещества проявляют ограниченную растворимость в жидкостях. Их насыщенные растворы имеют при данной температуре определенный состав, который зависит от природы растворенного вещества и растворителя. Так, растворимость хлорида натрия в воде в несколько миллионов раз выше растворимости нафталина в воде, а при растворении их в бензоле наблюдается обратная картина. Этот пример иллюстрирует общее правило, согласно которому твердое вещество легко растворяется в жидкости, имеющей с ним сходные химические и физические свойства, но не растворяется в жидкости с противоположными свойствами.

Соли обычно легко растворяются в воде и хуже – в других полярных растворителях, например в спирте и жидком аммиаке. Однако растворимость солей тоже существенно различается: например, нитрат аммония обладает в миллионы раз большей растворимостью в воде, чем хлорид серебра.

Растворение твердых веществ в жидкостях обычно сопровождается поглощением тепла, и в соответствии с принципом Ле Шателье их растворимость должна увеличиваться при нагревании. Этот эффект можно использовать для очистки веществ методом перекристаллизации. Для этого их растворяют при высокой температуре до получения насыщенного раствора, затем раствор охлаждают и после выпадения растворенного вещества в осадок профильтровывают. Есть вещества (например, гидроксид, сульфат и ацетат кальция), растворимость которых в воде с ростом температуры уменьшается.

Твердые вещества, как и жидкости, тоже могут растворяться друг в друге полностью, образуя гомогенную смесь – ис-

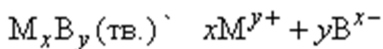
тинный твердый раствор, аналогичный жидкому раствору. Частично растворимые друг в друге вещества образуют два равновесных сопряженных твердых раствора, составы которых изменяются с температурой.

Коэффициент распределения.

Если к равновесной системе двух несмешивающихся или частично смешивающихся жидкостей добавить раствор какого-либо вещества, то оно распределяется между жидкостями в определенной пропорции, не зависящей от общего количества вещества, в отсутствие химических взаимодействий в системе. Это правило получило название закона распределения, а отношение концентраций растворенного вещества в жидкостях – коэффициент распределения. Коэффициент распределения примерно равен отношению растворимостей данного вещества в двух жидкостях, т.е. вещество распределяется между жидкостями соответственно его растворимостям. Это свойство используется для экстракции данного вещества из его раствора в одном растворителе с помощью другого растворителя. Еще одним примером его применения является процесс экстракции серебра из руд, в состав которых оно часто входит вместе со свинцом. Для этого в расплавленную руду добавляют цинк, который не смешивается со свинцом. Серебро распределяется между расплавленным свинцом и цинком, преимущественно в верхнем слое последнего. Этот слой собирают и отделяют серебро дистилляцией цинка.

Произведение растворимости

(ПР). Между избытком (осадком) твердого вещества M_xV_y и его насыщенным раствором устанавливается динамическое равновесие, описываемое уравнением



Константа равновесия этой реакции равна

$$K = [M^{y+}]^x [V^{x-}]^y$$

и называется произведением растворимости. Она постоянна при данных температуре и давлении и является величиной, на основании которой рассчитывают растворимость осадка и изменяют ее. Если в раствор добавить соединение, диссоцииру-

ющее на ионы, одноименные с ионами малорастворимой соли, то в соответствии с выражением для ПРрастворимость соли уменьшается. При добавлении же соединения, реагирующего с одним из ионов, она, напротив, увеличится.

Вопросы для повторения

1. Объясните, что такое растворы?
2. Какие вещества относят к взаимно-растворимым?
3. Какие растворы относят к насыщенным?
4. Объясните закон Рауля.
5. Как можно рассчитать процентную концентрацию раствора?
6. Решите задачу:
К 60 г. соли добавили 100 г. воды. Определите содержание соли в растворе (содержимость соли в %).
7. Решите задачу:
К 200 г. 20% раствору соли добавили 60 г. соли. Найдите концентрацию раствора.

Тема 3: Водные ресурсы Земли. Загрязнение воды и способы очистки

Вопросы

1. Водные ресурсы.
2. Загрязнение воды и способы очистки.

Вопрос 1. Водные ресурсы

Если смотреть на нашу планету из космоса, то Земля кажется голубым шаром, сплошь покрытым водой. А континенты, словно маленькие островки в этом бесконечном океане. Оно и понятно. Вода занимает 79,8 % всей поверхности планеты, а на долю суши остается лишь 29,2%. Водную оболочку нашей планеты называют гидросферой. Ее объем 1,4 млрд. кубометров.

Вода появилась на нашей планете около 3,5 млрд. лет назад в виде паров, которые образовались в результате дегаза-

ции мантии. В настоящее время вода – это самый важный элемент в биосфере Земли, поскольку ее нельзя заменить ничем. К счастью, водные ресурсы считаются неисчерпаемыми, поскольку ученые придумали способ опреснения соленых вод.

Главное назначение воды как природного ресурса – поддержание жизнедеятельности всего живого – растений, животных и человека. Она – основа всего живого на нашей планете, главный поставщик кислорода в самом важном процессе на Земле – фотосинтезе.

Вода – важнейший фактор климато-образования. Поглощая тепло из атмосферы и отдавая его обратно, вода регулирует климатические процессы.

Невозможно не отметить роль водных источников в видоизменении нашей планеты. Люди испокон веков селились возле водоемов и источников воды. Вода служит одним из главных средств сообщения.

Виды водных ресурсов Земли

Водные ресурсы нашей планеты – это запасы всей воды. Но вода – одно из самых распространенных и самых уникальных соединений на Земле, поскольку присутствует сразу в трех состояниях: жидком, твердом и газообразном. Поэтому водные ресурсы Земли это:

- Поверхностные воды (океаны, озера, реки, моря, болота)
- Подземные воды.
- Искусственные водоемы.
- Ледники и снежники (замерзшая вода ледников Антарктиды, Арктики и высокогорья).
- Вода, содержащаяся в растениях и животных.
- Пары атмосферы.

Последние 3 пункта относятся к потенциальным ресурсам, потому что человечество еще не научилось использовать их.

Пресная вода – самая ценная, ее используют гораздо шире, чем морскую, соленую. Из всего водного запаса в мире 97% воды приходится на долю морей и океанов. 2% пресных вод заключено в ледниках, и лишь 1% - это запасы пресной воды в озерах и реках.

Вопрос 2. Загрязнение воды и способы очистки

Водные ресурсы – важнейший компонент и жизнедеятельности человека. Люди используют воду в промышленности и в быту.

По данным статистики больше всего водные ресурсы задействованы в сельском хозяйстве (около 66% всех запасов пресной воды). Около 25 % использует промышленность и всего 9% идет на удовлетворение нужд в коммунальной и бытовой сфере.

Например, чтобы вырастить 1 тонну хлопка, необходимо около 10 тысяч тонн воды, на 1 тонну пшеницы – 1500 тонн воды. Для производства 1 тонны стали – 250 тонн воды, а на производство 1 тонны бумаги нужно не менее 236 тысяч тонн воды.

Человеку в день требуется выпивать не менее 2,5 литров воды. Однако в среднем на 1 человека в крупных городах тратиться не менее 360 литров в сутки. Сюда входит использование воды в канализации, водопроводе, на полив улиц и тушение пожаров, на мытье автотранспорта и прочая, и прочая.

Еще один вариант использования водных ресурсов – водный транспорт. Ежегодно только по акватории России перевозится свыше 50 млн. тонн груза.

Не стоит забывать и про рыбные хозяйства. Разведение морских и пресноводных рыб играет немаловажную роль в экономике стран. Причем для разведения рыбы требуется чистая вода, насыщенная кислородом и не содержащая вредоносных примесей.

Пример использования водных ресурсов – это еще и рекреации. Кто из нас не любит отдохнуть у моря, пожарить шашлычков на берегу реки или искупаться в озере? В мире 90% рекреационных объектов расположено вблизи водоемов.

Охрана водных ресурсов

На сегодняшний день существует лишь два способа сохранить запас водных ресурсов:

1. Сохранение уже существующих запасов пресной воды.
2. Создание более совершенных коллекторов.

Накопление воды в водохранилищах препятствует ее стоку в мировой океан. А хранение воды, например, в подземных

полостях позволяет уберечь воду от испарения. Строительство каналов позволяет решать вопрос доставки воды без ее просачивания в грунт. Разрабатывают также новые методы орошения сельскохозяйственных угодий, которые позволяют использовать сточные воды.

Но каждый из этих способов оказывает влияние на биосферу. Так, система водохранилищ препятствует образованию плодородных илистых отложений. Каналы препятствуют пополнению грунтовых вод. А фильтрация воды в каналах и на плотинах – главный фактор риска для болот, что приводит к нарушениям в экосистеме планеты.

Сегодня самой эффективной мерой по охране водных ресурсов считается метод очистки сточных вод. Различные способы позволяют удалить до 96% вредных веществ из воды. Но часто этого бывает недостаточно, а строительство более совершенных очистных сооружений оказывается зачастую экономически невыгодным.

Проблемы загрязнения водных ресурсов

Рост населения, развитие производства и сельского хозяйства – эти факторы обусловили нехватку пресной воды для человечества. С каждым годом растет и доля загрязненных водных ресурсов.

Главные источники загрязнения:

- Промышленные сточные воды;
- Сточные воды коммунальных трасс;
- Сливы с полей (когда вода перенасыщена химикатами и удобрениями);
- Захоронение в водоемах радиоактивных веществ;
- Стоки от животноводческих комплексов (в такой воде много биогенной органики);
- Судходство.

Природой предусмотрено самоочищение водоемов, которое происходит за счет круговорота воды в природе, за счет жизнедеятельности планктона, облучения ультрафиолетовыми лучами, оседания нерастворимых частиц. Но все эти процессы уже не справляются с той массой загрязнения, которое доставляет водным ресурсам планеты деятельность человека

Методы очистки воды:

1. Механический.
2. Физико-химический.
3. Биологический.

Вопросы для повторения

1. Перечислите виды водных ресурсов Земли.
2. Перечислите главные источники загрязнения воды.
3. Какие методы очистки вы знаете?
4. Объясните биологический метод очистки воды.
5. Объясните физико-химический метод очистки воды.

Тема 4: Жесткая вода и её умягчение. Опреснение воды

Вопросы

1. Единицы измерения и виды жесткой воды.
2. Очистка и подготовка воды к потреблению (умягчение).

Вопрос 1 Единицы измерения и виды жесткой воды.

Понятие жесткости воды принято связывать с катионами кальция (Ca^{2+}) и в меньшей степени магния (Mg^{2+}). В действительности, все двухвалентные катионы в той или иной степени влияют на жесткость. Они взаимодействуют с анионами, образуя соединения (соли жесткости) способные выпасть в осадок. Одновалентные катионы (например, натрий Na^+) таким свойством не обладают. В таблице приведены основные катионы металлов, вызывающие жесткость, и главные анионы, с которыми они ассоциируются.

Катионы	Анионы
Кальций (Ca^{2+})	Гидрокарбонат (HCO_3^-)
Магний (Mg^{2+})	Сульфат (SO_4^{2-})

Стронций (Sr^{2+})	Хлорид (Cl^-)
Железо (Fe^{2+})	Нитрат (NO_3^-)
Марганец (Mn^{2+})	Силикат (SiO_3^{2-})

На практике стронций, железо и марганец оказывают на жесткость столь небольшое влияние, что ими, как правило, пренебрегают. Алюминий (Al^{3+}) и трехвалентное железо (Fe^{3+}) также влияют на жесткость, но при уровнях pH, встречающихся в природных водах, их растворимость и, соответственно, "вклад" в жесткость ничтожно малы. Аналогично, не учитывается и незначительное влияние бария (Ba^{2+}).

Виды жесткости.

Различают следующие виды жесткости.

Общая жесткость. Определяется суммарной концентрацией ионов кальция и магния. Представляет собой сумму карбонатной (временной) и некарбонатной (постоянной) жесткости.

Карбонатная жесткость. Обусловлена наличием в воде гидрокарбонатов и карбонатов (при $\text{pH} > 8.3$) кальция и магния. Данный тип жесткости почти полностью устраняется при кипячении воды и поэтому называется временной жесткостью. При нагреве воды гидрокарбонаты распадаются с образованием угольной кислоты и выпадением в осадок карбоната кальция и гидроксида магния.

Некарбонатная жесткость. Обусловлена присутствием кальциевых и магниевых солей сильных кислот (серной, азотной, соляной) и при кипячении не устраняется (постоянная жесткость).

Единицы измерения.

В мировой практике используется несколько единиц измерения жесткости, все они определенным образом соотносятся друг с другом. В России Госстандартом в качестве единицы жесткости воды установлен моль на кубический метр (моль/ м^3).

Кроме этого в зарубежных странах широко используются такие единицы жесткости, как немецкий градус (d° , dH), французский градус (f°), американский градус, ppm CaCO_3 .

Соотношение этих единиц жесткости представлено в следующей таблице:

Единицы жесткости воды				
Моль/м³ (мг-экв/л)	Немец- кий гра- дус, d°	Француз- ский гра- дус, f°	Амери- канский градус	ppm (мг/дм³) CaCO₃
1.000	2.804	5.005	50.050	50.050

Примечание:

1. Один немецкий градус соответствует 10 мг/дм³ CaO или 17.86 мг/дм³ CaCO₃ в воде.
2. Один французский градус соответствует 10 мг/дм³ CaCO₃ в воде.
3. Один американский градус соответствует 1 мг/дм³ CaCO₃ в воде.

Происхождение жесткости

Ионы кальция (Ca²⁺) и магния (Mg²⁺), а также других щелочноземельных металлов, обуславливающих жесткость, присутствуют во всех минерализованных водах. Их источником являются природные залежи известняков, гипса и доломитов. Ионы кальция и магния поступают в воду в результате взаимодействия растворенного диоксида углерода с минералами и при других процессах растворения и химического выветривания горных пород. Источником этих ионов могут служить также микробиологические процессы, протекающие в почвах на площади водосбора, в донных отложениях, а также сточные воды различных предприятий.

Жесткость воды колеблется в широких пределах и существует множество типов классификаций воды по степени ее жесткости. Ниже в таблице приведены целых четыре примера классификации. Две классификации из российских источников - из справочника "Гидрохимические показатели состояния окружающей

среды" и учебника для вузов "Водоподготовка" /9/. А две - из зарубежных: нормы жесткости немецкого института стандартизации (DIN 19643) и классификация, принятая Агентством по охране окружающей среды США (USEPA) в 1986.

Таблица наглядно иллюстрирует гораздо более "жесткий" подход к проблеме жесткости "у них". Тому есть причины, о которых - ниже.

Жесткость воды в мг-экв.	Справочник по гидрохимии /10/	Водоподготовка /9/	Германия DIN 19643	USEPA	
0 - 1.5	Мягкая (0 - 4 мг-экв.)	Очень мягкая (0 - 1.5 мг-экв.)	Мягкая (0 - 1.6 мг-экв.)	Мягкая (0 - 1.5 мг-экв.)	
1.5 - 1.6		Мягкая (1.5 - 3.0 мг-экв.)	Средней жесткости (1.6 - 2.4 мг-экв.)	Умеренно жесткая (1.5 - 3 мг-экв.)	
1.6 - 2.4					
2.4 - 3.0		Умеренно жесткая (3 - 6 мг-экв.)	Достаточно жесткая (2.4 - 3.6 мг-экв.)	Жесткая (3.6 - 6 мг-экв.)	Жесткая (3 - 6 мг-экв.)
3.0 - 3.6					
3.6 - 4.0					
4.0 - 6.0	Средней жесткости (4 - 8 мг-экв.)	Жесткая (6 - 9 мг-экв.)	Очень жесткая (> 6 мг-экв.)	Очень жесткая (> 6 мг-экв.)	
6.0 - 8.0					
8.0 - 9.0	Жесткая (8 - 12 мг-экв.)	Очень жесткая (> 12 мг-экв.)			
9.0 - 12.0					
Свыше 12.0	Очень жесткая (> 12 мг-экв.)				

Обычно в маломинерализованных водах преобладает (до 70%-80%) жесткость, обусловленная ионами кальция (хотя в отдельных редких случаях магниевая жесткость может достигать 50-60%). С увеличением степени минерализации воды содержание ионов кальция (Ca^{2+}) быстро падает и редко превышает 1 г/л. Содержание же ионов магния (Mg^{2+}) в высокоминерализованных водах может достигать нескольких граммов, а в соленых озерах - десятков граммов на один литр воды.

В целом, жесткость поверхностных вод, как правило, меньше жесткости вод подземных. Жесткость поверхностных вод подвержена заметным сезонным колебаниям, достигая обычно наибольшего значения в конце зимы и наименьшего в период половодья, когда обильно разбавляется мягкой дождевой и талой водой. Морская и океанская вода имеют очень высокую жесткость (десятки и сотни мг-экв/дм³).

Влияние жесткости на качество воды.

С точки зрения применения воды для питьевых нужд, ее приемлемость по степени жесткости может существенно варьи-

роваться в зависимости от местных условий. Порог вкуса для иона кальция лежит (в пересчете на мг-эквивалент) в диапазоне 2-6 мг-экв/л, в зависимости от соответствующего аниона, а порог вкуса для магния и того ниже. В некоторых случаях для потребителей приемлема вода с жесткостью выше 10 мг-экв/л. Высокая жесткость ухудшает органолептические свойства воды, придавая ей горьковатый вкус и оказывая отрицательное действие на органы пищеварения.

Всемирная Организация Здравоохранения не предлагает какой-либо рекомендуемой величины жесткости по показаниям влияния на здоровье. В материалах ВОЗ говорится о том, что хотя ряд исследований и выявил статистически обратную зависимость между жесткостью питьевой воды и сердечно-сосудистыми заболеваниями, имеющиеся данные не достаточны для вывода о причинном характере этой связи. Аналогичным образом, однозначно не доказано, что мягкая вода оказывает отрицательный эффект на баланс минеральных веществ в организме человека.

Вместе с тем, в зависимости от рН и щелочности, вода с жесткостью выше 4 мг-экв/л может вызвать в распределительной системе отложение шлаков и накипи (карбоната кальция), особенно при нагревании. Именно поэтому нормами Котлонадзора вводятся очень жесткие требования к величине жесткости воды, используемой для питания котлов (0.05-0.1 мг-экв/л).

Кроме того, при взаимодействии солей жесткости с моющими веществами (мыло, стиральные порошки, шампуни) происходит образование "мыльных шлаков" в виде пены. Это приводит не только к значительному перерасходу моющих средств. Такая пена после высыхания остается в виде налета на сантехнике, белье, человеческой коже, на волосах (неприятное чувство "жестких" волос хорошо известно многим). Главным отрицательным воздействием этих шлаков на человека является то, что они разрушают естественную жировую пленку, которой всегда покрыта нормальная кожа и забивают ее поры. Признаком такого негативного воздействия является характерный "скрип" чисто вымытой кожи или волос. Оказывается, что вызывающее у некоторых раздражение чувство "мылкости" после пользования мягкой водой является признаком того, что защитная жировая пленка на коже цела и невре-

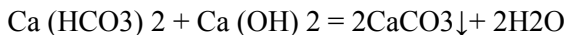
дима. Именно она и скользит. В противном случае, приходится тратить на лосьоны, смягчающие и увлажняющие кремы и прочие хитрости для восстановления той защиты кожи, которой нас и так снабдила матушка Природа.

Вместе с тем, необходимо упомянуть и о другой стороне медали. Мягкая вода с жесткостью менее 2 мг-экв/л имеет низкую буферную емкость (щелочность) и может, в зависимости от уровня pH и ряда других факторов, оказывать повышенное коррозионное воздействие на водопроводные трубы. Поэтому, в ряде применений (особенно в теплотехнике) иногда приходится проводить специальную обработку воды с целью достижения оптимального соотношения между жесткостью воды и ее коррозионной активностью.

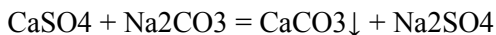
Вопрос 2. Очистка и подготовка воды к потреблению (умягчение)

Очистке и подготовке воды уделяют огромное внимание. Мировая статистика показывает, что ежегодно примерно 500 млн. человек становятся жертвами болезней из-за того, что не имеют в достаточном количестве чистой воды. Чтобы получить нужное количество питьевой воды, удовлетворяющей санитарным требованиям, необходимо ее долго и тщательно обрабатывать. Каждая водопроводная станция представляет собой сложное сооружение. При отборе воды из реки или озера она проходит через металлические сетки, оставляя на них водоросли, щепки и другие крупные загрязнения. Дальнейшее оседание механических примесей происходит в отстойниках. Затем в воду добавляют специальные вещества (коагулянты), которые помогают мельчайшим частичкам мути собраться в более крупные сгустки, оседающие на фильтре, состоящем из песка и гравия. Затем воду обеззараживают хлором, поскольку в каждом ее кубическом сантиметре содержатся тысячи микробов.

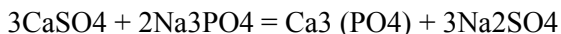
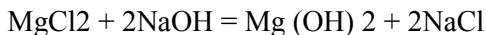
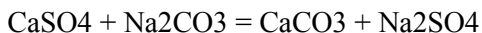
Карбонатную жесткость устраняют, прибавляя к воде $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в количестве, строго отвечающим найденному анализу содержанию бикарбонатов. При этом по реакции весь карбонат переходит в нормальный карбонат и осаждается:



От некарбонатной жесткости освобождаются добавлением к воде соды, которая вызывает образование осадка по реакции:



Воду дают затем отстояться и лишь после этого пользуются ею в производстве. Воду для питания котельных, электростанций и технологических процессов умягчают термохимическим методом. Во время нагрева добавляют такие химические соединения как известь, соду, щелочи, фосфаты натрия с последующим отфильтрованием выпавшего осадка:



Все более широкое применение для умягчения воды получают ионообменные материалы (ионитами). Это твердые, нерастворимые в воде и других растворителях вещества (чаще всего в виде зерен), обладающие способностью обменивать содержащиеся в них катионы и анионы на другие катионы или анионы, находящиеся в растворе, пропускаемом через ионит. Применяемые в настоящее время иониты – это синтетические смолы, но есть и природные иониты: пермутиты, глауконит и другие минералы. Выпускаемые промышленностью иониты делятся на два основных класса: катиониты и аниониты. Именно иониты помогли успешно решить вопрос. Который волновал человечество: как морскую воду сделать пресной? Как же умягчается вода ионитами? Для этого устанавливают обычно две колонны: с катионитом и анионитом, через которые последовательно пропускается жесткая вода. В катионите обмениваются катионы солей, растворенных в воде, а в анионите – анионы. Для большей надежности можно пропустить воду через буферный фильтр. В результате обмена ионов в ионитах в воде остаются только

хорошо растворимые соли, неспособные к образованию накипи. После насыщения ионита поглощенные им ионы легко удаляются; одновременно с этим ионообменные свойства смолы полностью восстанавливаются (иониты заряжаются). С этой целью катионы промывают кислотами (HCl или NaCl), а аниониты – растворами щелочей.

Очищенная вода таким методом почти не имеет солей, вызывающих жесткость, и по своим качествам не уступает дистиллированной.

Не случайно многие ученые считают. Что открытие такого способа опреснения морской воды, при котором цена пресной воды будет немного превышать ее обычную стоимость, по своему значению и результатам равноценно открытию атомной энергии.

Вопросы для повторения

1. Перечислите виды жесткости воды.
2. Дайте понятие карбонатной жесткости.
3. Объясните происхождение жесткой воды.
4. Как влияет жесткость на качество воды?
5. Как происходит умягчение воды?
6. Дайте понятие некарбонатной жесткости.
7. Как устраняют карбонатную жесткость.
8. Как происходит умягчение воды.
9. Объясните влияние жесткости на качество воды.

Тема 5: Химический состав воздуха. Атмосфера и климат. Озоновые дыры

Вопросы

1. Химический состав воздуха.
2. Атмосфера и климат.
3. Озоновые дыры.

Вопрос 1. Химический состав воздуха

Воздух— естественная смесь газов (главным образом азота и кислорода— 98-99 % в сумме, а также аргона, углекислого газа, воды, водорода), образующая земную атмосферу. Воздух необходим для нормального существования на Земле живых организмов. Кислород, содержащийся в воздухе, в процессе дыхания поступает в клетки организма и используется в процессе окисления, в результате которого происходит выделение необходимой для жизни энергии (метаболизм, аэробы). В промышленности и в быту кислород воздуха используется для сжигания топлива с целью получения тепла и механической энергии в двигателях внутреннего сгорания. Из воздуха, используя метод сжижения, добывают инертные газы. В соответствии с Федеральным Законом «Об охране атмосферного воздуха» под атмосферным воздухом понимается «жизненно важный компонент окружающей среды, представляющий собой естественную смесь газов атмосферы, находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений».

Химический состав

В 1754 году Джозеф Блэк экспериментально доказал, что воздух представляет собой смесь газов, а не однородное вещество.

Состав воздуха:

Вещество	Обозначение	По объёму, %	По массе, %
Азот	N ₂	78,084	75,5
Кислород	O ₂	20,9476	23,15
Аргон	Ar	0,934	1,292
Углекислый газ	CO ₂	0,0314	0,046
Неон	Ne	0,001818	0,0014
Метан	CH ₄	0,0002	0,000084
Гелий	He	0,000524	0,000073
Криптон	Kr	0,000114	0,003
Водород	H ₂	0,00005	0,00008
Ксенон	Xe	0,0000087	0,00004

Состав воздуха может меняться: в крупных городах содержание углекислого газа будет выше, чем в лесах; в горах пониженное содержание кислорода, вследствие того, что кислород тяжелее азота, и поэтому его плотность с высотой уменьшается быстрее. В различных частях земли состав воздуха может варьироваться в пределах 1-3 % для каждого газа

Воздух всегда содержит пары воды. Так, при температуре 0 °С 1 м³ воздуха может вмещать максимально 5 граммов воды, а при температуре +10 °С — уже 10 граммов.

Вопрос 2. Атмосфера и климат

Климат—многолетний (порядка нескольких десятилетий) режим погоды. Погода, в отличие от климата — это мгновенное состояние некоторых характеристик (температура, влажность, атмосферное давление). Климат в узком смысле — локальный климат — характеризует данную местность в силу её географического местоположения. Климат в широком смысле — глобальный климат — характеризует статистический ансамбль состояний, через который проходит система «атмосфера — гидросфера — суша — криосфера — биосфера» за несколько десятилетий. Отклонение погоды от климатической нормы не может рассматриваться как изменение климата, например, очень холодная зима не говорит о похолодании климата.

Основными глобальными геофизическими циклическими процессами, формирующими климатические условия на Земле, являются теплооборот, влагооборот и общая циркуляция атмосферы.

Изучается и классифицируется не только климат территорий планетарного масштаба (макроклимат), а также и местный климат (мезоклимат) — климат относительно небольших территорий со сравнительно однородными условиями (климат лесного массива, морского побережья, участка реки, города или городского района), и микроклимат, характеризующий небольшие участки внутри местного климата (поляна в лесу), в том числе микроклимат помещений.

Климат изучается наукой климатологией. Изменения климата в прошлом изучает палеоклиматология.

Кроме Земли, понятие «климат» может относиться к другим небесным телам (планетам, их спутникам и астероидам), имеющим атмосферу.

Методы изучения

Чтобы сделать выводы об особенностях климата, необходимы многолетние ряды наблюдений за погодой. В умеренных широтах пользуются 25—50-летними трендами, в тропических менее — продолжительными. Климатические характеристики выводятся из наблюдений над метеорологическими элементами, наиболее важными из них являются атмосферное давление, скорость и направление ветра, температурой и влажностью воздуха, облачность и атмосферные осадки. Кроме этого изучают продолжительность солнечной радиации, длительность безморозного периода, дальность видимости, температуру верхних слоев почвы и воды в водоёмах, испарение воды с земной поверхности, высоту и состояние снежного покрова, всевозможные атмосферные явления, суммарная солнечная радиация, радиационный баланс и многое другое.

Прикладных отрасли климатологии пользуются необходимыми для их целей характеристики климата:

- в агроклиматологии — суммы температур вегетационного периода;

- в биоклиматологии и технической климатологии — эффективные температуры;

Используются также и комплексные показатели, определяемые по нескольким основным метеорологическим элементам, а именно всевозможные коэффициенты (континентальности, засушливости, увлажнения), факторы, индексы.

Многолетние средние значения метеорологических элементов и их комплексных показателей (годовые, сезонные, месячные, суточные и т.д.), их суммы, периоды повторяемости считаются климатическими нормами. Несовпадения с ними в конкретные периоды считаются отклонениями от этих норм

Для оценок будущих изменений климата применяют модели общей циркуляции атмосферы

Климатообразующие факторы

Климат планеты зависит от целого комплекса астрономических и географических факторов, влияющих на суммарное

количество солнечной радиации, получаемой планетой, а также её распределение по сезонам, полушариям и континентам. С началом промышленной революции человеческая деятельность становится климатообразующим фактором.

Астрономические факторы

К астрономическим факторам относятся светимость Солнца, положение и движение планеты Земля относительно Солнца, угол наклона оси вращения Земли к плоскости её орбиты, скорость вращения Земли, плотность материи в окружающем космическом пространстве. Вращение Земного шара вокруг своей оси обуславливает суточные изменения погоды, движение Земли вокруг Солнца и наклон оси вращения к плоскости орбиты вызывают сезонные и широтные различия погодных условий. Эксцентриситет орбиты Земли — влияет на распределение тепла между Северным и Южным полушарием, а также на величину сезонных изменений. Скорость вращения Земли практически не изменяется, является постоянно действующим фактором. Благодаря вращению Земли существуют пассаты и муссоны, а также образуются циклоны.

Географические факторы

К географическим факторам относятся

1. размеры и масса Земного шара.
2. величина силы тяжести.
3. состав воздуха и масса атмосферы.
4. географическая широта.
5. высота над уровнем моря.
6. распределение суши и моря.
7. орография.
8. океанические течения.
9. характер подстилающей поверхности — почвенный, растительный, снежный и ледовый покровы.

Влияние солнечного излучения

На экваторе, где солнечные лучи бывают перпендикулярны земной поверхности, одна и та же солнечная энергия распределяется на меньшую площадь, соответственно каждый участок получает больше лучистой энергии, чем в других широтах

Важнейшим элементом климата, влияющим на остальные его характеристики, в первую очередь на температуру, является

лучистая энергия Солнца. Огромная энергия, освобождающаяся в процессе ядерного синтеза на Солнце, излучается в космическое пространство. Мощность солнечного излучения, получаемого планетой, зависит от её размеров и расстояния от Солнца. Суммарный поток солнечного излучения, проходящий за единицу времени через единичную площадку, ориентированную перпендикулярно потоку, на расстоянии одной астрономической единицы от Солнца вне земной атмосферы, называется солнечная постоянная. В верхней части земной атмосферы каждый квадратный метр, перпендикулярный солнечным лучам, получает $1,365 \text{ Вт} \pm 3.4 \%$ солнечной энергии. Энергия варьирует в течение года вследствие эллиптичности земной орбиты, наибольшая мощность поглощается Землёй в январе. Несмотря на то, что около 31 % полученного излучения отражается обратно в пространство, оставшейся части достаточно для поддержания атмосферных и океанических течений, и для обеспечения энергией почти всех биологических процессов на Земле.

Энергия получаемая земной поверхностью зависит от угла падения солнечных лучей, она является наибольшей, если этот угол прямой, однако большая часть земной поверхности не перпендикулярна солнечным лучам. Наклон лучей зависит от широты местности, времени года и суток, наибольшим он является в полдень 22 июня севернее тропика Рака и 22 декабря южнее тропика Козерога, в тропиках максимум (90°) достигается 2 раза в год.

Другим важнейшим фактором, определяющим широтный климатический режим, является продолжительность светового дня. За полярными кругами, т. е. севернее 66.5° с. ш. и южнее 66.5° ю. ш. продолжительность светового дня изменяется от нуля (зимой) до 24 часов летом, на экваторе круглый год 12-ти часовая день. Так как сезонные изменения угла наклона и продолжительности дня более заметны в более высоких широтах, амплитуда колебаний температур в течение года снижается от полюсов к низким широтам.

Поступление и распределение по поверхности земного шара солнечного излучения без учёта климатообразующих факторов конкретной местности, называется солярным климатом.

Доля солнечной энергии, поглощаемой земной поверхностью, заметно варьирует в зависимости от облачности, типа по-

верхности и высоты местности, составляя в среднем 46 % от поступившей в верхние слои атмосферы. Постоянно присутствующая облачность, как, например, на экваторе, способствует отражению большей части поступающей энергии. Водная поверхность поглощает солнечные лучи (кроме очень наклонных) лучше других поверхностей, отражая всего 4—10 %. Доля поглощённой энергии выше среднего в пустынях, расположенных высоко над уровнем моря, из-за меньшей толщины атмосферы, рассеивающей солнечные лучи.

Циркуляция атмосферы

Конденсация и испарение— важные элементы круговорота воды в природе

Общая циркуляция атмосферы— совокупность крупномасштабных воздушных течений над земной поверхностью. В тропосфере к ним относят пассаты, муссоны, а также переносы воздушных масс, связанные с циклонами и антициклонами. Циркуляция атмосферы существует из-за неравномерного распределения атмосферного давления, вызванного тем, что на разных широтах Земли её поверхность по-разному прогревается солнцем и земная поверхность имеет различные физические свойства, особенно из-за её разделения на сушу и море. В результате обмена теплом между земной поверхностью и атмосферой из-за неравномерного распределения тепла, существует постоянная циркуляция атмосферы. Энергия циркуляции атмосферы постоянно расходуется на трение, но непрерывно пополняется за счёт солнечного излучения.

В наиболее прогреваемых местах нагретый воздух имеет меньшую плотность и поднимается вверх, таким образом образуется зона пониженного атмосферного давления. Аналогичным образом образуется зона повышенного давления в более холодных местах. Движение воздуха происходит из зоны высокого атмосферного давления в зону низкого атмосферного давления. Так как чем ближе к экватору и дальше от полюсов расположена местность, тем лучше она прогревается, в нижних слоях атмосферы существует преобладающее движение воздуха от полюсов к экватору. Однако, Земля также вращается вокруг своей оси, поэтому на движущийся воздух действует сила Кориолиса и отклоняет это движение к западу. В верхних слоях тропосфе-

ры образуется обратное движение воздушных масс: от экватора к полюсам. Его кориолисова сила постоянно отклоняет к востоку, и чем дальше, тем больше. И в районах около 30 градусов северной и южной широты движение становится направленным с запада на восток параллельно экватору. В результате попавшему в эти широты воздуху некуда деваться на такой высоте, и он опускается вниз к земле. Здесь образуется область наиболее высокого давления. Таким образом образуются пассаты — постоянные ветры, дующие по направлению к экватору и на запад, и так как заворачивающая сила действует постоянно, при приближении к экватору пассаты дуют почти параллельно ему. Воздушные течения верхних слоёв, направленные от экватора к тропикам, называются антипассатами. Пассаты и антипассаты как бы образуют воздушное колесо, по которому поддерживается непрерывный круговорот воздуха между экватором и тропиками. Между пассатами Северного и Южного полушарий находится внутритропическая зона конвергенции.

В течение года эта зона смещается от экватора в более нагретое летнее полушарие. В результате в некоторых местах, особенно в бассейне Индийского океана, где основное направление переноса воздуха зимой— с запада на восток, летом оно заменяется противоположным. Такие переносы воздуха называются тропическими муссонами. Циклоническая деятельность связывает зону тропической циркуляции с циркуляцией в умеренных широтах и между ними происходит обмен тёплым и холодным воздухом. В результате междуширотного обмена воздухом происходит перенос тепла из низких широт в высокие и холода из высоких широт в низкие, что приводит к сохранению теплового равновесия на Земле.

На самом деле циркуляция атмосферы непрерывно изменяется, как из-за сезонных изменений в распределении тепла на земной поверхности и в атмосфере, так и из-за образования и перемещения в атмосфере циклонов и антициклонов. Циклоны и антициклоны перемещаются в общем по направлению к востоку, при этом циклоны отклоняются в сторону полюсов, а антициклоны — в сторону от полюсов.

Таким образом образуются:

- зоны повышенного давления:

- по обе стороны от экватора на широтах около 35 градусов;
- в районе полюсов на широтах выше 65 градусов.
- зоны пониженного давления:
 - экваториальная депрессия — вдоль экватора;
 - субполярные депрессии — в субполярных широтах^[10].

Этому распределению давления соответствуют западный перенос в умеренных широтах и восточный перенос в тропических и высоких широтах. В Южном полушарии, зональность циркуляции атмосферы выражена лучше, чем в Северном, так как там в основном океаны. Ветер в пассатах изменяется слабо и эти изменения мало меняют характер циркуляции. В среднем около 80 раз в год в некоторых районах внутритропической зоны конвергенции, развиваются тропические циклоны, которые резко изменяют установившийся режим ветров и состояние погоды на в тропиках, реже за их пределами. Во внетропических широтах циклоны менее интенсивны, чем тропические. Развитие и прохождение циклонов и антициклонов — явление повседневное. Меридиональные составляющие циркуляции атмосферы, связанные с циклонической деятельностью во внетропических широтах, быстро и часто меняются. Однако бывает, что в течение нескольких суток и иногда даже недель обширные и высокие циклоны и антициклоны почти не меняют своё положение. Тогда происходят противоположно направленные длительные меридиональные переносы воздуха, иногда во всей толще тропосферы, которые распространяются над большими площадями и даже над всем полушарием. Поэтому во внетропических широтах различают два основных типа циркуляции над полушарием или большим его сектором: зональный, с преобладанием зонального, чаще всего западного переноса, и меридиональный, со смежными переносами воздуха по направлению к низким и высоким широтам. Меридиональный тип циркуляции осуществляет значительно больший междуширотный перенос тепла, чем зональный.

Циркуляция атмосферы также обеспечивает распределение влаги как между климатическими поясами, так и внутри них. Обилие осадков в экваториальном поясе обеспечивается не только собственным высоким испарением, но и переносом влаги

(благодаря общей циркуляции атмосферы) из тропических и субэкваториальных поясов. В субэкваториальном поясе циркуляция атмосферы обеспечивает смену сезонов. Когда муссон дует с моря, идут обильные дожди. Когда муссон дует со стороны засушливой суши, наступает сезон засухи. Тропический пояс суше, чем экваториальный и субэкваториальный, так как общая циркуляция атмосферы переносит влагу к экватору. Кроме того, преобладают ветры с востока на запад, поэтому благодаря влаге, испарённой с поверхности морей и океанов, в восточных частях материков выпадает достаточно много дождей. Дальше на запад дождей не хватает, климат становится аридным. Так образуются целые пояса пустынь, таких как Сахара или пустыни Австралии.

Тип климата

Климатические пояса Земли по Б. П. Алисову

Классификация климатов Земли может производиться как по непосредственно климатическим характеристикам (классификация В. Кеппена), так и основываться на особенностях общей циркуляции атмосферы (классификация Б. П. Алисова), или по характеру географических ландшафтов (классификация Л. С. Берга). Климатические условия местности определяет в первую очередь т. н. соларный климат — приток солнечного излучения на верхнюю границу атмосферы, в зависящий от широты и различающийся в разные моменты и времена года. Тем не менее границы климатических поясов не только не совпадают с параллелями, но даже не всегда огибают земной шар, при этом существуют изолированные друг от друга зоны с одинаковым типом климата. Также важное влияние оказывает близость моря, система циркуляции атмосферы и высота над уровнем моря.

В России и на территории бывшего СССР используется классификация типов климата, предложенная известным советским климатологом Б. П. Алисовым. Эта классификация учитывает особенности циркуляции атмосферы. Согласно этой классификации выделяется по четыре основных климатических пояса на каждое полушарие Земли: экваториальный, тропический, умеренный и полярный (в северном полушарии — арктический, в южном полушарии — антарктический). Между основными зонами находятся переходные пояса — субэкваториальный пояс, субтропический, субполярный (субарктический и субантарк-

тический). В этих климатических поясах, в соответствии с преобладающей циркуляцией воздушных масс, можно выделить четыре типа климата: материковый, океанический, климат западных и климат восточных берегов. Во внутренних частях материков преобладает континентальный климат, формирующийся под воздействием больших массивов суши. Морской климат господствует над океанами и распространяется на части материков, подвергающиеся воздействиям морских воздушных масс. Для западных областей материков характерен муссонный климат, при котором причиной смены времён года является смена направления муссона. Как правило, при муссонном климате бывает обильное осадками лето и очень сухая зима.

Классификация климата по Кёппену

В мире широко распространена классификация климатов, предложенная русским учёным В. Кёппеном (1846—1940). В её основе лежат режим температуры и степень увлажнения.

Также в климатологии используются следующие понятия, связанные с характеристикой климата:

- Горный климат — «климатические условия в горных местностях». Основной причиной отличий климата гор от климата равнин является увеличение высоты над уровнем моря. Помимо этого, важные особенности создаются характером рельефа местности (степенью расчленения, относительной высотой и направлением горных хребтов, экспозицией склонов, шириной и ориентировкой долин), своё влияние оказывают ледники и фирновые поля. Различают собственно горный климат на высотах менее 3000—4000 м и высокогорный климат на больших высотах.

- Аридный климат — «климат пустынь и полупустынь». Здесь наблюдаются большие суточная и годовая амплитуды температуры воздуха; почти полное отсутствие или незначительное количество осадков (100—150 мм в год). Получаемая влага очень быстро испаряется.

- Гумидный климат — климат с избыточным увлажнением, при котором солнечное тепло поступает в количествах, недостаточных для испарения всей влаги, поступающей в виде осадков.

• Нивальный климат — «климат, где твёрдых осадков выпадает больше, чем может растаять и испариться.» В результате образуются ледники и сохраняются снежники^[20].

В тропиках

В зоне пониженного атмосферного давления между 5—10° по обе стороны от экватора господствует Экваториальный климат — климат экваториальной депрессии. Характеризуется очень малыми годовыми колебаниями температур (24—28 °С), высокой влажностью воздуха и облачностью, а также обильными осадками от 1,5 тыс. до 3 тыс. мм в год, иногда на суше до 6—10 тыс. мм, над морями отличается более низкой амплитудой температур, в некоторых местах она не превышает 1 °С.

С обеих сторон от полосы пониженного давления вдоль экватора находятся зоны с повышенным атмосферным давлением. Над океанами здесь господствует пассатный климат с постоянными восточными ветрами, т. н. пассатами. Погода здесь относительно сухая (около 500 мм осадков в год), с умеренной облачностью, летом средняя температура 20—27 °С, зимой — 10—15 °С. Выпадение осадков резко возрастает на наветренных склонах гористых островов. Тропические циклоны относительно редки.

Этим океаническим областям соответствуют зоны тропических пустынь на суше с сухим тропическим климатом. Средняя температура самого тёплого месяца в Северном полушарии около 40 °С, в Австралии до 34 °С. На севере Африки и во внутренних районах Калифорнии наблюдаются самые высокие температуры на Земле — 57—58 °С, в Австралии — до 55 °С. Зимой температуры понижаются до 10 — 15 °С. Изменения температур в течение суток очень велики, могут превышать 40 °С. Осадков выпадает мало — меньше 250 мм, часто не более 100 мм в год.

Во многих тропических регионах — Экваториальная Африка, Южная и Юго-Восточная Азия, север Австралии — господство пассатов сменяется субэкваториальным, или тропическим муссонным климатом. Здесь летом внутритропическая зона конвергенции перемещается дальше к северу от экватора. В результате восточный пассатный перенос воздушных масс заменяется на западный муссонный, с которым связана основная часть выпадающих здесь осадков. Преобладающие типы расти-

тельности — муссонные леса, лесосаванны и высокотравные саванны¹

В субтропиках

Субтропический климат на карте мира

В поясах 25—40° северной широты и южной широты преобладают субтропические типы климата, формирующиеся в условиях чередования преобладающих воздушных масс — тропических летом, умеренных зимой. Среднемесячная температура воздуха летом превышает 20 °С, зимой — 4 °С. На суше количество и режим атмосферных осадков сильно зависят от удалённости от океанов, в результате сильно различаются ландшафты и природные зоны. На каждом из материков явно выражены три основных климатических зоны.

На западе континентов господствует средиземноморский климат (полусухие субтропики) с летними антициклонами и зимними циклонами. Лето здесь жаркое (20—25 °С), малооблачное и сухое, зимой идут дожди, относительно холодно (5—10 °С). Среднегодовое количество осадков — около 400—600 мм. Помимо собственно Средиземноморья, такой климат преобладает на Южном берегу Крыма, в западной Калифорнии, на Юге Африки, Юго-Западе Австралии. Преобладающий тип растительности — средиземноморские леса и кустарники

Сухой субтропический климат господствует во внутриматериковых зонах с повышенным атмосферным давлением. Летом здесь жаркое и малооблачное, зима прохладная, бывают заморозки. На высоких нагорьях Азии (Памир, Тибет) преобладает холодный субтропический климат горных пустынь. Лето здесь относительно прохладное, зима холодная зимой, осадков мало. Преобладающие типы растительности — степи, полупустыни и пустыни.

На востоке материков господствует муссонный субтропический климат. Температурные условия западных и восточных окраин материков мало отличаются. Обильные осадки, приносимые океаническим муссоном, здесь выпадают преимущественно летом.

Субтропический океанический климат характеризуется небольшими изменениями среднемесячных температур в течение года — от 12 °С зимой до 20 °С летом. Зимой преобладают уме-

ренные воздушные массы с западным переносом и дождями, связанными с циклонами. Летом господствует тропический воздух. Ветра в основном неустойчивы, только по восточным окраинам материков постоянно дуют муссонные юго-восточные ветры.

Умеренный пояс

В поясе круглогодичного преобладания умеренных воздушных масс интенсивная циклоническая деятельность вызывает частые и значительные изменения давления и температуры воздуха. Преобладание западных ветров наиболее заметно над океанами и в Южном полушарии. Помимо основных времён года — зимы и лета, наблюдаются заметные и достаточно продолжительные переходные — осень и весна. Из-за больших различий в температуре и увлажнении многие исследователи относят климат северной части умеренного пояса к субарктическому (классификация Кёппена), или выделяют в самостоятельный климатический пояс — бореальный.

Умеренный морской климат формируется над океанами и распространяется достаточно далеко на западные области континентов^[1] благодаря преобладанию переноса воздуха с запада на восток. Характеризуется нежарким летом и относительно тёплой зимой, неравномерным распределением осадков, в среднем 900—1200 мм в год, снежный покров неустойчивый. Сильно различается количество осадков с разных сторон меридионально расположенных горных хребтов: например, в Европе, в Бергене (западнее Скандинавских гор) осадков выпадает более 2500 мм в год, а в Стокгольме (восточнее Скандинавских гор) — лишь 540 мм; в Северной Америке, западнее Каскадных гор среднегодовое количество осадков 3—6 тыс. мм, восточнее — 500 мм.

Внутриконтинентальный климат умеренных широт распространён в Северном полушарии, в Южном полушарии из-за отсутствия в этом поясе достаточно больших пространств суши внутриконтинентальный климат не формируется. Для него характерны тёплое лето и морозная зима — высокие годовые амплитуды температур, возрастающие вглубь континентов. Количество осадков снижается при продвижении вглубь континентов и с севера, имеющего устойчивый снежный покров на юг, где снежный покров неустойчив. При этом лесные ландшафты сменяются степными, полупустынными и пустынными. Самый кон-

тинентальный климат на северо-востоке Евразии — в Оймяконе (Якутия) средняя температура января – 50°С, минимальная – 70°С.

Муссонный климат умеренных широт характерен для восточных частей Евразии. Зима здесь малооблачная и холодная, северо-западные ветра обеспечивают преобладание континентальных воздушных масс. Лето относительно тёплое, юго-восточные и южные ветра приносят с моря достаточное, иногда избыточное количество осадков. В континентальных районах снега мало, на Камчатке, островах Сахалине и Хоккайдо снежный покров достаточно высокий.

Субполярный

Над субполярными океанами происходит интенсивная циклоническая деятельность, погода ветреная и облачная, много осадков. Субарктический климат господствует на севере Евразии и Северной Америки, характеризуется сухими (осадков не более 300 мм в год), длинными и холодными зимами, и холодным летом. Несмотря на небольшое количество осадков низкие температуры и вечная мерзлота способствуют заболачиванию местности. Аналогичный климат Южного полушария — Субантарктический климат захватывает сушу только на субантарктических островах и на Земле Грейама. В классификации Кёппена под субполярным, или бореальным климатом понимают климат зоны произрастания тайги

Полярный

Полярный климат характеризуется круглогодичными отрицательными температурами воздуха и скудными осадками (100—200 мм в год). Господствует в зоне Северного Ледовитого океана и в Антарктиде. Наиболее мягок в атлантическом секторе Арктики, самый суровый — на плато Восточной Антарктиде. В классификации Кёппена к полярному климату относятся не только зоны ледового климата, но и климат зоны распространения тундры.

Климат и человек

Климат оказывает решающее воздействие на водный режим, почву, растительный и животный мир, на возможность возделывания сельскохозяйственных культур. Соответственно от климата зависят возможности расселения людей, развития

сельского хозяйства, промышленности, энергетики и транспорта, условия жизни и здоровье населения. Потери тепла организмом человека происходят путём излучения, теплопроводности, конвекции и испарения влаги с поверхности тела. При определённом увеличении этих теплопотерь человек испытывает неприятные ощущения и появляется возможность заболевания. В холодную погоду происходит увеличение этих потерь, сырость и сильный ветер усиливают эффект охлаждения. Во время перепадов погоды учащаются стрессы, ухудшается аппетит, нарушаются биоритмы и снижается устойчивость к заболеваниям. Климат обуславливает привязку заболеваний к определённым временам года и регионам, например, пневмонией и гриппом болеют в основном зимой в умеренных широтах, малярия встречается во влажных тропиках и субтропиках, где климатические условия способствуют размножению малярийных комаров. Климат учитывается и в здравоохранении (курорты, борьба с эпидемиями, общественная гигиена), влияет на развитие туризма и спорта. По сведениям из истории человечества (голоде, наводнениях, заброшенных поселениях, переселениях народов) бывает возможным восстановить некоторые климатические изменения прошлого.

Антропогенное изменение среды функционирования климатообразующих процессов изменяет характер их протекания. Человеческая деятельность оказывает заметное влияние на местный климат. Приток тепла за счет сжигания топлива, загрязнение продуктами промышленной деятельности и углекислого газа, изменяющие поглощение солнечной энергии, вызывают повышение температуры воздуха, заметное в крупных городах. Среди антропогенных процессов, принявших глобальный характер, находятся

- распахивание значительной части территории суши — приводит к изменению альбедо, ускорению потерь влаги почвой, загрязнение воздуха пылью.

- сведение лесов — приводит к сокращению воспроизводства кислорода, следовательно и сокращению поглощения углекислого газа из атмосферы Земли, изменению альбедо и транспирации.

- сжигание ископаемого топлива — приводит к росту содержания в атмосфере углекислого газа.

- загрязнение атмосферы другими промышленными отходами, особенно опасны выбросы углекислого газа, метана, фторхлоруглеводородов, закиси азота и озона, усиливающие парниковый эффект.

Осушение, орошение, создание защитных лесных насаждений делают климат этих районов более благоприятным для человека.

Усиление парникового эффекта из-за роста содержания углекислого газа в атмосфере Земли в результате сжигания ископаемого топлива и сведения лесов по всей видимости является основной причиной современного глобального потепления. В то же время, антропогенные выбросы, отравляющие или просто загрязняющие атмосферу, создавая глобальное затемнение, не пропускают часть солнечных лучей в нижний слой атмосферы, тем самым снижая её температуру и смягчая глобальное потепление.

Вопрос 3. Озоновые дыры

Озоновая дыра— локальное падение концентрации озона в озоновом слое Земли. По общепринятой в научной среде теории, во второй половине XX века всё возрастающее воздействие антропогенного фактора в виде выделения хром содержащих фреонов привело к значительному утончению озонового слоя, см., например, доклад Всемирной метеорологической организации.

Эти и другие недавно полученные научные данные укрепили вывод предыдущих оценок в том, что совокупность научных доказательств свидетельствует о том, что наблюдаемая потеря озона в средних и высоких широтах в основном обусловлена антропогенными хлор- и бромсодержащими соединениями.

Согласно другой гипотезе, процесс образования «озоновых дыр» может быть в значительной мере естественным и не связан исключительно с вредным воздействием человеческой цивилизации.

Для определения границ озоновой дыры выбран минимальный уровень содержания озона в атмосфере в 220 единиц Добсона.

История

Озоновая дыра диаметром свыше 1000 км впервые была обнаружена в 1985 году, на Южном полушарии, над Антарктидой, группой британских учёных: Дж. Шанклин (англ.). Каждый август она появлялась, а в декабре— январе прекращала своё существование. Над Северным полушарием в Арктике образовывалась другая дыра, но меньших размеров. На данном этапе развития человечества, мировые учёные доказали, что на Земле существует громадное количество озоновых дыр. Но наиболее опасная и крупная расположена над Антарктидой.

Механизм образования

В результате отсутствия солнечного излучения, во время полярных ночей озон не образуется. Нет ультрафиолета - нет озона. Имея большую массу, молекулы озона опускаются к поверхности Земли и разрушаются, так как неустойчивы при нормальном давлении.

Роуланд и Молина предположили, что атомы хлора могут вызвать разрушение больших количеств озона в стратосфере. Их выводы были основаны на аналогичной работе Пауля Джозефа Крутцена и Харольда Джонстоуна, которые показали, что оксид азота (II) (NO) может ускорять разрушение озона.

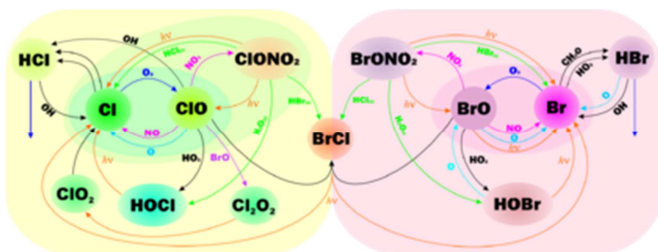


Схема реакции галогенов в стратосфере, включающая реакции галогенов с озоном

К уменьшению концентрации озона в атмосфере ведёт совокупность факторов, главными из которых является гибель мо-

лекул озона в реакциях с различными веществами антропогенного и природного происхождения, отсутствие солнечного излучения в течение полярной зимы, особо устойчивый полярный вихрь, который препятствует проникновению озона из приполярных широт, и образование полярных стратосферных облаков (ПСО), поверхность частиц которого катализируют реакции распада озона. Эти факторы особенно характерны для Антарктики, в Арктике полярный вихрь намного слабее ввиду отсутствия континентальной поверхности, температура выше на несколько градусов, чем в Антарктике, а ПСО менее распространены, к тому же имеют тенденцию к распаду в начале осени. Будучи химически активными, молекулы озона могут реагировать со многими неорганическими и органическими соединениями. Главными веществами, вносящими вклад в разрушение молекул озона, являются простые вещества (водород, атомы кислорода, хлора, брома), неорганические (хлороводород, монооксид азота) и органические соединения (метан, фторхлор- и фторбромфреоны, которые выделяют атомы хлора и брома). В отличие, например от гидрофторфреонов, которые распадаются до атомов фтора, которые, в свою очередь, быстро реагируют с водой образуя стабильный фтороводород. Таким образом, фтор не участвует в реакциях распада озона. Йод также не разрушает стратосферный озон, так как иодсодержащие органические вещества почти полностью расходуются ещё в тропосфере. Основные реакции, вносящие вклад в разрушение озона приведены в статье про озоновый слой.

Последствия

Ослабление озонового слоя усиливает поток солнечного ультрафиолетового излучения на Землю, что может являться причиной роста числа раковых образований кожи у людей. Также повышенный уровень излучения ведет к резкому увеличению смертности среди морских животных и растений.

Восстановление озонового слоя

Хотя человечеством были приняты меры по ограничению выбросов хлор- и бромсодержащих фреонов путём перехода на другие вещества, например фторсодержащие фреоны, процесс восстановления озонового слоя займёт несколько десятилетий. Прежде всего, это обусловлено огромным объёмом уже накоп-

ленных в атмосфере фреонов, которые имеют время жизни десятки и даже сотни лет. Поэтому затягивание озоновой дыры не стоит ожидать ранее 2048 года.

Основными разрушителями озона являются фреоны

Это утверждение справедливо для средних и высоких широт. В остальных хлорный цикл ответственен только за 15—25 % потерь озона в стратосфере. При этом необходимо отметить, что 80 % хлора имеет антропогенное происхождение (подробнее про вклад различных циклов. То есть вмешательство человека сильно увеличивает вклад хлорного цикла. И при имевшейся тенденции к увеличению производства фреонов до вступления в действие Монреальского протокола (10 % в год) от 30 до 50 % общих потерь озона в 2050 году обуславливалось бы воздействием фреонов. До вмешательства человека процессы образования озона и его разрушения находились в равновесии. Но фреоны, выбрасываемые при человеческой деятельности, сместили это равновесие в сторону уменьшения концентрации озона. Что же касается полярных озоновых дыр, то здесь ситуация совершенно иная. Механизм разрушения озона в принципе отличается от более высоких широт, ключевой стадией является превращение неактивных форм галогенсодержащих веществ в оксиды, которая протекает на поверхности частиц полярных стратосферных облаков. И в результате практически весь озон разрушается в реакциях с галогенами, за 40—50 % ответственен хлор и порядка 20—40 % — бром.

Есть мнение, что природные источники галогенов, например вулканы или океаны, более значимы для процесса разрушения озона, чем произведённые человеком. Не подвергая сомнению вклад природных источников в общий баланс галогенов, необходимо отметить, что в основном они не достигают стратосферы ввиду того, что являются водорастворимыми (в основном хлорид-ионы и хлороводород) и вымываются из атмосферы, выпадая в виде дождей на землю. Также природные соединения менее устойчивы, чем фреоны, например метилхлорид имеет атмосферное время жизни всего порядка года, по сравнению с десятками и сотнями лет для фреонов. Поэтому их вклад в разрушении стратосферного озона довольно мал. Даже редкое по своей силе извержение вулкана Пинатубо в июне 1991 года вызвало падение уровня озона не за

счёт высвобождаемых галогенов, а за счёт образования большой массы серноокислых аэрозолей, поверхность которых катализировала реакции разрушения озона. К счастью, уже через три года практически вся масса вулканических аэрозолей была удалена из атмосферы. Таким образом, извержения вулканов являются сравнительно краткосрочными факторами воздействия на озоновый слой, в отличие от фреонов, которые имеют времена жизни в десятки и сотни лет.

Многие не понимают, почему озоновая дыра образуется в Антарктике, когда основные выбросы фреонов происходят в Северном полушарии. Дело в том, что фреоны хорошо перемешаны в тропосфере и стратосфере. Ввиду малой реакционной способности они практически не расходуются в нижних слоях атмосферы и имеют срок жизни в несколько лет или даже десятилетий. Поэтому они легко достигают верхних слоёв атмосферы. Антарктическая «озоновая дыра» существует не постоянно. Она появляется в конце зимы — начале весны (август–сентябрь). Причины, по которой озоновая дыра образуется в Антарктике, связаны с особенностями местного климата. Низкие температуры антарктической зимы приводят к образованию полярного вихря. Воздух внутри этого вихря движется в основном по замкнутым траекториям вокруг Южного полюса. В это время полярная область не освещается Солнцем, и там озон не возникает. С приходом лета количество озона увеличивается и снова выходит на прежнюю норму. То есть колебания концентрации озона над Антарктикой — сезонные. Однако, если проследить усреднённую в течение года динамику изменения концентрации озона и размера озоновой дыры в течение последних десятилетий, то имеется строго определённая тенденция к падению концентрации озона.

Уровень озона также падает во всей атмосфере. Это показывают результаты долговременных измерений концентрации озона в разных точках планеты.

Вопросы для повторения

1. Какие элементы входят в химический состав воздуха?
2. Перечислите климатообразующие факторы.

3. Объясните механизм образования озоновых дыр.
4. Объясните влияние озоновых дыр на здоровье человека.
5. Перечислите основные разрушители озона

Тема 6: Загрязнение атмосферы и его источники

1. Виды загрязнения.
2. Источники загрязнения.
3. Основные загрязнители.
4. Последствия загрязнения атмосферы земли.

Вопрос 1. Виды загрязнения

Атмосфера — газовая оболочка, окружающая планету Земля. Внутренняя её поверхность покрывает гидросферу и частично земную кору, внешняя граничит с околоземной частью космического пространства.

Атмосфера Земли возникла в результате выделения газов при вулканических извержениях. С появлением океанов и биосферы она формировалась и за счёт газообмена с водой, растениями, животными и продуктами их разложения в почвах и болотах. В настоящее время атмосфера Земли состоит в основном из газов и различных примесей (пыль, капли воды, кристаллы льда, морские соли, продукты горения). Концентрация газов, составляющих атмосферу, практически постоянна, за исключением воды (H₂O) и углекислого газа (CO₂).

Состав сухого воздуха:

Азот	78,084%
Кислород	20,946%
Аргон	0,932%
Вода	0,5-4%
Углекислый газ	0,0387%

Кроме указанных газов, в атмосфере содержатся неон, гелий, метан, криптон, водород, ксенон, закись азота и многие другие газы в незначительных количествах. В тропосфере по-

стоянно находится большое количество взвешенных твёрдых и жидких частиц (аэрозоль).

Значение атмосферного воздуха:

- Кислород, входящий в состав атмосферы необходим для всех живых организмов в процессе дыхания;
- Регулирует тепловой режим Земли, способствует перераспределению тепла и влаги по земному шару;
- Определяет погоду на поверхности Земли
- Определяет световой режим;
- Предохраняет Землю от губительных рентгеновских, ультрафиолетовых и космических лучей;
- Среда для распространения звука;
- Важный путь для воздушного транспорта.

Вопрос 2. Источники загрязнения

Загрязнение атмосферы — привнесение в атмосферный воздух новых нехарактерных для него физических, химических и биологических веществ или изменение их естественной концентрации.

По источникам загрязнения выделяют два вида загрязнения атмосферы:

- Естественные - извержения вулканов, лесные пожары, пыльные бури, процессы выветривания, разложение органических веществ;
- Искусственные - промышленные и теплоэнергетические предприятия, транспорт, системы отопления жилищ, сельское хозяйство, бытовые отходы.

По характеру загрязнителя загрязнение атмосферы бывает трех видов:

- Физическое — механическое (пыль, твердые частицы), радиоактивное (радиоактивное излучение и изотопы), электромагнитное (различные виды электромагнитных волн, в т.ч. радиоволны), шумовое (различные громкие звуки и низкочастотные колебания) и тепловое загрязнение (например, выбросы теплого воздуха и т.п.)
- Химическое — загрязнение газообразными веществами и аэрозолями. На сегодняшний день основные химические за-

грязнители атмосферного воздуха это оксид углерода (IV), оксиды азота, диоксид серы, углеводороды, альдегиды, тяжёлые металлы (Pb, Cu, Zn, Cd, Cr), аммиак, атмосферная пыль и радиоактивные изотопы

- Биологическое — в основном загрязнение микробной природы. Например, загрязнение воздуха вегетативными формами и спорами бактерий и грибов, вирусами, а также их токсинами и продуктами жизнедеятельности.

Вопрос 3. Основные загрязнители

Оксид углерода (CO) – бесцветный газ, не имеющий запаха, известен также под названием «угарный газ». Образуется в результате неполного сгорания ископаемого топлива (угля, газа, нефти) в условиях недостатка кислорода и при низкой температуре. При этом 65% от всех выбросов приходится на транспорт, 21% - на мелких потребителей и бытовой сектор, а 14% - на промышленность. При вдыхании угарный газ за счёт имеющейся в его молекуле двойной связи образует прочные комплексные соединения с гемоглобином крови человека и тем самым блокирует поступление кислорода в кровь.

Двуокись углерода (CO₂) – или углекислый газ, - бесцветный газ с кислотным запахом и вкусом, продукт полного окисления углерода. Является одним из парниковых газов. К естественным источникам двуокиси углерода в атмосфере относятся вулканические извержения, сгорание органических веществ в воздухе и дыхание представителей животного мира. Также углекислый газ производится некоторыми микроорганизмами в результате процесса брожения, клеточного дыхания и в процессе перегнивания органических останков в воздухе. К антропогенным источникам CO₂ в атмосферу относятся: сжигание ископаемых топлив для получения тепла, производства электроэнергии, транспортировки людей и грузов. К значительному выделению CO₂ приводят некоторые виды промышленной активности, такие, например, как производство цемента и утилизация газов путем их сжигания в факелах.

Диоксид серы (SO₂) (диоксид серы, сернистый ангидрид) - бесцветный газ с резким запахом. Образуется в процессе сго-

рания серосодержащих ископаемых видов топлива, в основном угля, а также при переработке сернистых руд. Он, в первую очередь, участвует в формировании кислотных дождей. Общемировой выброс SO₂ оценивается в 190 млн. тонн в год. Длительное воздействие диоксида серы на человека приводит вначале к потере вкусовых ощущений, стесненному дыханию, а затем – к воспалению или отеку лёгких, перебоям в сердечной деятельности, нарушению кровообращения и остановке дыхания.

Оксиды азота (оксид и диоксид азота). При всех процессах горения образуются окислы азота, причем большей частью в виде оксида. Чем выше температура сгорания, тем интенсивнее идет образование окислов азота. Другим источником окислов азота являются предприятия, производящие азотные удобрения, азотную кислоту и нитраты, анилиновые красители, нитросоединения. Количество окислов азота, поступающих в атмосферу, составляет 65 млн. тонн в год. От общего количества выбрасываемых в атмосферу оксидов азота на транспорт приходится 55%, на энергетику – 28%, на промышленные предприятия – 14%, на мелких потребителей и бытовой сектор – 3%.

Озон (O₃) – газ с характерным запахом, более сильный окислитель, чем кислород. Его относят к наиболее токсичным из всех обычных загрязняющих воздух примесей. В нижних слоях тропосферы озон образуется вследствие фотохимических реакций, в которых участвуют вещества, содержащиеся в выхлопных газах автотранспорта и выбросах промышленных предприятий, тепловых электростанций

Углеводороды – химические соединения углерода и водорода. К ним относят тысячи различных загрязняющих атмосферу веществ, содержащихся в несгоревшем бензине, жидкостях, применяемых в химичтке, промышленных растворителях и т.д.

Свинец (Pb) – серебристо-серый металл, токсичный в любой известной форме. Широко используется для производства красок, боеприпасов, типографского сплава и т.п. Около 60% мировой добычи свинца ежегодно расходуется для производства кислотных аккумуляторов. Однако основным источником (около 80%) загрязнения атмосферы соединениями свинца являются выхлопные газы транспортных средств, в которых используется этилированный бензин.

Промышленные пыли в зависимости от механизма их образования подразделяются на следующие 4 класса:

- механическая пыль – образуется в результате измельчения продукта в ходе технологического процесса;
- возгоны – образуются в результате объёмной конденсации паров веществ при охлаждении газа, пропускаемого через технологический аппарат, установку или агрегат;
- летучая зола – содержащийся в дымовом газе во взвешенном состоянии несгораемый остаток топлива, образуется из его минеральных примесей при горении;
- промышленная сажа – входящий в состав промышленного выброса твёрдый высокодисперсный углерод, образуется при неполном сгорании или термическом разложении углеводородов.

Основными источниками антропогенных аэрозольных загрязнений воздуха являются теплоэлектростанции (ТЭС), потребляющие уголь. Сжигание каменного угля, производство цемента и выплавка чугуна дают суммарный выброс пыли в атмосферу, равный 170 млн. тонн в год .

Вопрос 4. Последствия загрязнения атмосферы земли

К числу наиболее значительных антропогенных изменений в атмосфере относятся:

- Парниковый эффект - повышение температуры нижних слоёв атмосферы планеты по сравнению с эффективной температурой, то есть температурой теплового излучения планеты, наблюдаемого из космоса. Солнечная энергия, проходя через атмосферу нагревает поверхность Земли, но излучаемая Землей тепловая энергии не может улетучиться обратно в космос, так как атмосфера Земли задерживает ее, действуя наподобие полиэтилена в парнике. Последствия - изменение климата Земли.

- Разрушение озонового слоя. Озоновые дыры - локальное падение концентрации озона в озоновом слое Земли. Ослабление озонового слоя усиливает поток солнечной радиации на Землю и вызывает у людей рост числа раковых образований кожи. Также от повышенного уровня излучения страдают растения и животные.

- Кислотные дожди - атмосферные осадки в виде дождя или снега, содержащие соединения серы. Кислотные дожди поступают в атмосферу в результате выброса отходов металлургической и химической промышленности. При выпадении кислотных дождей и таянии кислотного снега образуется серная кислота, оказывающая вредное воздействие на здоровье людей, состояние растительного и животного мира, зданий и сооружений.

- Фотохимический смог - смог, основной причиной возникновения которого считаются автомобильные выхлопы. Фотохимический смог может вызвать поражение дыхательных путей, рвоту, раздражение слизистой оболочки глаз и общую вялость.

Основные способы борьбы с загрязнением атмосферы

- Внедрение безотходных и малоотходных производств.
- Внедрение газоочистных и пылеулавливающих установок на промышленных предприятиях.
- Уменьшение вредных выбросов автотранспорта в атмосферу.
- Применение автоматизированных систем управления (АСУ) городским транспортом.
- Организация пешеходных зон с полным запретом въезда транспорта.

Вопросы для повторения

1. Что входит в состав воздуха?
2. Объясните значение атмосферного воздуха.
3. Перечислите основные способы борьбы с загрязнением атмосферы.
4. Перечислите значительные антропогенные изменения в атмосфере.
5. Перечислите основные загрязнители атмосферы.

Тема 7: Кислотные дожди. Кислоты и щелочи

Вопросы

1. Кислотные дожди.
2. Кислоты и щелочи.

Вопрос 1. Кислотные дожди

Кислотные дожди – один из терминов, который принесла человечеству индустриализация. Неумное расходование ресурсов планеты, огромные масштабы сжигание топлива, экологически несовершенные технологии – яркие признаки бурного развития промышленности, что в итоге сопровождается химическим загрязнением воды, воздуха и земли. Кислотные дожди – только одно из проявлений таких загрязнений.

Впервые упомянутое в далеком 1872 году, **по-настоящему актуальным понятие стало только во второй половине 20 века.** В настоящее время кислотные дожди – проблема для многих стран мира, в том числе США и практически всех стран Европы.

Причины кислотных дождей

Определенный уровень кислотности имеет любая дождевая вода. Но в нормальном случае этот показатель соответствует нейтральному уровню pH – 5,6-5,7 или несколько выше. Небольшая кислотность объясняется содержанием в воздухе углекислого газа, но считается настолько низкой, что не наносит никакого вреда живым организмам. Таким образом, причины кислотных дождей связаны исключительно с деятельностью человека, и не могут быть объяснены естественными причинами.

Предпосылки для повышения кислотности атмосферной воды возникают, когда промышленные предприятия выбрасывают большие объемы оксидов серы и оксидов азота. Наиболее характерные источники таких загрязнений – это выхлопные газы автомобилей, металлургическое производство и тепловые электростанции (ТЭЦ). К сожалению, современный уровень развития технологий очистки не позволяет отфильтровывать соединения азота и серы, который возникают в результате сгорания угля, торфа, других видов сырья, что используются в промышленности. В итоге такие оксиды попадают в атмосферу, соединяются с водой в результате реакций под действием солнечного света, и выпадают на землю в виде осадков, которые и называют «кислотные дожди».

Последствия кислотных дождей

Ученые отмечают, что **последствия кислотных дождей очень многомерны, и опасны как для людей и животных, так и растений.** В числе главных специалисты называют следующие эффекты:

1. **Кислотные дожди заметно повышают кислотность озер, прудов, водохранилищ,** в результате чего там постепенно вымирает их естественная флора и фауна. В результате изменения экосистемы водоемов, происходит их заболачивание, засорение, повышенная илистость. Кроме того, в результате таких процессов вода становится непригодной для использования человеком. В ней повышается содержание солей тяжелых металлов и различных токсичных соединений, которые в нормальной ситуации поглощаются микрофлорой водоема.

2. **Кислотные дожди приводят к деградации лесов, вымиранию растений.** Особенно страдают хвойные деревья, так как медленное обновление листвы не дает им возможности самостоятельно устранять последствия кислотных дождей. Очень подвержены таким осадкам и молодые леса, качество которых стремительно падает. При постоянном воздействии воды с повышенной кислотностью, деревья погибают.

3. В США и Европе **кислотные дожди – одна из распространенных причин плохих урожаев,** вымирания сельскохозяйственных культур на огромных площадях. При этом причина такого ущерба кроется как в прямом воздействии, которое оказывают кислотные дожди на растения, так и в нарушениях минерализации почвы.

4. **Кислотные дожди наносят непоправимый ущерб памятникам архитектуры, зданиям, сооружениям.** Действие таких осадков вызывает ускоренную коррозию металлов, выход из строя механизмов.

5. При текущей кислотности, которую имеют кислотные дожди, в некоторых случаях они могут наносить прямой вред человеку и животным. Прежде всего, **люди в зонах повышенной опасности страдают от заболеваний верхних дыхательных путей.** Впрочем, не так далек тот день, когда насыщенность вредных веществ в атмосфере достигнет уровня, при котором в виде осадков будет выпадать серная и нитратная кис-

лота достаточно высокой концентрации. В такой ситуации угроза здоровью человека окажется уже значительно более высокой.

Бороться с самими осадками практически невозможно. Выпадая на огромных территориях, кислотные дожди наносят значительный ущерб, и конструктивного решения этой проблемы нет.

Другое дело, что **в случае с кислотными дождями критически необходимо бороться не с последствиями, а с причинами такого явления.** Поиск альтернативных источников добычи энергии, экологически безопасный автотранспорт, новые технологии производства и технологии очистки выбросов в атмосферу – неполный список того, чем обязано озаботиться человечество, чтоб последствия не приобрели катастрофический характер.

Вопрос 2. Кислоты и щелочи

Кислоты — химические соединения, способные отдавать катион водорода (кислоты Брёнстеда) либо соединения, способные принимать электронную пару с образованием ковалентной связи (кислоты Льюиса)

В быту и технике под кислотами обычно подразумеваются кислоты Брёнстеда, образующие в водных растворах избыток ионов гидроксония H_3O^+ . Присутствие этих ионов обуславливает кислый вкус растворов кислот, способность менять окраску индикаторов и, в высоких концентрациях, раздражающее действие кислот. Подвижные атомы водорода кислот способны замещаться на атомы металлов с образованием солей, содержащих катионы металлов и анионы кислотного остатка.

Классификация кислот

- По содержанию атомов кислорода:
- бескислородные (HCl , H_2S);
- кислородсодержащие (HNO_3 , H_2SO_4).
- По количеству кислых атомов водорода:
- одноосновные (HNO_3);
- двухосновные (H_2SeO_4);
- трёхосновные (H_3PO_4 , H_3BO_3);
- многоосновные.

- По силе
 - Сильные — диссоциируют практически полностью, константы диссоциации больше $1 \cdot 10^{-3}$ (HNO_3);
 - Слабые — константа диссоциации меньше $1 \cdot 10^{-3}$ (уксусная кислота $K_d = 1,7 \cdot 10^{-5}$).
- По устойчивости
 - Устойчивые (H_2SO_4);
 - Неустойчивые (H_2CO_3).
- По принадлежности к классам химических соединений
 - Неорганические (HBr);
 - Органические ($\text{HCOOH}, \text{CH}_3\text{COOH}$);
- По летучести
 - Летучие ($\text{HNO}_3, \text{H}_2\text{S}, \text{HCl}$);
 - Нелетучие (H_2SO_4);
- По растворимости в воде
 - Растворимые (H_2SO_4);
 - Нерастворимые (H_2SiO_3);

Номенклатура неорганических кислот

Названия кислородсодержащих кислот состоят из двух частей: собственного названия кислоты, выраженного прилагательным, и группового слова кислота (серная кислота, фосфорная кислота). Собственное название кислоты образуется от русского названия кислотообразующего элемента путём добавления различных суффиксов:

- -н-, -ов-, -ев- (если элемент находится в единственной или высшей степени окисления);
- промежуточная степень окисления +5 обозначается суффиксом -новат- (хлорноватая кислота HClO_3 , бромноватая кислота HBrO_3 , иодноватая кислота HIO_3);
- промежуточные степени окисления +3 и +4 обозначаются суффиксом -(ов)ист- (мышьяковистая кислота HAsO_2 , хлористая кислота HClO_2);
- степень окисления +1 обозначается суффиксом -новатист- (азотноватистая кислота $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$, хлорноватистая кислота HClO).

Если кислотообразующий элемент в двух кислотах находится в одной и той же степени окисления, но кислоты отличаются по «содержанию воды», то для кислоты с меньшим содер-

жением кислорода к названию добавляют приставку мета-, а для кислоты с большим содержанием кислорода — приставку орто-, например, метафосфорная кислота HPO_3 и ортофосфорная кислота H_3PO_4 .

Кислородсодержащие кислоты с несколькими кислотообразующими элементами называются изополикислотами. Их обычно называют традиционными названиями (дифосфорная кислота $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$, дисерная кислота $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$).

Кислоты, в которых атомы кислорода заменены на атомы серы, называются тиокислотами и имеют соответствующую приставку тио- (тиофосфорная кислота $\text{H}_3\text{PO}_3\text{S}$). Если гидроксильные группы кислоты или атомы кислорода замещены на атомы галогенов или аминогруппу, то к названию также добавляется соответствующая приставка (амидофосфорная кислота $\text{H}_2\text{PO}_3\text{NH}_2$), а замещённые серные кислоты по традиции называют сульфоновыми (хлорсульфоновая кислота ClSO_3H).

Кислоты с пероксидным мостиком -O-O- относятся к пероксокислотам и имеют приставку пероксо- (пероксомоносерная кислота H_2SO_5) либо над- (надсерная кислота).

В систематических названиях кислот к корню латинского названия кислотообразующего элемента добавляют суффикс -ат, а названия остальных элементов или их групп в анионе обозначаются приставками. В скобках указывают степень окисления кислотообразующего элемента, если она имеет целочисленное значение. В противном случае в название включают и число атомов водорода: HClO_4 — тетраоксохлорат(VII) водорода (хлорная кислота), HAuCl_4 — тетрахлороаурат(III) водорода (золотохлористоводородная кислота), $\text{H}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ — гексагидроксостибат(V) водорода и т. д.

Номенклатура органических кислот

Традиционно для простейших карбоновых кислот наиболее распространены тривиальные названия, некоторые из которых образовались ещё в XVII веке (уксусная кислота, масляная кислота, адипиновая кислота, фталевая кислота). Высшие карбоновые кислоты с чётным числом атомов углерода также имеют тривиальные названия, которые, однако, так сходны, что их употребление может вызывать путаницу (каприловая кислота, каприновая кислота).

Систематические названия карбоновых кислот образуются путём добавления окончания -овая кислота к названию соответствующего кислоте алкана (гексановая кислота, пентакозановая кислота). В случае дикарбоновых кислот используется окончание -диовая кислота (декандиовая кислота). Иногда название более удобно образовывать при помощи окончания -карбоновая кислота, которое означает замену одного атома водорода в соединении на карбоксильную группу. Такой подход применяется в тех случаях, когда карбоксильная группа присоединена к циклической системе (циклопропанкарбоновая кислота).

Если в карбоновой кислоте содержится пероксидный мостик, то к названию таких кислот добавляются приставки перокси-, пер- или над- (надуксусная кислота, пероксибензойная кислота).

Для обозначения серосодержащих органических кислот используют окончания -сульфовая кислота (RSO_3H), -сульфиновая кислота (RSO_2H), -сульфеновая кислота ($RSOH$), аналогичным образом добавляя их к названию родоначального алкана RH .

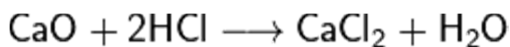
Тривиальные названия некоторых органических кислот

Формула	Название по ИЮПАК	Тривиальное название	Происхождение тривиального названия
$HCOOH$	метановая кислота	муравьиная кислота	лат. formica — муравьи
CH_3COOH	этановая кислота	уксусная кислота	лат. acetum — уксус
CH_3CH_2COOH	пропановая кислота	пропионовая кислота	др.-греч. proto + pion — первый + жир
$CH_3(CH_2)_2COOH$	бутановая кислота	масляная кислота	лат. butyrum — масло
$CH_3(CH_2)_3COOH$	пентановая кислота	валериановая кислота	лат. Valeriana — валериана
$CH_3(CH_2)_4COOH$	гексановая кислота	капроновая кислота	лат. caper — коза
$CH_3(CH_2)_5COOH$	гептановая кислота	энантовая кислота	др.-греч. oenanthe — цветок винограда
$CH_3(CH_2)_6COOH$	октановая кислота	каприловая кислота	лат. caper — коза
	нонановая кислота	пеларгоновая кислота	лат. Pelargonium — пеларгония
$CH_3(CH_2)_8COOH$	декановая кислота	каприновая кислота	лат. caper — коза

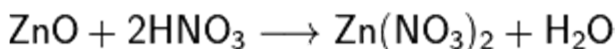
CH ₃ -(CH ₂) ₉ -COOH	ундекановая кислота	ундециловая кислота	
CH ₃ -(CH ₂) ₁₀ -COOH	додекановая кислота	лауриновая кислота	лат. Laurus — лавр
CH ₃ -(CH ₂) ₁₁ -COOH	тридекановая кислота	тридециловая кислота	
CH ₃ -(CH ₂) ₁₂ -COOH	тетрадекановая кислота	миристиновая кислота	лат. Myristica — мускатный орех, др.-греч. μύρον — оливковое масло
CH ₃ -(CH ₂) ₁₃ -COOH	пентадекановая кислота	пентадециловая кислота	
CH ₃ -(CH ₂) ₁₄ -COOH	гексадекановая кислота	пальмитиновая кислота	лат. palma — пальмовое дерево
CH ₃ -(CH ₂) ₁₅ -COOH	гептадекановая кислота	маргариновая кислота	др.-греч. margaron — жемчуг
CH ₃ -(CH ₂) ₁₆ -COOH	октадекановая кислота	стеариновая кислота	др.-греч. stear — сало
CH ₃ -(CH ₂) ₁₇ -COOH	нонадекановая кислота	нонадециловая кислота	
C ₆ H ₅ -COOH	бензолкарбоновая кислота	бензойная кислота	
CH ₂ =CH-COOH	пропеновая кислота	акриловая кислота	лат. acer + olere — острый запах
CH≡C-COOH	пропиновая кислота	пропиоловая кислота	
CH ₃ -C(CH ₃) ₂ -COOH	2,2-диметилпропановая	пивалиновая кислота	сокр. от пинаколин + валериановая кислота

Химические свойства кислот

- Взаимодействие с основными оксидами с образованием соли и воды:



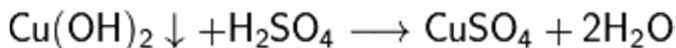
- Взаимодействие с амфотерными оксидами с образованием соли и воды:



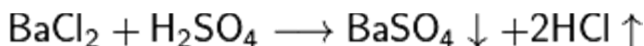
- Взаимодействие со щелочами с образованием соли и воды (реакция нейтрализации):



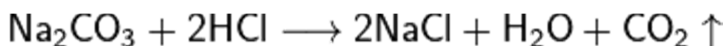
• Взаимодействие с нерастворимыми основаниями с образованием соли и воды, если используемая кислота растворима:



• Взаимодействие с солями, если выпадает осадок или выделяется газ:

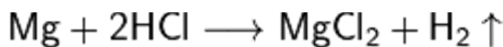


• Сильные кислоты вытесняют более слабые из их солей:

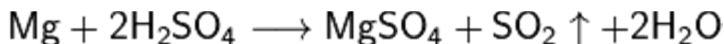


(в данном случае образуется неустойчивая угольная кислота H_2CO_3 , которая сразу же распадается на воду и углекислый газ).

• Металлы, стоящие в ряду активности до водорода, вытесняют его из раствора кислоты (кроме азотной кислоты HNO_3 любой концентрации и концентрированной серной кислоты H_2SO_4), если образующаяся соль растворима:



• С азотной кислотой и концентрированной серной кислотами реакция идёт иначе:



• Для органических кислот характерна реакция этерификации (взаимодействие со спиртами с образованием сложного эфира и воды):



Например:



Щёлочи — гидроксиды щелочных, щёлочноземельных металлов. К щелочам относят хорошо растворимые в воде основания. При диссоциации щёлочи образуют анионы OH^- и катион металла.

К щелочам относятся гидроксиды металлов подгрупп Ia и IIa (начиная с кальция) периодической системы, например NaOH (едкий натр), KOH (едкий калий), Ba(OH)₂ (едкий барий). В качестве исключения можно отнести к щелочам гидроксид одновалентного таллия TlOH, который хорошо растворим в воде и является сильным основанием. Едкие щёлочи — тривиальное название гидроксидов лития LiOH, натрия NaOH, калия KOH, рубидия RbOH, и цезия CsOH.

Физические свойства

Гидроксиды щелочных металлов (едкие щёлочи) представляют собой твёрдые, белые, очень гигроскопичные вещества. Щёлочи — сильные основания, очень хорошо растворимые в воде, причём реакция сопровождается значительным тепловыделением. Сила основания и растворимость в воде возрастает с увеличением радиуса катиона в каждой группе периодической системы. Самые сильные щёлочи — гидроксид цезия (поскольку из-за очень малого периода полураспада гидроксид франция не получен в макроскопических количествах) в группе Ia и гидроксид радия в группе IIa. Кроме того, едкие щёлочи растворимы в этаноле и метаноле.

Химические свойства

Щёлочи проявляют основные свойства. В твёрдом состоянии все щёлочи поглощают H_2O из воздуха, а также CO_2 (также и в состоянии раствора) из воздуха, постепенно превращаясь в карбонаты. Щёлочи широко применяются в промышленности.

Взаимодействие с кислотами

Щелочи, как основания, взаимодействуют с кислотами с образованием соли и воды (реакция нейтрализации). Это одно из самых важных химических свойств щелочей.

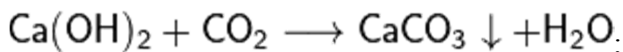
Щёлочь + Кислота → Соль + Вода



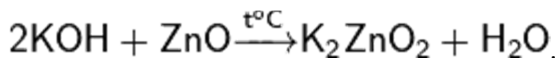
Взаимодействие с кислотными оксидами

Щёлочи взаимодействуют с кислотными оксидами с образованием соли и воды:

Щёлочь + Кислотный оксид → Соль + Вода

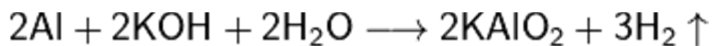
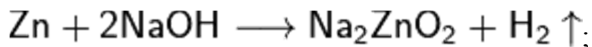


Взаимодействие с амфотерными оксидами

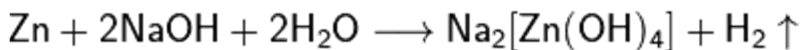


Взаимодействие с переходными металлами

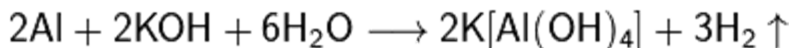
Растворы щелочей взаимодействуют с металлами, которые образуют амфотерные оксиды и гидроксиды (Zn , Al и др). Уравнения этих реакций в упрощённом виде могут быть записаны следующим образом:



Реально в ходе этих реакций в растворах образуются гидроксокомплексы (продукты гидратации указанных выше солей):



;

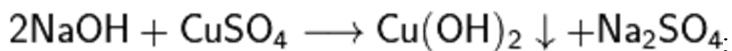


;

Взаимодействие с растворами солей

Растворы щелочей взаимодействуют с растворами солей, если образуется нерастворимое основание или нерастворимая соль:

Раствор щёлочи + Раствор соли → Новое основание + Новая соль



Получение

Растворимые основания получают различными способами

Гидролиз щелочных\щелочноземельных металлов

Получают путём электролиза хлоридов щелочных металлов или действием воды на оксиды щелочных металлов.

Вопросы для повторения

1. Объясните химические свойства кислот
2. Объясните процессы получения щелочи.
3. Какие вещества относят к кислотам.
4. Как классифицируются кислоты
5. Приведите примеры органических и неорганических кислот.

Тема 8: Показатель кислотности растворов рН

Вопросы

1. Общее понятие.
2. Значение рН в растворах различной кислотности.
3. Методы определения значения рН.
4. Роль рН в химии и биологии.

Вопрос 1. Общее понятие

Водородный показатель, рН»,— мера активности (в очень разбавленных растворах она эквивалентна концентрации) ионов водорода в растворе, количественно выражающая его кислотность. Равен по модулю и противоположен по знаку десятичному логарифму активности водородных ионов, выраженной в молях на один литр:

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$$

История

Это понятие было введено в 1909 году датским химиком Сёренсенем. Показатель называется рН, по первым буквам латинских слов *potentia hydrogeni* — сила водорода, или *pondus hydrogeni* — вес водорода. Вообще в химии сочетанием рХ принято обозначать величину, равную $-\lg X$, а буква Н в данном случае обозначает концентрацию ионов водорода (H^+), или, точнее, термодинамическую активность гидроксоний-ионов.

Вывод значения рН

В чистой воде при 25 °С концентрации ионов водорода ($[\text{H}^+]$) и гидроксид-ионов ($[\text{OH}^-]$) одинаковы и составляют 10^{-7} моль/л, это напрямую следует из определения ионного произведения воды, которое равно $[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]$ и составляет 10^{-14} моль²/л² (при 25 °С).

Когда концентрации обоих видов ионов в растворе одинаковы, говорят, что раствор имеет **нейтральную** реакцию. При добавлении к воде кислоты концентрация ионов водорода уве-

личивается, а концентрация гидроксид-ионов соответственно уменьшается, при добавлении основания — наоборот, повышается содержание гидроксид-ионов, а концентрация ионов водорода падает. Когда $[H^+] > [OH^-]$ говорят, что раствор является **кислым**, а при $[OH^-] > [H^+]$ — **щелочным**.

Для удобства представления, чтобы избавиться от отрицательного показателя степени, вместо концентраций ионов водорода пользуются их десятичным логарифмом, взятым с обратным знаком, который собственно и является водородным показателем — рН.

$$pH = -\lg [H^+]$$

рОН

Несколько меньшее распространение получила обратная рН величина — показатель основности раствора, рОН, равная отрицательному десятичному логарифму концентрации в растворе ионов OH^- : как в любом водном растворе при 25 °С $[H^+][OH^-] = 1,0 \cdot 10^{-14}$, очевидно, что при этой температуре:

$$pOH = 14 - pH$$

Вопрос 2. Значения рН в растворах различной кислотности

Вопреки распространённому мнению, рН может изменяться не только в интервале от 0 до 14, а может и выходить за эти пределы. Например, при концентрации ионов водорода $[H^+] = 10^{-15}$ моль /л, рН = 15, при концентрации ионов гидроксида 10 моль /л рОН = -1.

Так как при 25 °С (стандартных условиях) $[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$, то понятно, что при этой температуре рН + рОН = 14.

Так как в кислых растворах $[H^+] > 10^{-7}$, то у кислых растворов рН < 7, аналогично, у щелочных растворов рН > 7, рН нейтральных растворов равен 7. При более высоких температурах константа электролитической диссоциации воды повышается, соответственно увеличивается ионное произведение воды, поэтому нейтральной оказывается рН = 7 (что соответствует од-

новременно возросшим концентрациям как H^+ , так и OH^-); при понижении температуры, напротив, нейтральная рН возрастает.

Некоторые значения рН	
Вещество	рН
Электролит в свинцовых аккумуляторах	<1,0
Желудочный сок	1,0–2,0
Лимонный сок (5 % р-р лимонной кислоты)	2,0±0,3
Пищевой уксус	2,4
Кока-кола	3,0±0,3
Яблочный сок	3,0
Пиво	4,5
Кофе	5,0
Шампунь	5,5
Чай	5,5
Кожа здорового человека	5,5
Кислотный дождь	< 5,6
Питьевая вода	6,5–8,5
Слюна	6,8–7,4
Молоко	6,6–6,93
Чистая вода при 25 °С	7,0
Кровь	7,36–7,44
Морская вода	8,0
Мыло (жировое) для рук	9,0–10,0
Нашатырный спирт	11,5
Отбеливатель (хлорная известь)	12,5
Концентрированные растворы щелочей	>13

Вопрос 3. Методы определения значения рН

Для определения значения рН растворов широко используют несколько методик. Водородный показатель можно приблизительно оценивать с помощью индикаторов, точно измерять рН-метром или определять аналитически путём, проведением кислотно-основного титрования.

1. Для грубой оценки концентрации водородных ионов широко используются кислотно-основные индикаторы — органические вещества-красители, цвет которых зависит от pH среды. К наиболее известным индикаторам принадлежат лакмус, фенолфталеин, метиловый оранжевый (метиловый оранжевый) и другие. Индикаторы способны существовать в двух по-разному окрашенных формах — либо в кислотной, либо в основной. Изменение цвета каждого индикатора происходит в своём интервале кислотности, обычно составляющем 1–2 единицы.

2. Для расширения рабочего интервала измерения pH используют так называемый универсальный индикатор, представляющий собой смесь из нескольких индикаторов. Универсальный индикатор последовательно меняет цвет с красного через жёлтый, зелёный, синий до фиолетового при переходе из кислой области в щелочную. Определения pH индикаторным методом затруднено для мутных или окрашенных растворов.

3. Использование специального прибора — pH-метра — позволяет измерять pH в более широком диапазоне и более точно (до 0,01 единицы pH), чем с помощью индикаторов. Ионметрический метод определения pH основывается на измерении милливольтметром-ионометром ЭДС гальванической цепи, включающей специальный стеклянный электрод, потенциал которого зависит от концентрации ионов H^+ в окружающем растворе. Способ отличается удобством и высокой точностью, особенно после калибровки индикаторного электрода в избранном диапазоне pH, позволяет измерять pH непрозрачных и цветных растворов и потому широко используется.

4. Аналитический объёмный метод — кислотно-основное титрование — также даёт точные результаты определения кислотности растворов. Раствор известной концентрации (титрант) по каплям добавляется к исследуемому раствору. При их смешивании протекает химическая реакция. Точка эквивалентности — момент, когда титранта точно хватает, чтобы полностью завершить реакцию, — фиксируется с помощью индикатора. Далее, зная концентрацию и объём добавленного раствора титранта, вычисляется кислотность раствора.

5. Влияние температуры на значения pH
0,001 моль/л HCl при 20 °C имеет pH=3, при 30 °C pH=3

0,001 моль/л NaOH при 20 °С имеет рН=11,73, при 30 °С рН=10,83

Влияние температуры на значения рН объясняется различной диссоциацией ионов водорода (H^+) и не является ошибкой эксперимента. Температурный эффект невозможно компенсировать за счет электроники рН-метра.

Вопрос 4. Роль рН в химии и биологии

Кислотность среды имеет важное значение для множества химических процессов, и возможность протекания или результат той или иной реакции часто зависит от рН среды. Для поддержания определённого значения рН в реакционной системе при проведении лабораторных исследований или на производстве применяют буферные растворы, которые позволяют сохранять практически постоянное значение рН при разбавлении или при добавлении в раствор небольших количеств кислоты или щёлочи.

Водородный показатель рН широко используется для характеристики кислотно-основных свойств различных биологических сред.

Кислотность реакционной среды особое значение имеет для биохимических реакций, протекающих в живых системах. Концентрация в растворе ионов водорода часто оказывает влияние на физико-химические свойства и биологическую активность белков и нуклеиновых кислот, поэтому для нормального функционирования организма поддержание кислотно-основного гомеостаза является задачей исключительной важности. Динамическое поддержание оптимального рН биологических жидкостей достигается благодаря действию буферных систем организма.

В человеческом организме в различных органах водородный показатель различен.

Тема 9: Химические элементы в организме человека

Вопросы

1. Введение.
2. Жизненно необходимые элементы.
3. Примесные элементы.

Вопрос 1. Введение

Для организма человека определенно установлена роль около 30 химических элементов, без которых он не может нормально существовать. Эти элементы называют жизненно необходимыми. Кроме них, имеются элементы, которые в малых количествах не сказываются на функционировании организма, но при определенном содержании являются ядами.

Многим химикам известны крылатые слова, сказанные в 40-х годах текущего столетия немецкими учеными Вальтером и Идой Ноддак, что в каждом бульжнике на мостовой присутствуют все элементы Периодической системы. Вначале эти слова были встречены далеко не с единодушным одобрением. Однако, по мере того как разрабатывались все более точные методы аналитического определения химических элементов, ученые все больше убеждались в справедливости этих слов.

Если согласиться с тем, что в каждом бульжнике содержатся все элементы, то это должно быть справедливо и для живого организма. Все живые организмы на Земле, в том числе и человек, находятся в тесном контакте с окружающей средой. Жизнь требует постоянного обмена веществ в организме. Поступлению в организм химических элементов способствуют питание и потребляемая вода. В соответствии с рекомендацией диетологической комиссии Национальной академии США ежедневное поступление химических элементов с пищей должно находиться на определенном уровне (табл. 1). Столько же химических элементов должно ежедневно выводиться из организма, поскольку их содержания находятся в относительном постоянстве.

Предположения некоторых ученых идут дальше. Они считают, что в живом организме не только присутствуют все химические элементы, но каждый из них выполняет определенную биологическую функцию. Вполне возможно, что эта гипотеза не подтвердится. Однако, по мере того как развиваются исследования в данном направлении, выявляется биологическая роль все большего числа химических элементов.

Организм человека состоит на 60% из воды, 34% приходится на органические вещества и 6% - на неорганические. Основными компонентами органических веществ являются угле-

род, водород, кислород, в их состав входят также азот, фосфор и сера. В неорганических веществах организма человека обязательно присутствуют 22 химических элемента: Ca, P, O, Na, Mg, S, B, Cl, K, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cr, Si, I, F, Se.

Например, если вес человека составляет 70 кг, то в нем содержится (в граммах): кальция - 1700, калия - 250, натрия - 70, магния - 42, железа - 5, цинка - 3.

Ученые договорились, что если массовая доля элемента в организме превышает 10-2%, то его следует считать макроэлементом. Доля микроэлементов в организме составляет 10-3-10-5%. Если содержание элемента ниже 10-5%, его считают ультрамикроэлементом. Конечно, такая градация условна. По ней магний попадает в промежуточную область между макро- и микроэлементами.

Вопрос 2 . Жизненно необходимые элементы

Несомненно, время внесет коррективы в современные представления о числе и биологической роли определенных химических элементов в организме человека.. Роль макроэлементов, входящих в состав неорганических веществ, очевидна. Например, основное количество кальция и фосфора входит в кости (гидроксифосфат кальция $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), а хлор в виде соляной кислоты содержится в желудочном соке.

Микроэлементы вошли в отмеченный выше ряд 22 элементов, обязательно присутствующих в организме человека. Заметим, что большинство из них - металлы, а из металлов больше половины являются d-элементами. Последние в организме образуют координационные соединения со сложными органическими молекулами. Так, установлено, что многие биологические катализаторы - ферменты содержат ионы переходных металлов (d-элементов). Например, известно, что марганец входит в состав 12 различных ферментов, железо - в 70, медь - в 30, а цинк - более чем в 100. Микроэлементы называют жизненно необходимыми, если при их отсутствии или недостатке нарушается нормальная жизнедеятельность организма. При малом поступлении данного элемента организму наносится существенный ущерб. Он функционирует на грани выживания. В ос-

новном это объясняется снижением активности ферментов, в состав которых входит данный элемент. При повышении дозы элемента ответная реакция возрастает и достигает нормы (плато). При дальнейшем увеличении дозы проявляется токсическое действие избытка данного элемента, в результате чего не исключается и летальный исход. Недостаток в организме железа приводит к анемии, так как оно входит в состав гемоглобина крови, а точнее, его составной части - гема. У взрослого человека в крови содержится около 2,6 г железа. В процессе жизнедеятельности в организме происходят постоянный распад и синтез гемоглобина. Для восполнения железа, потерянного с распадом гемоглобина, человеку необходимо суточное поступление в организм с пищей в среднем около 12 мг этого элемента. Связь анемии с недостатком железа была известна врачам давно, так как еще в XVII веке в некоторых европейских странах при малокровии прописывали настой железных опилок в красном вине. Однако избыток железа в организме тоже вреден. С ним связан сидероз глаз и легких - заболевания, вызываемые отложением соединений железа в тканях этих органов. Главный регулятор содержания железа в крови - печень.

Недостаток в организме меди приводит к деструкции кровеносных сосудов, патологическому росту костей, дефектам в соединительных тканях. Кроме того, считают, что дефицит меди служит одной из причин раковых заболеваний. В некоторых случаях поражение легких раком у людей пожилого возраста врачи связывают с возрастным снижением содержания меди в организме. Однако избыток меди в организме приводит к нарушению психики и параличу некоторых органов (болезнь Вильсона). Человеку причиняют вред лишь относительно большие количества соединений меди. В малых дозах их используют в медицине как вяжущее и бактериостатное (задерживающее рост и размножение бактерий) средство. Так, например, сульфат меди (II) применяют при лечении конъюнктивитов в виде глазных капель (25%-ный раствор), а также для прижиганий при трахоме в виде глазных карандашей (сплав сульфата меди(II), нитрата калия, квасцов и камфоры). При ожогах кожи фосфором проводят ее обильное смачивание 5%-ным раствором сульфата меди (II).

Характерные симптомы дефицита химических элементов в организме человека

Дефицит элемента

Типичный симптом

Ca-Замедление роста скелета

Mg-Мышечные судороги

Fe-Анемия, нарушение иммунной системы

Zn-Повреждение кожи, замедление роста, замедление полового созревания

Cu-Слабость артерий, нарушение деятельности печени, вторичная анемия

Mn-Бесплодие, ухудшение роста скелета

Mo-Замедление клеточного роста, склонность к кариесу

Co-Злокачественная анемия

Ni-Учащение депрессий, дерматиты

Cr-Симптомы диабета

Si-Нарушение роста скелета

F-Кариес зубов

I-Нарушение работы щитовидной железы, замедление метаболизма

Se-Мышечная (в частности, сердечная) слабость

Биологическая функция других щелочных металлов в здоровом организме пока неясна. Однако имеются указания, что введением в организм ионов лития удается лечить одну из форм маниакально-депрессивного психоза.

Вопрос 3. Примесные элементы

Имеется большое число химических элементов, особенно среди тяжелых, являющихся ядами для живых организмов, – они оказывают неблагоприятное биологическое воздействие. В табл. 3 приведены эти элементы в соответствии с Периодической системой Д.И. Менделеева. За исключением бериллия и бария, эти элементы образуют прочные сульфидные соединения. Существует мнение, что причина действия ядов связана с блокированием определенных функциональных групп (в частности, сульфгидрильных) протеина или же с вытеснением из некоторых ферментов ионов металлов, например меди и цинка. Такие элементы, как бериллий,

никель, палладий, серебро, кадмий, мышьяк, селен, сурьма, теллур, платина, золото, барий, таллий, свинец, висмут, ртуть называют примесными. Их диаграмма доза – эффект имеет другую форму по сравнению с жизненно необходимыми. До определенного содержания этих элементов организм не испытывает вредного воздействия, но при значительном увеличении концентрации они становятся ядовитыми.

Встречаются элементы, которые в относительно больших количествах являются ядами, а в низких концентрациях оказывают полезное влияние. Например, **мышьяк** – сильный яд, нарушающий сердечнососудистую систему и поражающий почки и печень, в небольших дозах полезен, и врачи прописывают его для улучшения аппетита. **Кислород**, необходимый человеку для дыхания, в высокой концентрации (особенно под давлением) оказывает ядовитое действие. Из этих примеров видно, что концентрация элемента в организме играет весьма существенную, а порой и катастрофическую роль. Среди примесных элементов имеются и такие, которые в малых дозах обладают эффективными лечебными свойствами. Так, давно было замечено бактерицидное (вызывающее гибель различных бактерий) свойство **серебра** и его солей. Например, в медицине раствор коллоидного серебра (колларгол) применяют для промывания гнойных ран, мочевого пузыря, при хронических циститах и уретитах, а также в виде глазных капель при гнойных конъюнктивитах и бленнорее. Карандаши из нитрата серебра применяют для прижигания бородавок, грануляций. В разбавленных растворах (0,1–0,25%) нитрат серебра используют как вяжущее и противомикробное средство для примочек, а также в качестве глазных капель. Ученые считают, что прижигающее действие нитрата серебра связано с его взаимодействием с белками тканей, что приводит к образованию белковых солей серебра – альбуминатов. Серебро пока не относят к жизненно необходимым элементам, однако уже экспериментально установлено его повышенное содержание в мозге человека, в железах внутренней секреции, печени. В организм серебро поступает с растительной пищей, например с огурцами и капустой.

Тяжелые металлы (свинец, медь, цинк, мышьяк, ртуть, кадмий, хром, алюминий и др.) в микроколичествах необходи-

мы организму и в основном они находятся в активных центрах коферментов. Особенно опасны металлоорганические соединения, т. к. они гораздо лучше проходят барьеры внутри организма. Некоторые металлы, например, свинец, стронций, иттрий, кадмий замещают в организме кальций, а это приводит к хрупкости костей.

Кадмий

накапливается в почках, участвует в нескольких ферментативных реакциях. В ничтожно малых количествах кадмий способен стимулировать остроту зрения, активизировать сердечно-сосудистую деятельность, регулировать содержание сахара в крови. Однако незначительное повышение уровня кадмия в крови отрицательно сказывается на деятельности головного мозга. Кадмий является антагонистом цинка, селена способствует также нарушению обмена железа в организме животных. Кадмий повышает кровяное давление и играет значительную роль в возникновении и развитии инсультов и онкологических заболеваний.

Медь оказывает на организм многогранное действие, влияет на рост, развитие, воспроизводство, гемоглинообразование и на активность лейкоцитов. Является переносчиком кислорода при образовании пигментов В регионах с недостатком меди в почве отмечается анемия сельскохозяйственных животных. Дефицит меди приводит к разупорядочению соединительной ткани кровеносных сосудов у свиней, индюков. Избыток меди у животных вызывает поражение печени и развитие желтухи, у человека – острый панкреатит, язву двенадцатиперстной кишки, бронхиальную астму, гиперкупремию и др.

Свинец

способен накапливаться в костях, печени, почках. При отравлениях животных свинцом отмечают в первые часы повышенную активность и бессонницу, а в последующем утомляемость, депрессии, Более поздними симптомами являются расстройства функции нервной системы и поражение головного мозга. В медицинской практике свинцовое отравление часто диагностируют и лечат как психогенное заболевание. Установлено, что вдоль автомобильных дорог содержание свинца намного выше. С удалением от дорог на расстоянии 220 м в обе стороны

концентрация свинца в почве снижается от 60 мг/кг до 30 мг/кг. В крови коров и буйволов концентрация свинца соответственно составляет $1,62 \pm 0,38$ мг/л и $0,86 \pm 0,23$ мг/л.

Хром

концентрируется в волосах и ногтях, меньше в гипофизе, надпочечниках, поджелудочной железе, легких, скелетных мышцах и тонких кишках. Ежесуточное поступление хрома до 0,05–0,2 мг считается нормой для человека. С пищей в организм человека поступает до 150 мкг хрома в сутки, а с водой от 10 до 40 мкг. Он участвует в процессах обмена глюкозы в организме. Является кофактором инсулина. Выявлено, что у человека избыток хрома вызывает ряд метаболических сдвигов: снижение толерантности к глюкозе, ослабление метаболизма углеводов, повышение инсулина в крови, глюкозурию, гипергликемию, а также задержку роста и повышение уровня холестерина и триглицеридов в сыворотке крови, увеличение числа атеросклеротических бляшек в аорте. Интоксикация хромом приводит к периферической невропатии, к нарушению деятельности нервной системы, снижает оплодотворяющую способность. Превышение МДУ хрома во всех органах диких и сельскохозяйственных животных обнаружено в Центрально-Черноземном районе России. Недостаток в организме хрома проявляется в угнетении роста, сокращении продолжительности жизни, нарушении обмена глюкозы, липидов, белка.

Количество биологически активных химических элементов в организмах животных и тканях в основном зависит от их места обитания и особенностей потребления кормов.

В большинстве случаев сельскохозяйственные животные страдают от дефицита и несбалансированности микроэлементов. При содержании тяжелых металлов в почве выше допустимых норм отмечают повышение поступления указанных металлов в рационы и соответственно в продукцию животноводства, ухудшение качества сельскохозяйственной продукции. Например, в пригородных хозяйствах при содержании в рационе тяжелых металлов- свинца, никеля, хрома и фтора в 2–7 раз выше ПДК содержание их в молоке оказалось в 1,25–2 раза выше допустимых. В Вологодской области из-за нехватки селена при избытке железа, марганца, кадмия отмечено поступление молока на мо-

локозаводы с низкой титруемой кислотностью. Основной причиной являются выбросы предприятий Череповецкой промышленной зоны. Наличие тяжелых металлов влияет на качество сыра, при этом нарушается технология производства. В частности, ухудшается его вкус и запах становится нечистым, сыр легко крошится, творог становится мажущим. У овец, разводимых в промышленной зоне Ирака, отмечается депонирование в организме ртути, кадмия и свинца. У пятилетних овец содержание ртути и кадмия в мускулатуре выше МДУ (максимально допустимого уровня). У овец, разводимых в сельскохозяйственных районах Ирака, содержание тяжелых металлов в тканях и органах оказались в 2–7 раз меньше, чем у животных, разводимых в промышленной зоне.

Вопросы для повторения:

1. Назовите элементы, которые относятся к макроэлементам.
2. Перечислите элементы, которые относятся к микроэлементам.
3. Перечислите элементы, которые относятся к примесным.
4. Объясните биологическую роль кальция в живых организмах.
5. Объясните биологическую роль хлора в клетках живых организмах.
6. Объясните биологическую роль азота в клетках живых организмах.
7. Объясните биологическую роль цинка в клетках живых организмах.
8. Чем отличается химический состав тел живой и неживой природы?

Тема 10: Органические полимеры белки и их роль в организме

Вопросы

1. Состав и строение белков.
2. Функции белков.

Вопрос 1. Состав и строение белков

Строение белков Белки — высокомолекулярные органические соединения, состоящие из остатков α -аминокислот. В состав белков входят углерод, водород, азот, кислород, сера. Часть белков образует комплексы с другими молекулами, содержащими фосфор, железо, цинк и медь. Белки обладают большой молекулярной массой: яичный альбумин — 36 000, гемоглобин — 152 000, миозин — 500 000. Для сравнения: молекулярная масса спирта — 46, уксусной кислоты — 60, бензола — 78.

Аминокислотный состав белков Белки — неперiodические полимеры, мономерами которых являются α -аминокислоты. Обычно в качестве мономеров белков называют 20 видов α -аминокислот, хотя в клетках и тканях их обнаружено свыше 170. В зависимости от того, могут ли аминокислоты синтезироваться в организме человека и других животных, различают: заменимые аминокислоты — могут синтезироваться; незаменимые аминокислоты — не могут синтезироваться. Незаменимые аминокислоты должны поступать в организм вместе с пищей. Растения синтезируют все виды аминокислот.

В зависимости от аминокислотного состава, белки бывают: полноценными — содержат весь набор аминокислот; неполноценными — какие-то аминокислоты в их составе отсутствуют. Если белки состоят только из аминокислот, их называют простыми. Если белки содержат помимо аминокислот еще и неаминокислотный компонент их называют сложными. Все аминокислоты содержат: 1) карбоксильную группу ($-\text{COOH}$), 2) аминогруппу ($-\text{NH}_2$), 3) радикал или R-группу (остальная часть молекулы). Строение радикала у разных видов аминокислот — различное. В зависимости от количества аминогрупп и карбоксильных групп, входящих в состав аминокислот, различают: нейтральные аминокислоты, имеющие одну карбоксильную группу и одну аминогруппу; основные аминокислоты, имеющие более одной аминогруппы; кислые аминокислоты, имеющие более одной карбоксильной группы.

Пептидная связь. Пептиды — органические вещества, состоящие из остатков аминокислот, соединенных пептидной связью. Образование пептидов происходит в результате реакции

конденсации аминокислот. При взаимодействии аминогруппы одной аминокислоты с карбоксильной группой другой между ними возникает ковалентная азот-углеродная связь, которую и называют пептидной. В зависимости от количества аминокислотных остатков, входящих в состав пептида, различают дипептиды, трипептиды, тетрапептиды и т.д. Образование пептидной связи может повторяться многократно. Это приводит к образованию полипептидов. На одном конце пептида находится свободная аминогруппа (его называют N-концом), а на другом — свободная карбоксильная группа (его называют С-концом).

Выполнение белками определенных специфических функций зависит от пространственной конфигурации их молекул, кроме того, клетке энергетически невыгодно держать белки в развернутой форме, в виде цепочки, поэтому полипептидные цепи подвергаются укладке, приобретая определенную трехмерную структуру. Выделяют 4 уровня пространственной организации белков: первичный, вторичный, третичный и четвертичный.

Первичная структура белка - это последовательность расположения аминокислотных остатков в полипептидной цепи, составляющей молекулу белка. Связь между аминокислотами — пептидная. Если молекула белка состоит всего из 10 аминокислотных остатков, то число теоретически возможных вариантов белковых молекул, отличающихся порядком чередования аминокислот, — 1020. Имея 20 аминокислот, можно составить из них еще большее количество разнообразных комбинаций. В организме человека обнаружено порядка десяти тысяч различных белков, которые отличаются как друг от друга, так и от белков других организмов.

Вторичная структура - это упорядоченное свертывание полипептидной цепи в спираль (имеет вид растянутой пружины). Витки спирали укрепляются водородными связями, возникающими между карбоксильными группами и аминогруппами. Практически все СО- и NH-группы принимают участие в образовании водородных связей. Они слабее пептидных, но, повторяясь многократно, придают данной конфигурации устойчивость и жесткость. На уровне вторичной структуры существуют белки: фиброин (шелк, паутина), кератин (волосы, ногти), коллаген (сухожилия).

Третичная структура укладка полипептидных цепей в глобулы, возникающая в результате возникновения химических связей (водородных, ионных, дисульфидных) и установления гидрофобных взаимодействий между радикалами аминокислотных остатков. Основную роль в образовании третичной структуры играют гидрофильно-гидрофобные взаимодействия. В водных растворах гидрофобные радикалы стремятся спрятаться от воды, группируясь внутри глобулы, в то время как гидрофильные радикалы в результате гидратации (взаимодействия с диполями воды) стремятся оказаться на поверхности молекулы. У некоторых белков третичная структура стабилизируется дисульфидными ковалентными связями, возникающими между атомами серы двух остатков цистеина. На уровне третичной структуры существуют ферменты, антитела, некоторые гормоны.

Четвертичная структура - она характерна для сложных белков, молекулы которых образованы двумя и более глобулами. Субъединицы удерживаются в молекуле благодаря ионным, гидрофобным и электростатическим взаимодействиям. Иногда при образовании четвертичной структуры между субъединицами возникают дисульфидные связи. Наиболее изученным белком, имеющим четвертичную структуру, является гемоглобин. Он образован двумя α -субъединицами (141 аминокислотный остаток) и двумя β -субъединицами (146 аминокислотных остатков). С каждой субъединицей связана молекула гена, содержащая железо.

Свойства белков Белки сочетают в себе основные и кислотные свойства, определяемые радикалами аминокислот: чем больше кислых аминокислот в белке, тем ярче выражены его кислотные свойства. Способность отдавать и присоединять H^+ определяют буферные свойства белков; один из самых мощных буферов — гемоглобин в эритроцитах, поддерживающий рН крови на постоянном уровне. Есть белки растворимые (фибриноген), есть нерастворимые, выполняющие механические функции (фиброин, кератин, коллаген). Есть белки активные в химическом отношении (ферменты), есть химически неактивные, устойчивые к воздействию различных условий внешней среды и крайне неустойчивые.

Свойства белков Внешние факторы (нагревание, ультрафиолетовое излучение, тяжелые металлы и их соли, изменения pH, радиация, обезвоживание) могут вызывать нарушение структурной организации молекулы белка. Процесс утраты трехмерной конформации, присущей данной молекуле белка, называют денатурацией. Причиной денатурации является разрыв связей, стабилизирующих определенную структуру белка. Первоначально рвутся наиболее слабые связи, а при ужесточении условий и более сильные. Поэтому сначала утрачивается четвертичная, затем третичная и вторичная структуры. Изменение пространственной конфигурации приводит к изменению свойств белка и, как следствие, делает невозможным выполнение белком свойственных ему биологических функций. Если денатурация не сопровождается разрушением первичной структуры, то она может быть обратимой, в этом случае происходит самовосстановление свойственной белку конформации. Такой денатурации подвергаются, например, рецепторные белки мембраны. Процесс восстановления структуры белка после денатурации называется ренатурацией. Если восстановление пространственной конфигурации белка невозможно, то денатурация называется необратимой.

Вопрос 2 . Функции белков

Функции белков:

1. Строительная. Белки участвуют в образовании клеточных и внеклеточных структур: входят в состав клеточных мембран (липопротеины, гликопротеины), волос (кератин), сухожилий (коллаген) и т.д.

2. Транспортная. Белок крови гемоглобин присоединяет кислород и транспортирует его от легких ко всем тканям и органам, а от них в легкие переносит углекислый газ; в состав клеточных мембран входят особые белки, которые обеспечивают активный и строго избирательный перенос некоторых веществ и ионов из клетки во внешнюю среду и обратно.

3. Регуляторная. Гормоны белковой природы принимают участие в регуляции процессов обмена веществ. Например, гормон

инсулин регулирует уровень глюкозы в крови, способствует синтезу гликогена, увеличивает образование жиров из углеводов.

4. Защитная. В ответ на проникновение в организм чужеродных белков или микроорганизмов (антигенов) образуются особые белки - антитела, способные связывать и обезвреживать их. Фибрин, образующийся из фибриногена, способствует остановке кровотечений.

5. Двигательная. Сократительные белки актин и миозин обеспечивают сокращение мышц у многоклеточных животных.

6. Сигнальная. В поверхностную мембрану клетки встроены молекулы белков, способных изменять свою третичную структуру в ответ на действие факторов внешней среды, таким образом осуществляя прием сигналов из внешней среды и передачу команд в клетку.

7. Запасающая. В организме животных белки, как правило, не запасаются, исключение: альбумин яиц, казеин молока. Но благодаря белкам в организме могут откладываться про запас некоторые вещества, например, при распаде гемоглобина железо не выводится из организма, а сохраняется, образуя комплекс с белком ферритином.

8. Энергетическая. При распаде 1 г белка до конечных продуктов выделяется 17,6 кДж. Сначала белки распадаются до аминокислот, а затем до конечных продуктов - воды, углекислого газа и аммиака. Однако в качестве источника энергии белки используются только тогда, когда другие источники (углеводы и жиры) израсходованы.

9. Каталитическая. Одна из важнейших функций белков. Обеспечивается белками - ферментами, которые ускоряют биохимические реакции, происходящие в клетках. Например, рибулезобифосфаткарбоксилаза катализирует фиксацию CO₂ при фотосинтезе.

Вопросы для повторения:

1. Каковы особенности строения белка как полимера?
2. Чем отличаются белки как полимеры от таких природных полимеров как крахмал, целлюлоза?
3. Что представляет собой первичная структура белка?

4. Что представляет собой вторичная, третичная структура белка?
5. Что представляет собой денатурация белка?

Тема 11: Органические молекулы углеводы и их роль в организме

Вопросы

1. Биологические полимеры.
2. Углеводы и их строение.
3. Функции углеводов.

Вопрос 1. Биологические полимеры

Биологические полимеры часто называют биополимерами. Это органические соединения, которые входят в состав клеток живых организмов и содержатся в продуктах их жизнедеятельности.

Если обратить внимание на греческое происхождение слова «полимер», то его дословный перевод означает «много». Следовательно, полимер – это многозвеньевая цепь. Непосредственно звеньями в этой цепи является мономер – достаточно простое вещество.

Мономеры в процессе соединения между собой в обязательном порядке образуют цепи, которые состоят не из одной тысячи мономеров. Если для обозначения типа мономера взять определенную букву, например «А», то полимер будет выглядеть в виде достаточно длинного сочетания однотипных звеньев (например, А - А - А - А - ... А). Стоит отметить, что из таких цепей и состоят известное большинству органические вещества: крахмал, целлюлоза, гликоген и другие.

Классический пример биологических полимеров – это белки, полисахариды, нуклеиновые кислоты.

Что касается свойств биополимеров, то они зависят исключительно от строения присутствующих в них молекул. И не только от их количества, но и от соединения мономерных звеньев, которые собственно и образуют сам полимер.

Мономеры белков — аминокислоты, нуклеиновых кислот — нуклеотиды, в полисахаридах — моносахариды.

Выделяют два типа биополимеров — регулярные (некоторые полисахариды) и нерегулярные (белки, нуклеиновые кислоты, некоторые полисахариды).

Вопрос 2 Углеводы и их строение

Все углеводы состоят из отдельных «единиц», которыми являются сахариды. По способности к гидролизу на мономеры углеводы делятся на две группы: простые и сложные. Углеводы, содержащие одну единицу, называются моносахариды. Две единицы — дисахариды, от двух до десяти единиц — олигосахариды, а более десяти — полисахариды. Моносахариды быстро повышают содержание сахара в крови, и обладают высоким гликемическим индексом, поэтому их ещё называют быстрыми углеводами. Они легко растворяются в воде и синтезируются в зелёных растениях. Углеводы, состоящие из 3 или более единиц, называются сложными. Продукты, богатые медленными углеводами, постепенно повышают содержание глюкозы и имеют низкий гликемический индекс, поэтому их ещё называют медленными углеводами. Сложные углеводы являются продуктами поликонденсации простых сахаров (моносахаридов) и, в отличие от простых, в процессе гидролитического расщепления способны распадаться на мономеры, с образованием сотни и тысячи молекул моносахаридов.

Моносахариды (от греческого *monos* — единственный, *sacchar* — сахар) — простейшие углеводы, не гидролизующиеся с образованием более простых углеводов — обычно представляют собой бесцветные, легко растворимые в воде, плохо — в спирте и совсем нерастворимые в эфире, твёрдые прозрачные органические соединения, одна из основных групп углеводов, самая простая форма сахара. Водные растворы имеют нейтральную pH. Некоторые моносахариды обладают сладким вкусом. Моносахариды содержат карбонильную (альдегидную или кетонную) группу, поэтому их можно рассматривать как производные многоатомных спиртов. Моносахарид, у которого карбонильная группа расположена в конце цепи, представляет со-

бой альдегид и называется альдоза. При любом другом положении карбонильной группы моносахарид является кетоном и называется кетоза. В зависимости от длины углеродной цепи (от трёх до десяти атомов) различают триозы, тетрозы, пентозы, гексозы, гептозы и так далее. Среди них наибольшее распространение в природе получили пентозы и гексозы. Моносахариды — стандартные блоки, из которых синтезируются дисахариды, олигосахариды и полисахариды.

В природе в свободном виде наиболее распространена D-глюкоза (виноградный сахар или декстроза) — шестиатомный сахар (гексоза), структурная единица (мономер) многих полисахаридов (полимеров) — дисахаридов: (мальтозы, сахарозы и лактозы) и полисахаридов (целлюлоза, крахмал). Другие моносахариды, в основном, известны как компоненты ди-, олиго- или полисахаридов и в свободном состоянии встречаются редко. Природные полисахариды служат основными источниками моносахаридов.

Дисахариды.

Мальтоза (солодовый сахар) — природный дисахарид, состоящий из двух остатков глюкозы

Дисахариды (от *di* — два, *sacchar* — сахар) — сложные органические соединения, одна из основных групп углеводов, при гидролизе каждая молекула распадается на две молекулы моносахаридов, являются частным случаем олигосахаридов.

Олигосахариды.

Олигосахариды (от греч. *ὀλίγος* — немногий) — углеводы, молекулы которых синтезированы из 2 — 10 остатков моносахаридов, соединённых гликозидными связями. Соответственно различают: дисахариды, трисахариды и так далее. Олигосахариды, состоящие из одинаковых моносахаридных остатков, называют гомополисахаридами, а из разных — гетерополисахаридами. Наиболее распространены среди олигосахаридов дисахариды.

Среди природных трисахаридов наиболее распространена рафиноза — невосстанавливающий олигосахарид, содержащий остатки фруктозы, глюкозы и галактозы — в больших количествах содержится в сахарной свёкле и во многих других растениях.

Полисахариды — общее название класса сложных высокомолекулярных углеводов, молекулы которых состоят из де-

сятков, сотен или тысяч мономеров — моносахаридов. С точки зрения общих принципов строения в группе полисахаридов возможно различить гомополисахариды, синтезированные из однотипных моносахаридных единиц и гетерополисахариды, для которых характерно наличие двух или нескольких типов мономерных остатков.

Крахмал $(C_6H_{10}O_5)_n$ — смесь двух гомополисахаридов: линейного — амилозы и разветвлённого — амилопектина, мономером которых является альфа-глюкоза. Белое аморфное вещество, не растворимое в холодной воде, способное к набуханию и частично растворимое в горячей воде.

Гликоген $(C_6H_{10}O_5)_n$ — полисахарид, построенный из остатков альфа-D-глюкозы — главный резервный полисахарид высших животных и человека, содержится в виде гранул в цитоплазме клеток практически во всех органах и тканях, однако, наибольшее его количество накапливается в мышцах и печени. Молекула гликогена построена из ветвящихся полиглюкозидных цепей. В организмах животных является структурным и функциональным аналогом полисахарида растений — крахмала. Гликоген образует энергетический резерв, который при необходимости восполнить внезапный недостаток глюкозы может быть быстро мобилизован — сильное разветвление его молекулы ведёт к наличию большого числа концевых остатков, обеспечивающих возможность быстрого отщепления нужного количества молекул глюкозы. В отличие от запаса триглицеридов (жиров) запас гликогена не настолько ёмок.

Целлюлоза (клетчатка) — наиболее распространённый структурный полисахарид растительного мира, состоящий из остатков альфа-глюкозы, представленных в бета-пиранозной форме. В желудочно-кишечном тракте человека целлюлоза не переваривается, так как набор пищеварительных ферментов не содержит бета-глюкозидазу. Тем не менее, наличие оптимального количества растительной клетчатки в пище способствует нормальному формированию каловых масс. Обладая большой механической прочностью, целлюлоза выполняет роль опорного материала растений, например, в составе древесины её доля варьирует от 50 до 70 %, а хлопок представляет собой практически стопроцентную целлюлозу.

Хитин — структурный полисахарид низших растений, грибов и беспозвоночных животных (в основном роговые оболочки членистоногих — насекомых и ракообразных). Хитин, подобно целлюлозе в растениях, выполняет опорные и механические функции в организмах грибов и животных. Молекула хитина построена из остатков N-ацетил-D-глюкозамина, связанных между собой бета-1,4-гликозидными связями. Макромолекулы хитина неразветвлённые и их пространственная укладка не имеет ничего общего с целлюлозой.

Пектиновые вещества — полигалактуроновая кислота, содержится в плодах и овощах, остатки D-галактуроновой кислоты связаны альфа-1,4-гликозидными связями. В присутствии органических кислот способны к желеобразованию, применяются в пищевой промышленности для приготовления желе и мармелада. Некоторые пектиновые вещества оказывают противоязвенный эффект и являются активной составляющей ряда фармацевтических препаратов, например, производное подорожника «плантаглюцид».

Мурамин (лат. *múrĭus* — стенка) — полисахарид, опорно-механический материал клеточной стенки бактерий. По химическому строению представляет собой неразветвлённую цепь, построенную из чередующихся остатков N-ацетилглюкозамина и N-ацетилмурамовой кислоты, соединённых бета-1,4-гликозидной связью. Мурамин по структурной организации (неразветвлённая цепь бета-1,4-полиглюкопиранозного скелета) и функциональной роли весьма близок к хитину и целлюлозе.

Декстраны — полисахариды бактериального происхождения — синтезируются в условиях промышленного производства микробиологическим путём (воздействием микроорганизмов *Leuconostoc mesenteroides* на раствор сахарозы) и используются в качестве заменителей плазмы крови.

Вопрос 3. Функции углеводов

В живых организмах углеводы выполняют следующие функции:

Структурная и опорная функции. Углеводы участвуют в построении различных опорных структур. Так целлюлоза явля-

ется основным структурным компонентом клеточных стенок растений, хитин выполняет аналогичную функцию у грибов, а также обеспечивает жёсткость экзоскелета членистоногих.

Защитная роль у растений. У некоторых растений есть защитные образования (шипы, колючки и др.), состоящие из клеточных стенок мёртвых клеток.

Пластическая функция. Углеводы входят в состав сложных молекул (например, пентозы (рибоза и дезоксирибоза) участвуют в построении АТФ, ДНК и РНК).

Энергетическая функция. Углеводы служат источником энергии: при окислении 1 грамма углеводов выделяются 4,1 ккал энергии и 0,4 г воды.

Запасная функция. Углеводы выступают в качестве запасных питательных веществ: гликоген у животных, крахмал и инулин — у растений.

Осмотическая функция. Углеводы участвуют в регуляции осмотического давления в организме. Так, в крови содержится 100—110 мг/% глюкозы, от концентрации глюкозы зависит осмотическое давление крови.

Рецепторная функция. Олигосахариды входят в состав воспринимающей части многих клеточных рецепторов или молекул-лигандов.

Вопросы для повторения:

1. Дайте понятие полимеру.
2. Дайте понятие регулярным белкам.
3. Дайте понятие нерегулярным белкам.
4. Напишите общую формулу углеводов.
5. Какие вещества относятся к углеводам?
6. Перечислите Функции углеводов.
7. объясните в чем суть запасной функции.

Тема 12: Роль жиров в организме, холестерин

Вопросы

1. Функции жиров, липидов.
2. Холестерин.

Вопрос 1. Функции жиров, липидов

Липиды (от греч. λίπος, lípos — жир) — обширная группа природных органических соединений, включающая жиры и жироподобные вещества. Молекулы простых липидов состоят из спирта и жирных кислот, сложных — из спирта, высокомолекулярных жирных кислот и других компонентов. Содержатся во всех живых клетках.

Биологические функции:

- Энергетическая.

Многие жиры, в первую очередь триглицериды, используются организмом как источник энергии. При полном окислении 1 г жира выделяется около 9 ккал энергии, примерно вдвое больше, чем при окислении 1 г углеводов (4.1 ккал). Жировые отложения используются в качестве запасных источников питательных веществ, прежде всего животными, которые вынуждены носить свои запасы на себе. Растения чаще запасают углеводы, однако в семенах многих растений высоко содержание жиров (растительные масла добывают из семян подсолнечника, кукурузы, рапса, льна и других масличных растений).

Почти все живые организмы запасают энергию в форме жиров. Существуют две основные причины, по которым именно эти вещества лучше всего подходят для выполнения такой функции. Во-первых, жиры содержат остатки жирных кислот, уровень окисления которых очень низкий (почти такой же, как у углеводов и нефти). Поэтому полное окисление жиров до воды и углекислого газа позволяет получить более чем в два раза больше энергии, чем окисление той же массы углеводов. Во-вторых, жиры гидрофобные соединения, поэтому организм, запасая энергию в такой форме, не должен нести дополнительной массы воды необходимой для гидратации, как в случае с полисахаридами, на 1 г которых приходится 2 г воды. Однако триглицериды это «более медленный» источник энергии, чем углеводы.

Жиры запасаются в форме капель в цитоплазме клетки. У позвоночных имеются специализированные клетки — адипоциты, почти полностью заполненные большой каплей жира. Также богатым на триглицериды являются семена многих растений. Мобилизация жиров в адипоцитах и клетках прорастающих се-

мян, происходит благодаря ферментам липазы, которые расщепляют их до глицерола и жирных кислот.

У людей наибольшее количество жировой ткани находится под кожей (так называемая подкожная клетчатка), особенно в районе живота и молочных желез. Лицу с лёгким ожирением (15-20 кг триглицеридов) таких запасов может хватить для обеспечения энергией в течение месяца, в то время как всего запасного гликогена хватит менее чем на сутки.

- Функция теплоизоляции.

Жир — хороший теплоизолятор, поэтому у многих теплокровных животных он откладывается в подкожной жировой ткани, уменьшая потери тепла. Особенно толстый подкожный жировой слой характерен для водных млекопитающих (китов, моржей и др.). Но в то же время у животных, обитающих в условиях жаркого климата (верблюды, тушканчики) жировые запасы откладываются на изолированных участках тела (в горбах у верблюда, в хвосте у жирнохвостых тушканчиков), в качестве резервных запасов воды, так как вода — один из продуктов окисления жиров.

- Структурная функция.

Фосфолипиды составляют основу биослоя клеточных мембран, холестерин — регулятор текучести мембран. Воски образуют кутикулу на поверхности надземных органов (листьев и молодых побегов) растений. Их также производят многие насекомые (так, пчёлы строят из них соты, а червецы и щитовки образуют защитные чехлы).

Все живые клетки окружены плазматическими мембранами, основным структурным элементом которых является двойной слой липидов.

- Регуляторная.

Витамины — липиды (А, D, E, К)

Гормональная (стероиды, эйкозаноиды, простагландины и прочие.)

Кофакторы (долихол)

Сигнальные молекулы (диглицериды, МРЗ-каскад)

Некоторые липиды играют активную роль в регулировании жизнедеятельности отдельных клеток и организма в целом. В частности, к липидам относятся стероидные гормоны, секре-

тируемые половыми железами и корой надпочечников. Эти вещества переносятся кровью по всему организму и влияют на его функционирование.

Среди липидов есть также и вторичные посредники — вещества, участвующие в передаче сигнала от гормонов или других биологически активных веществ внутри клетки.

- Защитная.

Толстый слой жира защищает внутренние органы многих животных от повреждений при ударах (например, сивучи при массе до тонны, могут прыгать в воду со скал высотой 20-25 м).

- Увеличения плавучести.

Самые разные организмы — от диатомовых водорослей до акул — используют резервные запасы жира как средство снижения среднего удельного веса тела и, таким образом, увеличения плавучести. Это позволяет снизить расходы энергии на удержание в толще воды.

Вопрос 2. Холестерин

Холестерин — органическое соединение, природный жирный (липофильный) спирт, содержащийся в клеточных мембранах всех живых организмов, за исключением грибов и безъядерных (прокариоты). В растительных жирах содержание холестерина можно назвать следовым: в 100 г. пальмового масла содержится 2,3—2,6 мг холестерина, тогда как в сливочном масле — 180-190 мг. Нерастворим в воде, растворим в жирах и органических растворителях. Около 80 % холестерина вырабатывается самим организмом человека: (печенью, кишечником, почками, надпочечниками, половыми железами), остальные 20 % поступают с пищей^[1]. Данный факт наглядно показывает, что причины повышенного уровня холестерина в крови не связаны с его повышенным потреблением из пищи. Поэтому бум безхолестериновых продуктов является не более, чем маркетинговым ходом. 80 % холестерина в организме свободные, а 20 % — связанные. Холестерин обеспечивает стабильность клеточных мембран в широком интервале температур. Он необходим для выработки витамина D, выработки надпочечниками различных стероидных гормонов, включая кортизол, альдосте-

рон, женских половых гормонов эстрогенов и прогестерона, мужского полового гормона тестостерона, играет важную роль в деятельности нервной и иммунной системы^[2][неавторитетный источник?].

История открытия

В 1769 году Пулетье де ла Саль получил из желчных камней плотное белое вещество («жировоск»), обладавшее свойствами жиров. В чистом виде холестерин был выделен химиком, членом национального Конвента и министром просвещения Антуаном Фуркруа в 1789 году. В 1815 году Мишель Шеврёль, тоже выделивший это соединение, назвал его холестерином («холе» — жёлчь, «стерин» — жирный). В 1859 году Марселен Бергто доказал, что холестерин принадлежит к классу спиртов, после чего французы переименовали холестерин в «холестерол». В ряде языков (русском, немецком, венгерском и др.) сохранилось старое название — холестерин.

Биосинтез холестерина

Холестерин может образовываться в животном организме и поступать в него с пищей.

В настоящее время установлена следующая цепь биосинтеза холестерина (основа биосинтеза и других стероидов), включающая в себя несколько ступеней.

- Превращение трёх молекул активного ацетата в пятиуглеродный мевалонат. Происходит в ГЭПР.
- Превращение мевалоната в активный изопреноид — изопентенилпирофосфат.
- Образование тридцатиуглеродного изопреноидасквалена из шести молекул изопентенилдифосфата.
- Циклизация сквалена в ланостерин.
- Последующее превращение ланостерина в холестерин.

У некоторых организмов при синтезе стероидов могут встречаться другие варианты реакций (например, немевалонатный путь образования пятиуглеродных молекул).

Биологическая роль

Холестерин в составе клеточной плазматической мембраны играет роль модификатора бислоя, придавая ему определённую жёсткость за счёт увеличения плотности «упаковки» молекул фосфолипидов. Таким образом, холестерин — стабилизатор текучести плазматической мембраны.

Холестерин открывает цепь биосинтеза стероидных половых гормонов и кортикостероидов, служит основой для образования жёлчных кислот и витаминов группы D, участвует в регулировании проницаемости клеток и предохраняет эритроциты крови от действия гемолитических ядов.

Холестерин нерастворим в воде и в чистом виде не может доставляться к тканям организма при помощи основанной на воде крови. Вместо этого холестерин в крови находится в виде хорошо растворимых комплексных соединений с особыми белками-транспортёрами, так называемыми аполипопротеинами. Такие комплексные соединения называются липопротеинами.

Существует несколько видов аполипопротеинов, различающихся молекулярной массой, степенью сродства к холестерину и степенью растворимости комплексного соединения с холестерином (склонностью к выпадению кристаллов холестерина в осадок и к формированию атеросклеротических бляшек). Различают следующие группы: высокомолекулярные (HDL, ЛПВП, липопротеины высокой плотности) и низкомолекулярные (LDL, ЛПНП, липопротеины низкой плотности), а также очень низкомолекулярные (VLDL, ЛПОНП, липопротеины очень низкой плотности) и хиломикрон.

К периферийным тканям холестерин транспортируется хиломикроном, ЛПОНП и ЛПНП. К печени, откуда затем холестерин удаляется из организма, его транспортируют аполипопротеины группы ЛПВП.

Уровень холестерина

Исследования установили зависимость между содержанием различных групп липопротеинов и здоровьем человека. Большое количество ЛПНП сильно коррелирует с атеросклеротическими нарушениями в организме. По этой причине такие липопротеины часто называют «плохими». Низкомолекулярные липопротеиды малорастворимы и склонны к выделению в осадок кристаллов холестерина и к формированию атеросклеротических бляшек в сосудах, тем самым повышая риск инфаркта или ишемического инсульта, а также других сердечно-сосудистых осложнений.

С другой стороны, большое содержание ЛПВП в крови характерно для здорового организма, поэтому часто эти липо-

протеины называют «хорошими». Высокомолекулярные липопротеины хорошо растворимы и не склонны к выделению холестерина в осадок, и тем самым защищают сосуды от атеросклеротических изменений (то есть не являются атерогенными).

Уровень холестерина в крови измеряется либо в ммоль/л (миллимоль на литр, стандарт действующий в РФ) либо в мг/дл (миллиграмм на децилитр, 1 ммоль/л равен 38,665 мг/дл). Идеально, когда уровень «плохих» низкомолекулярных липопротеинов ниже 100 мг/дл (для лиц с высоким риском сердечно-сосудистых заболеваний — ниже 70 мг/дл). Такой уровень, однако, у взрослых достигается редко. Если уровень низкомолекулярных липопротеинов выше 160 мг/дл, рекомендуется использовать диету для снижения его ниже 130 мг/дл. Если этот уровень выше 190 мг/дл или упорно держится выше 160 мг/дл, рекомендуется взвесить возможность лекарственной терапии. Для лиц с высоким риском сердечно-сосудистых заболеваний эти цифры могут снижаться. Доля «хороших» высокомолекулярных липопротеинов в общем уровне холестерин-связывающих липопротеинов чем выше, тем лучше. Хорошим показателем считается, если он гораздо выше 1/5 от общего уровня холестерин-связывающих липопротеинов.

К факторам, повышающим уровень «плохого» холестерина, относятся:

- курение;
- избыточный вес или ожирение, переедание;
- гиподинамия или недостаточная физическая активность;
- неправильное питание с высоким содержанием трансжиров (содержащихся в частично гидрогенизированных жирах), высоким содержанием в пище углеводов (особенно легкоусваиваемых, типа сладостей и кондитерских изделий), недостаточным содержанием клетчатки и пектинов, липотропных факторов, полиненасыщенных жирных кислот, микроэлементов и витаминов;
- застой жёлчи в печени при различных нарушениях работы этого органа (также ведёт к желчнокаменному холециститу). Возникает при злоупотреблении алкоголем, некоторых вирусных заболеваниях, приёме некоторых лекарств;
- также некоторые эндокринные нарушения — сахарный диабет, гиперсекреция инсулина, гиперсекреция гормонов коры

надпочечников, недостаточность гормонов щитовидной железы, половых гормонов.

Повышенный уровень «плохого» холестерина также может наблюдаться при некоторых заболеваниях печени и почек, сопровождающихся нарушением биосинтеза «правильных» липопротеидов в этих органах. Он может также быть наследственным, генетически обусловленным при некоторых формах так называемых «семейных дислиппротеинемий». В этих случаях больным, как правило, нужна специальная лекарственная терапия.

К факторам, снижающим уровень «плохого» холестерина, относятся физкультура, спорт и вообще регулярная физическая активность, отказ от курения и употребления алкоголя, еда, содержащая мало насыщенных животных жиров и легкоусваиваемых углеводов и богатая клетчаткой, полиненасыщенными жирными кислотами, липотропными факторами (метионином, холином, лецитином), витаминами и микроэлементами.

Холестерин также является основным компонентом большинства камней в желчном пузыре .

Содержание в пище

Содержание холестерина в некоторых продуктах

Продукт	Холестерин в среднем (мг/100 г)	Холестерин (мг/100 г)
Мозг	1500	770—2300
Почки	600	300—800
Яичный желток	450	400—500
Рыбья икра	300	300
Сливочное масло	215	180—250
Раки	200	200
Крабы и креветки	150	150
Карп	185	100—270
Жир свиной, говяжий	110	100—120
Свинина	100	90-110
Говядина	85	80—90
Утка с кожей	90	90
Утка	60	60
Индейка	40	40

Содержание холестерина в некоторых продуктах

Продукт	Холестерин в среднем (мг/100 г)	Холестерин (мг/100 г)
Телятина	80	80
Цыплёнок	20	20
Пальмовое масло	2,5	2,3—2,6

Холестерин и атеросклероз

Нарушения липидного обмена считаются одним из наиболее важных факторов развития атеросклероза. Роль холестерина в развитии атеросклероза открыл крупный отечественный академик АН и АМН СССР Аничков, Николай Николаевич (1885-1964). Правда эксперимент, поставленный Аничковым Н.Н. и якобы доказывающий вред холестерина, на сегодняшний день считается некорректным с научной точки зрения (он скармливал холестерин кроликам, которые вообще не употребляют его в природе).

К атерогенным нарушениям липидного обмена относятся:

- Повышение уровня общего холестерина крови
- Повышение уровня триглицеридов и липопротеинов низкой плотности (ЛНП)
- Снижение уровня липопротеинов высокой плотности (ЛВП).

Связь повышенного уровня холестерина и атеросклероза неоднозначна: с одной стороны увеличение содержания холестерина в плазме крови считается бесспорным фактором риска атеросклероза, с другой стороны атеросклероз часто развивается у людей с нормальным уровнем холестерина. В действительности высокий уровень холестерина является лишь одним из многочисленных факторов риска атеросклероза (ожирение, курение, диабет, гипертония). Наличие этих факторов у людей с нормальным уровнем холестерина потенцирует негативное влияние свободного холестерина на стенки сосудов и тем самым приводит к образованию атеросклероза при более низких концентрациях холестерина в крови.

Существует также иной взгляд на проблематику холестерина. Холестерин как «ремонтный» материал скапливается в местах

микроповреждений сосудов и блокирует эти повреждения, выполняя гомогенную лекарственную роль. Именно поэтому атеросклероз наблюдается у людей с нормальным уровнем холестерина. У людей с повышенным уровнем проблема появляется быстрее, плюс, наличие повышенного уровня холестерина проще статистически связать с атеросклерозом, что и было сделано в начале исследований, из-за чего холестерин был объявлен виновником всех бед. Поэтому же, просто снижение уровня холестерина само по себе не решает всех проблем с сосудами. Недостаток холестерина в таком случае может явиться причиной кровоизлияний. Требуется дальнейшее изучение причин, вызывающих повреждения сосудов и разработка методов их лечения.

30 марта 2010 г. ведущие специалисты, академики РАМН, представили первое фундаментальное исследование в России, результатом которого стал Национальный научный доклад «Всё о холестерине».

Наиболее агрессивными и опасными производными холестерина являются оксистеролы.

Лечение нарушений обмена холестерина

Возраст	Пол	Общий холестерин	ЛПНП – холестерин	ЛПВП - холестерин
< 5 лет	Мужчина	2,95 - 5,25		
	Женщина	2,90 - 5,18		
5 - 10 лет	Мужчина	3,13 - 5,25	1,63 - 3,34	0,98 - 1,94
	Женщина	2,26 - 5,30	1,76 - 3,63	0,93 - 1,89
10 - 15 лет	Мужчина	3,08 - 5,23	1,66 - 3,44	0,96 - 1,91
	Женщина	3,21 - 5,20	1,76 - 3,52	0,96 - 1,81
15 - 20 лет	Мужчина	2,93 - 5,10	1,61 - 3,37	0,78 - 1,63
	Женщина	3,08 - 5,18	1,53 - 3,55	0,91 - 1,91
20 - 25 лет	Мужчина	3,16 - 5,59	1,71 - 3,81	0,78 - 1,63
	Женщина	3,16 - 5,59	1,48 - 4,12	0,85 - 2,04

25 - 30 лет	Мужчина	3,44 - 6,32	1,81 - 4,27	0,80 - 1,63
	Женщина	3,32 - 5,75	1,84 - 4,25	0,96 - 2,15
30 - 35 лет	Мужчина	3,57 - 6,58	2,02 - 4,79	0,72 - 1,63
	Женщина	3,37 - 5,96	1,81 - 4,04	0,93 - 1,99
35 - 40 лет	Мужчина	3,78 - 6,99	2,10 - 4,90	0,75 - 1,60
	Женщина	3,63 - 6,27	1,94 - 4,45	0,88 - 2,12
40 - 45 лет	Мужчина	3,91 - 6,94	2,25 - 4,82	0,70 - 1,73
	Женщина	3,81 - 6,53	1,92 - 4,51	0,88 - 2,28
45 - 50 лет	Мужчина	4,09 - 7,15	2,51 - 5,23	0,78 - 1,66
	Женщина	3,94 - 6,86	2,054.82	0,88 - 2,25
50 - 55 лет	Мужчина	4,09 - 7,17	2,31 - 5,10	0,72 - 1,63
	Женщина	4,20 - 7,38	2,28 - 5,21	0,96 - 2,38
55 - 60 лет	Мужчина	4,04 - 7,15	2,28 - 5,26	0,72 - 1,84
	Женщина	4,45 - 7,77	2,31 - 5,44	0,96 - 2,35
60 - 65 лет	Мужчина	4,12 - 7,15	2,15 - 5,44	0,78 - 1,91
	Женщина	4,45 - 7,69	2,59 - 5,80	0,98 - 2,38
65 - 70 лет	Мужчина	4,09 - 7,10	2,54 - 5,44	0,78 - 1,94
	Женщина	4,43 - 7,85	2,38 - 5,72	0,91 - 2,48
>70 лет	Мужчина	3,73 - 6,86	2,49 - 5,34	0,80 - 1,94
	Женщина	4,48 - 7,25	2,49 - 5,34	0,85 - 2,38

Здоровый образ жизни: снижение избыточного веса, регулярные упражнения и диета с низким содержанием углеводов.

Лекарственные препараты, которые уменьшают уровни «плохого» холестерина, назначаются, когда положительные изменения образа жизни не оказывают существенного влияния на уровни «плохого» холестерина. Наиболее эффективные и широко используемые препараты для уменьшения уровня «плохого»

холестерина — это статины. Исследования показали, что статины могут снизить уровни «плохого» холестерина и тем самым предотвратить инфаркт и инсульт. Другие препараты, которые используются для снижения уровня «плохого» холестерина, включают: поликозанол, никотиновую кислоту (ниацин, ниацин+ларопипрант), ингибитор абсорбции холестерина в кишечнике — эзетимиб (зетия, эзетрол), комбинации (инеджи, виторин), фибраты, как, например, гемфиброзил (лопид) и смолы, как, например, холестирамин (квестран).

Если оценивать в общем содержание холестерина в крови взрослого человека, то нормальным и безопасным для здоровья считается показатель, не превышающий 5,2 ммоль/л.

Высокий уровень холестерина крови повышает риск развития атеросклероза. Избыточное поступление холестерина приводит к развитию заболеваний сердечно-сосудистой системы, которые являются наиболее частыми причинами смерти. Больше, чем у половины взрослых людей, уровень холестерина крови приближается к верхней границе нормы (больше 5,5 ммоль/л). Многочисленные исследования убедительно показали, что снижение уровня холестерина уменьшает вероятность внезапной смерти от сердечного приступа, а так же от других заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Холестерин в крови (ммоль/л) у женщин и мужчин по возрасту варьирует следующим образом:

Повышение холестерина с возрастом у женщин обуславливается гормональной перестройкой, происходящей в организме с приближением менопаузы и особенно после ее наступления.

Следить за холестерином мужчинам особенно важно, поскольку их сосуды и сердце не защищены половыми гормонами, как у женщин. Поэтому риск возникновения атеросклероза и серьезных патологических состояний, связанных с закупориванием сосудов, у сильной половины в среднем возрасте достаточно высок (инфаркт, инсульт, импотенция).

Что означают результаты анализа на холестерин

Исследование покажет вам и вашему лечащему врачу уровень нескольких типов холестерина, таких как ЛПНП («плохой холестерин») и ЛПВП («хороший холестерин»).

Большое количество ЛПНП в крови приводит к отложению жира на стенках артерий, что приводит к их повреждению. Подобные отложения холестерина и жира называют атеросклеротическими бляшками, а само состояние – атеросклерозом. Он увеличивает риск развития сердечного приступа и инсульта.

Если уровень вашего ЛПНП выше 4 ммоль/л, вам следует попытаться его снизить. В зависимости от наличия факторов риска развития заболеваний сердечно-сосудистой системы, целевой уровень ЛПНП должен быть намного ниже, около 2,0 ммоль/л или даже ниже. Поговорите с врачом о том, до какого уровня вам следует снизить ваш холестерин.

«Хороший» холестерин вымывает ЛПНП из стенок артерий и защищает сердце. Высокий уровень ЛПВП (больше 5 ммоль/л) полезен для вас. Если же он ниже 2 ммоль/л, вероятность развития заболеваний сердечно-сосудистой системы увеличивается.

Анализ крови на холестерин

Кровь сдается утром (до 12 часов) строго натощак, после 8 - 10 часового голодания. Перед сдачей крови исключить прием алкоголя, любой жидкости, лекарств, физические и психические нагрузки. У детей кровь берут до следующего кормления. Взятие крови проводится до проведения диагностических и лечебных процедур: операций, инъекций, биопсией, общего массажа тела, эндоскопии, ЭКГ, рентгеновского обследования.

Для диагностических целей, результаты должны всегда оцениваться в комплексе с историей болезни, клиническим обследованием и другими данными пациента

Уменьшение концентрации: пища с низким содержанием холестерина и высоким содержанием полиненасыщенных кислот (может снизить на 10 - 15%), прием препаратов, снижающих уровень холестерина,

Вопросы для повторения:

1. Объясните функции жиров.
2. Объясните роль холестерина.
3. Нужно ли измерять холестерин? Почему?

4. Какие условия должен соблюдать человек при сдаче крови на холестерин?
5. Приведите примеры содержания холестерина в разные возрастные группы.
6. Можно ли уменьшить холестерин с помощью питания?
7. Что происходит в организме, если холестерин очень высокий?

Тема 13: Минеральные вещества в продуктах питания, пищевые добавки. Сбалансированное питание

Вопросы

1. Минеральные вещества в продуктах питания, пищевые добавки.
2. Сбалансированное питание.

Вопрос 1. Минеральные вещества в продуктах питания, пищевые добавки

Минеральные вещества в зависимости от их содержания в организме и пищевых продуктах подразделяют на макро- и микроэлементы. К макроэлементам, которые содержатся в больших количествах (десятки и сотни миллиграммов на 100 г живой ткани или продукта), относятся кальций, фосфор, магний, калий, натрий, хлор и сера. Микроэлементы содержатся в организме и продуктах в очень малых количествах, выражаемых единицами, десятками, сотыми, тысячными долями миллиграммов. В настоящее время 14 микроэлементов признаны необходимыми для жизнедеятельности: железо, медь, марганец, цинк, кобальт, йод, фтор, хром, молибден, ванадий, никель, стронций, кремний, селен.

Значение минеральных веществ многообразно. Можно выделить их роль в построении тканей организма, особенно костей. Макроэлементы участвуют в регуляции кислотно-основного состояния организма. В крови и межклеточных жидкостях поддерживается слабощелочная реакция, изменение которой отражается на химических процессах в клетках и состоя-

нии всего организма. Минеральные вещества пищи оказывают преимущественно щелочное (катионы - кальций, магний, натрий, калий) или кислотное (анионы - фосфор, сера, хлор) действие на организм. В зависимости от минерального состава некоторые продукты (молочные, овощи, фрукты, ягоды) вызывают щелочные сдвиги, а другие — кислотные (мясо, рыба, яйца, хлеб, крупы). Диеты щелочной направленности применяют при недостаточности кровообращения, почек, печени, при тяжелых формах сахарного диабета, мочекаменной болезни (уратурия, оксалатурия) и т. д. Диеты кислой направленности рекомендуются при мочекаменной болезни с фосфатурией, эпилепсии. Макроэлементы регулируют водно-солевой обмен, поддерживают осмотическое давление в клетках и межклеточных жидкостях, что необходимо для передвижения между ними питательных веществ и продуктов обмена.

Нормальная функция нервной, сердечно-сосудистой, пищеварительной и других систем невозможна без минеральных веществ. Минеральные вещества влияют на защитные функции организма, его иммунитет. Процессы кроветворения и свертывания крови не могут происходить без участия железа, меди, никеля, марганца, кальция и других минеральных элементов. Минеральные вещества, особенно микроэлементы, входят в состав или активируют действие ферментов, гормонов, витаминов и таким образом участвуют во всех видах обмена веществ. Они являются незаменимой составной частью пищи, а их длительный недостаток или избыток в питании ведет к нарушениям обмена веществ и даже заболеваниям. Основные причины этих явлений:

1. Однообразное питание, преимущественное включение в рацион одних продуктов в ущерб другим. Отдельные продукты богаты одними минеральными веществами и бедны другими. Только разнообразный продуктовый набор обеспечивает сбалансированное поступление всех минеральных веществ. Так, молочные продукты - лучшие источники легко-усвояемого кальция, но содержат мало магния и кроветворных микроэлементов.

2. Особенности минерального состава пищевых продуктов, связанные с химическим составом почвы и воды отдельных географических районов. Недостаток или избыток некоторых минеральных элементов обуславливает уменьшение или увели-

чение поступления в организм этих веществ с местными продуктами и питьевой водой. В результате возникают эндемические, т. е. свойственные определенным районам, заболевания, например эндемический зоб от недостатка йода.

3. Несбалансированное питание. Избыток или дефицит в рационе белков, жиров, углеводов, витаминов нарушает усвоение минеральных веществ даже при их нормальном содержании в пище. Имеет значение и сбалансированность в питании самих минеральных веществ. Например, усвоение кальция ухудшается при слишком большом содержании в пище жиров, фосфора, магния, недостатке витамина D и белков.

4. Неправильная кулинарная обработка пищевых продуктов. При длительном вываривании очищенных овощей до 20-30% минеральных солей переходит в отвар, при неправильном размораживании мяса и рыбы теряются минеральные вещества. Поэтому не следует длительно вымачивать продукты или удалять овощные отвары. Минеральный состав пищи лучше сохраняется при варке на пару и отваривании овощей в кожуре с последующей очисткой.

5. Отсутствие изменений питания при повышенной потребности организма в минеральных веществах, обусловленных физиологическими причинами: беременностью, кормлением грудью, характером и условиями труда и др. Например, у беременных и кормящих женщин потребность в кальции, фосфоре, железе и других минеральных веществах значительно повышается.

6. Заболевания, ведущие к ухудшению всасывания минеральных веществ из желудочно-кишечного тракта (болезни пищеварительной системы), их повышенным потерям (ожоги, кровопотери, инфекционные болезни, туберкулез), нарушению их обмена (болезни эндокринной системы) и др. Лекарственная терапия, например мочегонными или некоторыми гормонами, изменяет обмен минеральных веществ и потребность в них. Все это требует изменений характера питания. Кроме того, содержание минеральных веществ специально увеличивают или уменьшают за счет соответствующего подбора продуктов в диетах при многих заболеваниях. Отсутствие контроля за правильностью использования некоторых диет и состоянием больного может вызвать нарушения обмена веществ и заболевания от не-

достатка или избытка минеральных элементов. Например, в случаях длительного бессолевого питания при заболеваниях почек и сердечно-сосудистой системы может возникнуть дефицит в организме натрия и хлора с соответствующей клинической картиной.

Вопрос 2. Сбалансированное питание

Чтобы понять, как правильно составить и сбалансировать питание, рассмотрим его основные принципы.

Первый принцип – это принцип энергетической адекватности.

Всем давно известно, что для совершения любого действия нам необходима энергия. Для нашего организма таким источником являются продукты питания. Поэтому количество энергии, поступающей к нам в организм с пищей, должно соответствовать количеству энергии, которую расходует организм.

Все очень просто: если человек потребляет энергии меньше, чем расходует, то он должен худеть. Ведь жир – это энергия, накопленная и отложенная организмом на потом. Естественно, что при дефиците калорий в пище накопленный жир должен расходоваться. Вот почему очень важно уменьшать количество калорий пищи с таким расчетом, чтобы расход энергии превышал ее приход.

Чтобы контролировать количество калорий необходимо поддерживать правильное, а главное постоянное соотношение между основными компонентами питания в пропорциях 45:30:25.

То есть вы должны распределять калории ежедневно так, чтобы 45 % приходилось на углеводы, 30 % – на белки и 25 % – на жиры. Хотите ли вы снизить вес или поддерживать его на нынешнем уровне постоянно, вы должны сделать для себя это соотношение фундаментальным принципом.

Разберем чуть подробнее баланс между тремя основными компонентами питания.

45 % ежедневно потребляемых калорий приходится на углеводы. Именно они заряжают нас энергией в наибольшей степени, кроме того содержат большую часть минеральных ве-

ществ и витаминов, важных для организма: волокон, способствующих быстрому насыщению и хорошему пищеварению и, как доказано исследованиями, уменьшают вероятность возникновения рака кишечника. Большинство углеводов содержат много воды, а вода – один из главных компонентов обмена веществ. Сочетание воды и волокон (клетчатка) создает такой объем пищи, который дает ощущение сытости, не допуская переедания.

Вторая группа продуктов питания имеет огромное значение для обеспечения здоровья, так как именно она снабжает наш организм белками. Белковая пища обеспечивает наш организм энергетическими ресурсами, которые будут использоваться, если «сгорят» углеводы. Но белковые продукты должны составлять только 30 % ежедневно потребляемых калорий, особенно у тех, кто хочет корректировать свою массу тела.

Предпочтительней всего употреблять рыбу, телятину и птицу в качестве основных источников белка, так как они содержат меньше жира, чем говядина и свинина. Постарайтесь снизить потребление последних, отдавая предпочтение рыбе и птице (это касается мяса без шкуры, еще лучше грудки) и увеличив их потребление до 5–7 раз в неделю.

И, конечно, не следует забывать о твороге, йогурте, кефире, ряженке и других молочных продуктах. Но! С низким содержанием жира или полностью обезжиренных.

Содержание жиров в ежедневном рационе должно составлять около 25 %. Здесь основная проблема заключается в том, чтобы суметь ограничить ежедневное потребление жиров до этой цифры.

Жиры – относительно малоёмкий источник энергии. Они нагружают нас лишними калориями, в которых мы не нуждаемся. Поэтому оптимальным количеством жира в день считается 25–30 г.

Сокращая потребление мяса, увеличивайте в еженедельном рационе порции рыбных блюд. Особенно полезны – скумбрия, семга, сардины, сельдь, анчоусы, озерная форель. Решительно сокращайте, до минимума, животные жиры, которые присутствуют в мясе, цельномолочных продуктах, беконе, сметане, сливочном масле.

Составьте для себя примерное меню, рассчитанное на неделю. Его рацион определите из расчета 1000, 1500 или 2200 ккал.

Три указанных уровня калорийности помогут вам похудеть или поддержать идеальный вес.

1000 ккал – это тот минимум для женщины, желающей похудеть. 1

500 ккал – удовлетворяют средние запросы организма для сохранения имеющегося веса.

Женщина в возрасте 23–50 лет обычно тратит от 1600 до 2400 ккал в день, в возрасте 51–75 лет – 1400–2200 ккал.

При использовании этих рационов придерживайтесь следующих рекомендаций:

– старайтесь пить менее калорийные напитки. Сократите до 2–3 раз в день употребления кофе, чая, кока-колы, пепси-колы;

– используйте растительный маргарин, так как он содержит больше полиненасыщенных жиров, чем обычный;

– варьируйте салаты по цвету, размеру кусков и составу компонентов. Например, можно смешать различные типы салатного листа (чем темнее лист, тем больше витамина А и железа), кресс-салат, сырой шпинат, краснокочанную капусту, желтый кабачок, морковь, цветную капусту, желтый, красный или зеленый перец, лук;

– пейте обезжиренные молочные продукты, насыщенные витаминами А и D;

– приправляйте салаты только полиненасыщенными растительными маслами;

– ограничьте потребление яиц до трех раз в неделю;

– овощи ешьте сырыми, печеными, пареными. Приготовление на огне значительно сокращает количество витаминов и минеральных веществ.

И помните, кое-что организм знает сам, а именно: не наблюдается переизбыток белков и углеводов; возможности организма по накоплению жиров очень большие, жир – единственное энергетическое вещество, которое наш организм может копить и копить годами.

Второй принцип – это правило 25-50-25.

Его необходимо жестко соблюдать тем, кто желает похудеть, так как оно позволяет регулировать вес тела, контролируя количество пищи, потребляемое на завтрак, обед и ужин.

Расшифровываю: 25 % калорий должно приходиться на завтрак; 50 % калорий – на обед, 25 % – на ужин.

Другими словами, питайтесь регулярно и распределяйте калории на весь день, ограничивая себя при этом за вечерней трапезой.

Даже для тех, кто не нуждается в ограничении веса, весьма полезно ориентироваться на эту формулу или ее модификацию. Вот один из вариантов: 25-30-45. Где 25 % – завтрак, 30 % – второй завтрак, 45 % – поздний обед.

Диетологи и специалисты по питанию убеждены, что если потреблять большую часть килокалорий до 13 часов дня, будет меньше проблем с весом. Это связано с тем, что организм днем более активен и, значит, быстрее и лучше сумеет переварить количество пищи, которое вы употребили. При таком процентном соотношении группа тучных женщин потребляла 1200 ккал и, несмотря на вовсе не минимальный общий объем калорий, теряла еженедельно от 0,5 до 1 кг.

Третий принцип – это планирование физических нагрузок так, чтобы они происходили непосредственно перед ужином.

На основе исследований можно предположить, что время занятий физическими упражнениями оказывает влияние на изменение веса и жирового компонента.

Если вы напряженно тренируетесь непосредственно до ужина – не раньше чем за два часа до еды, то доля жирового компонента в организме уменьшится скорее.

Почему или с чем это связано? Известно, что в течение двух часов после напряженной физической нагрузки наблюдается потеря аппетита, и, вероятно поэтому, те, кто особенно напряженно работают во второй половине дня, потребляют пищи меньше. Также известно, что обмен веществ усиливается в течение дня, а с приближением ночи его интенсивность падает. В результате чего вечером организм труднее сжигает калории, чем в первой половине дня.

Таким образом, после вечерних нагрузок вам не захочется особо нагружать себя пищей, а вашему организму не придется напрягаться, переваривая калории.

Главное при похудении – снижение содержания жира, а не просто потеря килограммов. Вот почему физическая нагрузка перед ужином в сочетании с ограничительной диетой – эффективный путь.

Четвертый принцип правильного питания сформулирован не на основе практических советов, а на основе психологического отношения к этому вопросу. Проще говоря, вы должны культивировать в себе здоровый страх перед полнотой и ожирением.

Ведь не секрет, что пара лишних килограммов на вашей талии может оказаться большой угрозой вашему организму. Определенно известно, что избыточный вес связан и с опасностью осложнений, чреватых угрозой для жизни, таких как коронарная болезнь или рак. Даже незначительное количество лишнего жира оказывается пусковым механизмом для серьезных болезней. Оно может стать хранилищем ядовитых веществ, о которых мы в настоящее время почти ничего не знаем.

Низкий уровень жизненной энергии, эмоциональные осложнения, сердечные заболевания – вот неполный список того, к чему приводит высокое содержание жира в организме. Но не только избыточная масса является фактором риска для нашего организма. Как ни странно это звучит, но также довольно много случаев заболеваний и даже смерти от недостаточного или неправильного питания. Исследования показывают, что здоровый человек – это тот, кто хорошо и регулярно питается (не менее трех раз в день), но поддерживает стабильный вес с помощью физических нагрузок и диеты.

Поэтому **пятый принцип** можно сформулировать следующим образом: **не истощайте организм слишком малым количеством калорий.**

Этот совет кажется странным на фоне большого числа проблем с перееданием, нежели с недоеданием. Но существует и растущая тенденция к добровольному потреблению малого количества калорий, что иногда приводит к печальному результату.

Одна из наиболее распространенных форм недоедания – нервная анорексия. Этим недугом часто страдают обеспеченные люди, привыкшие целиком отдавать себя работе, а также молодые девушки, что связано с растущей популярностью модельного бизнеса. Пытаясь слепо следовать моде, они истощают себя, резко ограничивая питание, по временам даже стремятся вызвать у себя рвоту.

Но не только мода на модельные фигуры виновата в этих болезнях, зачастую это связано с кризисом возраста, возрастными комплексами или неразделенными чувствами первой любви. В таких случаях необходима квалифицированная помощь психолога.

Другой вид нарушения питания специалисты называют «питательной аритмией».

Этот термин появился в связи с трагической смертью 12 бегунов-марафонцев. Все они умерли большей частью во сне. Во время смерти их вес был равен или приближался к минимальному для взрослого человека. Для достижения тех результатов или рекордов, которых они добились, им пришлось резко ограничить питание, потребляя только самые необходимые количества калорий, жиров и других веществ. По-видимому, дело в том, что они настолько мало ели, что сердцу не хватило энергии для работы в условиях большой физической нагрузки. Это и привело к остановке сердца.

Отсюда можно сделать вывод: люди среднего телосложения, бегающие на средние дистанции, меньше рискуют, чем те, кто не придерживается средних значений во всем – и в питании, и в беге. Если вы уже бегаєте или только решаете выбрать бег как физическую нагрузку, придерживайтесь гармонии. Увеличивая объем нагрузки и длину дистанции в беге, плавании или поездках на велосипеде, также увеличивайте и потребность в пище, или же вы будете страдать от ее недостатка.

Шестой принцип связан с подсчетом калорий, которые мы потребляем.

Как нужно четко сбалансировать содержание жира в организме, точно так же необходимо и сбалансированное число калорий, потребляемых ежедневно для поддержания нормального веса.

Правда, многие специалисты по питанию не являются страстными поклонниками тщательного подсчета калорий, так как на практике это практически невозможно. Ну как подсчитать, сколько калорий в котлете, овощной икре из разнообразных по форме или размеру овощей и во многих других повседневных блюдах. Да и большинство людей не имеют такого количества времени, чтобы регулярно тратить его на подсчеты калорий в своем меню. Е

ще одним негативным моментом является то, что на практике можно осуществить подсчет только рационов с заданным набором определенных несложных блюд, построенных не столько для удовлетворения вкусовых желаний, сколько для простоты подсчета их калорийности. А ведь свобода выбора пищи – это необходимое условие психоэмоционального комфорта. В результате чего многие женщины просто отказываются от сбалансированного питания.

Но в то же время, считаю, что представление о количестве калорий в тарелке иметь необходимо. Поэтому можно сначала составить список обычно потребляемых продуктов, а затем подсчитать общее число калорий, пользуясь широко известными таблицами.

Можно также ориентироваться на следующие цифры:

ценность первых блюд составляет около 200–300 ккал (если порция 500 г);

молочные, крупяные супы и сборная солянка имеют 400 ккал;

мясные блюда с гарниром – 500–600 ккал;

рыбные – около 500 ккал;

овощные блюда – 200–400 ккал;

третьи блюда – 100–150 ккал.

Покупая продукты, также обращайте внимание на цифру, которая соответствует калорийности 100 г данного продукта.

Зная эту величину, легко подсчитать, сколько энергии получит ваш организм после потребления определенного количества продуктов.

Если энергетическая ценность не указана, но приведено содержание белков, жиров и углеводов, можно определить калорийность продуктов исходя из того, что при окислении 1 г

белка и 1 г углеводов выделяется по 4,1 ккал, при окислении 1 г жиров – 9,3 ккал. Таким образом, зная состав суточного рациона питания, то есть всего съеденного и выпитого за день, можно подсчитать, сколько энергии мы получили за день и какова калорийность суточного меню.

Помните о принципе энергетической адекватности! Нельзя тратить энергии меньше, чем вы получаете с пищей. Потребление хотя бы 100 лишних или сверх нормы калорий в сутки приведет к приросту веса на 4,5 кг в год. Или еще пример: 200 лишних килокалорий – увеличение веса до 9 кг в год!

Потребляя больше, вы закладываете в организм так много «топлива», что оно уже не сгорает и превращается в жир. И вскоре весь этот груз просто осядет на вашей талии.

Только представьте, как вы будете себя чувствовать, таская каждый день с утра до вечера пяти– или десятикилограммовый груз.

Вот почему так важно определять точное количество калорий, необходимых вашему организму, чтобы ваше «топливо» использовалось по назначению, а не превращалось в жир.

Еще более усложняет положение то, что после очень низкокалорийной диеты, примерно 500 ккал в день, вы наберете вес быстрее, даже если будете потреблять меньше калорий, чем до диеты. Это происходит потому, что после данной диеты организм перестраивает обмен веществ таким образом, чтобы поддерживать тот же вес более низким количеством калорий.

Например, если вам для идеального веса необходимы 2000 ккал, а вы в течение трех месяцев сидите на диете с потреблением 500 ккал в день, то ваш организм приспосабливается к более низкому числу калорий. К третьей неделе перестроенный обмен веществ поддерживает ваш вес уже только при 1000 ккал (если бы этого не происходило, то человек просто бы погиб в течение двух недель от истощения).

Предположим, вы достигли цели, и после этого переходите на 1500 ккал в день. И с удивлением замечаете, что даже при таком пониженном рационе продолжаете прибавлять по полкилограмма в неделю, хотя потребляете даже меньше калорий, чем до диеты. Пониженный уровень обмена, приводящий к быстрому набору веса, может целый год после завершения низкокалорийной диеты

оставаться неизменным. Вот почему многие из полных людей после частого применения ограничительных диет жалуются, что прибавляют в весе даже больше, чем раньше. Чтобы избежать всего этого, необходимо постоянно придерживаться диеты и сочетать ее с физической нагрузкой. Организовав свое питание по принципу 25-50-25 (второй принцип), вы сможете худеть на 1–1,5 кг в неделю, и потерянный вес уже не вернется.

Неразумно и нецелесообразно сидеть на диете время от времени, позволяя вашему весу прыгать вверх – вниз. В этом тем более нет нужды, если составить свой индивидуальный план рационального питания, подобно следующему плану, который был составлен американскими специалистами питания Центра аэробики.

Основные принципы плана:

– Необходимо, чтобы ваше питание было не только сбалансированным, но и разнообразным. Продукты питания должны включать углеводы (фрукты, овощи, мучные и крахмальные продукты), белки (мясные или молочные продукты, бобы или горох), жиры (растительное масло или маргарин) и жидкость в каждый прием пищи. Это позволит вам весь день чувствовать себя полной энергии. Углеводы сгорают в первую очередь (обеспечивая энергией в течение 3–4 часов). Белки дают энергию в следующие 1–2 часа, а жиры еще не до конца растрачиваются к 5-му или 6-му часу, то есть вплоть до следующего приема пищи.

– Очень важно также учитывать подбор продуктов на отдельные приемы пищи, ориентируясь на продолжительность ее нахождения в желудке.

1-2 часа – вода, чай, кофе, какао, бульон, молоко, яйца всмятку, рис, речная рыба (отварная).

2-3 часа – яйца вкрутую, омлет, морская рыба (отварная), отварной картофель, хлеб.

4-5 часов – бобы, фасоль, горох, птица, сельдь, жареное мясо.

6 часов – грибы, бекон, шпик.

– Обязательно следуйте принципу 45:30:25 (первый принцип).

– Уменьшайте потребление калорий и, наоборот увеличивайте их расход. 0,5 килограмма запасенного жира эквивалентно

3500 килокалориям. Чтобы потерять 1 кг или 7000 ккал в неделю, необходимо ежедневно отказываться от 1000 ккал. А для того чтобы худеть быстрее и уменьшать преимущественно жировую, а не мышечную массу, следует увеличить физическую активность, включающую аэробные упражнения. Но не переусердствуйте с похудением. Самый оптимальный вариант – это снижение веса на 0,5–1 килограмм в неделю. Организм должен успевать приспособливаться, иначе ваша кожа станет дряблой, так как не будет успевать сокращаться вслед за быстрым уменьшением объемов подкожной жировой клетчатки и мышц.

– Ешьте меньше жирной пищи. Резко ограничьте потребление жареного мяса; масла, маргарина, майонеза, растительного масла, соусов, салатных приправ; консервов, полуфабрикатов; жирных мясных продуктов – бекона, колбасы, сосисок, тушеных баранины, говядины и свинины; молочных продуктов с высоким содержанием жира (цельное молоко, сливки, сметана, сыр, мороженое).

– Применяйте низкокалорийные приправы к салатам, ограничивая потребление готовых приправ. Вместо сливок пейте низкокалорийный йогурт или молоко, ешьте обезжиренные жиры. Помните, что каждый грамм съеденного вами жира содержит 9 ккал, вдвое больше чем 1 г белка и 1 г углеводов.

– Потребляйте меньше сахара. Рафинированный сахар – очень высококалорийный продукт, тем более, что он не содержит минеральные соли и витамины. Содержится: в джеме, желе, лимонаде, карамели, печенье, домашних пирогах, десертных сладостях, консервированных фруктах и сладких соках.

– Старайтесь ограничить потребление сладких блюд до 1–2 раз в неделю.

– Ешьте больше низкокалорийных, объемных и богатых волокнами и клетчаткой продуктов: фрукты, овощи (с семенами и кожицей), вареный картофель, хлебные изделия грубого помола, отруби.

– Предпочтение отдавайте постному мясу, рыбе, птице. Если вы хотите сбросить вес или сохранить его нормальным, исключите говядину, свинину, баранину и сыры.

– Целесообразно использовать продукты с отрицательной энергетической ценностью, то есть те, на усвоение которых тра-

тится больше энергии, чем выделяется при их переваривании, – морковь, репа, брюква, свекла, капуста. Максимально снизьте употребление алкоголя. Он содержит энергии в 1,5 раза больше, чем углеводы.

– При приготовлении пищи используйте как можно меньше жира. Готовьте жареное или печеное мясо на решетке. Тушите продукты на воде, варите овощи и ешьте сырыми без всяких соусов или приправ. Купите сковороду с толстым дном и тефлоновым покрытием: вам не придется использовать масло для приготовления пищи.

– Обязательно включайте в рацион именно сырые овощи, фрукты, салаты. Пейте томатный сок, натуральные фруктовые соки.

– Если вы ведете борьбу с лишним весом, пусть вода станет для вас жиросжигателем номер один. В ходе недавних исследований было доказано, что вода играет ключевую роль в регулировании скорости обмена веществ. Оказалось, что обезвоживание замедляет обмен, а значит, и сжигание жира. К тому же, чем меньше вы пьете, тем выше в организме концентрация ионов натрия, ну а натрий, как известно, задерживает воду в тканях. В итоге вы «разбухаете» и становитесь еще толще. К примеру, половина чайной ложки соли вызывает задержку 1,5 литра воды в кишечнике. Ваша талия становится на 2,5–4 см шире.

– Предпочитайте жесткую пищу мягкой. Жесткие продукты, например яблоко, требуют более длительного пережевывания, чем банан. Психологически процесс пережевывания смягчает стресс и напряжение.

– Соблюдайте главный принцип – режим питания. А именно: дробный прием пищи; прием пищи в одно и то же время; ужин не менее чем за 3 часа до сна; продолжительность между приемами пищи не должна превышать 6 часов.

– Избегайте «импульсного питания» – это позволит избежать непредвиденных обстоятельств (например, праздничных трапез).

– Избегайте лишних мыслей о еде, храните продукты не на виду, чтобы не возникало соблазнов. Подавайте пищу на тарелках в тех количествах, которые вам вполне по силам, не накладывайте порцию на большие блюда.

– Старайтесь больше двигаться в течение дня, регулярно занимайтесь физическими упражнениями.

– Пользуйтесь лестницами вместо лифта, введите за правило прогуливаться пешком перед сном. Физическая нагрузка перед едой не только снижает аппетит и помогает контролировать вес, но и похудеть.

– Не впадайте в уныние и оберегайте организм от стрессов.

– Старайтесь спать по меньшей мере 8 часов в сутки; больше тренируйтесь, но чередуйте интенсивные нагрузки днями отдыха, чтобы уставшие мышцы могли восстанавливаться, иначе избыток активности сам станет стрессом.

– Обязательно находите время для минут умиротворения (почитайте книгу, послушайте музыку, расслабляйтесь на природе).

– Постарайтесь в борьбе со стрессом не прибегать к алкоголю.

– Пусть постоянный контроль за весом станет для вас привычкой. Регулярно взвешивайтесь, не допуская прибавления 1 кг или 1,5 кг к вашему идеальному весу.

Таковы некоторые наиболее важные принципы сбалансированного питания. Наверное, вы уже поняли, что если есть слишком много, даже употребляя только здоровую пищу, то можно начать прибавлять в весе и столкнуться с серьезными проблемами. С другой стороны, если есть слишком мало, то также можно нанести вред своему здоровью.

И, наконец, если питание не сбалансировано, то даже при правильном подборе калорий в рационе вы можете столкнуться с существенной потерей энергии и эмоциональными проблемами, возникающими в связи с недостатком определенных питательных веществ. Поэтому питайтесь правильно, и, в сочетании с физическими нагрузками, вы будете не только удивлять окружающих своей великолепной фигуркой, но и высоко поднимите свой уровень жизненной энергии. А теперь поговорим о том, как воплотить в жизнь все вышеописанное.

Вопросы для повторения

1. Кому нужно соблюдать диету? Почему?
2. В каких продуктах питания больше кальция?
3. В каких продуктах питания больше калия?
4. В каких продуктах питания больше железа?
5. В каких продуктах питания больше магния?

Тема 14: Многообразие живого мира

Вопросы

1. Уровни организации живой материи.
2. Критерии живых систем.

Вопрос 1. Уровни организации живой материи

Окружающий нас мир живых существ — это совокупность биологических систем разной степени сложности, образующих единую иерархическую структуру. Причем следует отчетливо представлять, что взаимосвязь отдельных биологических систем, принадлежащих к одному уровню организации, формирует качественно новую систему. Одна клетка и множество клеток, один организм и группа организмов — разница не только в количестве. Совокупность клеток, обладающих общим строением и функцией, — это качественно новое образование — ткань. Группа организмов — это семья, стая, популяция, т. е. система, обладающая совершенно иными свойствами, нежели простое механическое суммирование свойств нескольких особей.

В процессе эволюции происходило постепенное усложнение организации живой материи. При образовании более сложного уровня предыдущий уровень, возникший ранее, входил в него как составная часть. Именно поэтому уровневая организация и эволюция являются отличительными признаками живой природы. В настоящее время жизнь как особая форма существования материи представлена на нашей планете несколькими уровнями организации:

1. Молекулярно-генетический уровень.

Как бы сложно ни была организована любая живая система, в ее основе лежит взаимодействие биологических макромолекул: нуклеиновых кислот, белков, углеводов, а также других органических веществ. С этого уровня начинаются важнейшие процессы жизнедеятельности организма: кодирование и передача наследственной информации, обмен веществ, превращение энергии.

2. Клеточный уровень.

Клетка — это структурно-функциональная единица всего живого. Существование клетки лежит в основе размножения, роста и развития живых организмов. Вне клетки жизни нет, а существование вирусов только подтверждает это правило, потому что они могут реализовывать свою наследственную информацию только в клетке.

3. Тканевый уровень.

Ткань — это совокупность клеток и межклеточного вещества, объединенных общностью происхождения, строения и выполняемой функции. В животных организмах выделяют четыре основных типа ткани: эпителиальную, соединительную, мышечную и нервную. В растениях различают образовательные, покровные, проводящие, механические, основные и выделительные (секреторные) ткани.

4. Органный уровень.

Орган — это обособленная часть организма, имеющая определенную форму, строение, расположение и выполняющая конкретную функцию. Орган, как правило, образован несколькими тканями, среди которых одна (две) преобладает.

5. Организменный (онтогенетический) уровень.

Организм — это целостная одноклеточная или многоклеточная живая система, способная к самостоятельному существованию. Многоклеточный организм образован совокупностью тканей и органов. Существование организма обеспечивается путем поддержания гомеостаза (постоянства структуры, химического состава и физиологических параметров) в процессе взаимодействия с окружающей средой.

6. Популяционно-видовой уровень.

Популяция — совокупность особей одного вида, в течение длительного времени проживающих на определенной территории, внутри которой осуществляется в той или иной степени случайное скрещивание и нет существенных внутренних изоляционных барьеров; она частично или полностью изолирована от других популяций данного вида.

Вид — совокупность особей, сходных по строению, имеющих общее происхождение, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство. Все особи одного вида

имеют одинаковый кариотип, сходное поведение и занимают определенный ареал.

На этом уровне осуществляется процесс видообразования, который происходит под действием эволюционных факторов.

7. Биогеоценотический (экосистемный) уровень.

Биогеоценоз — исторически сложившаяся совокупность организмов разных видов, взаимодействующая со всеми факторами их среды обитания. В биогеоценозах осуществляется круговорот веществ и энергии.

8. Биосферный (глобальный) уровень.

Биосфера — биологическая система высшего ранга, охватывающая все явления жизни в атмосфере, гидросфере и литосфере, которая объединяет все биогеоценозы (экосистемы) в единый комплекс. Здесь происходят все вещественно-энергетические круговороты, связанные с жизнедеятельностью всех живых организмов, обитающих на Земле.

Таким образом, жизнь на нашей планете представлена саморегулирующимися и самовоспроизводящимися системами различного ранга, открытыми для вещества, энергии и информации. Существование и взаимодействие этих систем обеспечивается происходящими в них процессами жизнедеятельности и развития.

На каждом уровне организации живой материи существуют свои специфические особенности, поэтому в любых биологических исследованиях, как правило, какой-то определенный уровень является ведущим. Так, например, изучение механизмов деления клетки осуществляется на клеточном уровне, а основные успехи в области генной инженерии достигнуты на молекулярно-генетическом. Но такое разделение проблем по уровням организации является весьма условным, потому что большинство задач биологии так или иначе касаются одновременно нескольких уровней, а порой и всех сразу. Например, проблемы эволюции затрагивают все уровни организации, а методы генной инженерии, реализуемые на молекулярно-генетическом уровне, направлены на изменение свойств всего организма.

Вопрос 2. Критерии живых систем

Всем уровням организации живой материи присущи черты, отличающие ее от неживой материи. Рассмотрим общие, характерные для всего живого свойства и их отличия от похожих процессов, протекающих в неживой природе.

1. Единство химического состава.

В состав живых организмов входят те же химические элементы, что и в объекты неживой природы.

Однако соотношение различных элементов в живом и неживом неодинаково. Элементарный состав неживой природы наряду с кислородом представлен в основном кремнием, железом, магнием, алюминием и т. д. В живых организмах 98% химического состава приходится на четыре элемента – углерод, кислород, азот и водород.

2. Обмен веществ.

Все живые организмы способны к обмену веществ с окружающей средой, поглощая из неё вещества, необходимые для питания, и выделяя продукты жизнедеятельности.

Отметим, что в неживой природе также существует обмен веществами. Однако при небиологическом круговороте веществ они просто переносятся с одного места на другое или меняется их агрегатное состояние: например, смыв почвы, превращение воды в пар или лёд.

В отличие от обменных процессов в неживой природе у живых организмов они имеют качественно иной уровень. В круговороте органических веществ самыми существенными стали процессы синтеза и распада.

Живые организмы поглощают из окружающей среды различные вещества. Вследствие целого ряда сложных химических превращений вещества из окружающей среды уподобляются веществам живого организма, и из них строится его тело. Эти процессы называются ассимиляцией или пластическим обменом. Другая сторона обмена веществ – процессы диссимиляции, в результате которых сложные органические соединения распадаются на простые, при этом утрачивается их сходство с веществами организма и выделяется энергия, необходимая для реак-

ции биосинтеза. Поэтому диссимиляцию называют энергетическим обменом.

Обмен веществ обеспечивает постоянство химического состава и строения всех частей организма и как следствие постоянство их функционирования в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды.

3. Самовоспроизведение (репродукция).

При размножении живых организмов потомство обычно похоже на родителей: кошки воспроизводят котят, собаки – щенят. Из семян одуванчика опять вырастает одуванчик. Деление одноклеточного организма – амебы – приводит к образованию двух амеб, полностью схожих с материнской клеткой. Таким образом, размножение – свойство организмов воспроизводить себе подобных.

Что лежит в основе процесса самовоспроизведения? Обратим внимание на то, что этот процесс осуществляется практически на всех уровнях организации живой материи. Благодаря репродукции не только целые организмы, но и клетки, оргanelлы клеток (митохондрии, пластиды и др.) после деления сходны со своими предшественниками. Из одной молекулы ДНК - дезоксирибонуклеиновой кислоты – при ее удвоении образуются две дочерние молекулы, полностью повторяющие исходную.

В основе самовоспроизведения лежат реакции матричного синтеза, т.е. образования новых молекул и структур на основе информации, заложенной в последовательности нуклеотидов ДНК. Следовательно, самовоспроизведение – одно из основных свойств живого, тесно связанное с явлением наследственности.

4. Наследственность.

Заключается в способности организмов передавать свои признаки, свойств и особенности развития из поколения в поколение. Она обусловлена стабильностью, т.е. постоянством, строения молекул ДНК.

5. Изменчивость.

Это свойство как бы противоположно наследственности, но вместе с тем тесно связано с ней, так как при этом изменяются наследственные задатки – гены, определяющие развитие тех или иных признаков. Если бы репродукция матриц матриц – молекул ДНК – всегда происходила с абсолютной точностью, то

при размножении организмов осуществлялась бы преемственность только существовавших прежде признаков, и приспособление видов к меняющимся условиям среды оказалось бы невозможным. Следовательно, изменчивость – это способность организмов приобретать новые признаки и свойства, в основе, которой лежат изменения биологических матриц.

Изменчивость создает разнообразный материал для естественного отбора, т.е. отбора наиболее приспособленных особей к конкретным условиям существования в природных условиях, что в свою очередь приводит к появлению новых форм жизни, новых видов организмов.

6. Рост и развитие.

Способность к развитию – всеобщее свойство материи. Под развитием понимают закономерное изменение объектов живой и неживой природы. В результате развития возникает новое качественное состояние объекта, вследствие которого изменяется его состав или структура. Развитие живой формы существования материи представлено индивидуальным развитием, или онтогенезом, и историческим развитием, или филогенезом.

На протяжении онтогенеза постепенно и последовательно проявляются индивидуальные свойства организмов. Независимо от способа размножения все дочерние особи, образующиеся из одной зиготы или споры, почки или клетки, получают по наследству только генетическую информацию, т.е. возможность проявить те или иные признаки. В процессе развития возникает специфическая структурная организация индивида, а увеличение его массы обусловлено репродукцией макромолекул, элементарных структур клеток и самих клеток. Филогенез, или эволюция, - это необратимое и направленное развитие живой природы, сопровождающееся образованием новых видов и прогрессивным усложнением жизни. Результатом эволюции является все многообразие живых организмов на Земле.

7. Раздражимость.

Любой организм неразрывно связан с окружающей средой: извлекает из нее питательные вещества, подвергается воздействию неблагоприятных факторов среды, вступает во взаимодействие с другими организмами и т.д., В процессе эволюции у живых организмов выработалось и закрепилось свойство избирательно реаги-

ровать на внешние воздействия. Это свойство носит название раздражимости. Всякое изменение окружающих организм условий среды представляет собой по отношению к нему раздражение, а его реакция на внешние раздражители служит показателем его чувствительности и проявлением раздражимости.

Реакция многоклеточных животных на раздражение осуществляется через посредство нервной системы и называется рефлексом.

8. Дискретность.

Само слово дискретность произошло от латинского «дискретус», что означает прерывистый, разделенный: Дискретность – всеобщее свойство материи. Так, из курса физики и общей химии известно, что каждый атом состоит из элементарных частиц, что атомы образуют молекулу. Простые молекулы входят в состав сложных соединений или кристаллов и т. д. Жизнь на земле проявляется в виде дискретных форм это означает, что отдельный организм или иная биологическая система (вид, биоценоз и др.) состоит из отдельных изолированных, т.е. обособленных или отграниченных в пространстве, но тем не менее тесно связанных и взаимодействующих между собой частей, образующих структурно функциональное единство. Например, любой вид организмов включает отдельные особи. Тело высокоорганизованной особи образуют пространственно ограниченные органы, которые в свою очередь состоят из отдельных клеток. Энергетический аппарат клетки представлен отдельными митохондриями, аппарат синтеза белка – рибосомами и т.д. вплоть до макро молекул, каждая из которых может выполнять свою функцию лишь, будучи пространственно изолированной, от других. Дискретность строения организма – основа его структурной упорядоченности. Она создает возможность постоянного самообновления его путем замены «износившихся» структурных элементов (молекул, ферментов, органоидов клетки, целых клеток) без прекращения выполняемой функции. Дискретность вида предопределяет возможность его эволюции путем гибели или устранения от размножения непригодных особей и сохранения индивидов с полезными для выживания признаками.

9. Саморегуляция (авторегуляция).

Это способность живых организмов, обитающих в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды, поддерживать постоянно своего химического состава и интенсивность течения физиологических процессов. При этом недостаток поступления каких-либо питательных веществ мобилизует внутренние ресурсы организма, а избыток вызывает запасание этих веществ. Подобные реакции осуществляются разными путями благодаря деятельности регуляторных систем – нервной и эндокринной. Сигналом для включения той или иной регулирующей системы может быть изменение концентрации какого-либо вещества или состояния какой-либо системы.

10. Ритмичность.

Это свойство присуще как живой, так и неживой природе. Обусловлено оно различными космическими причинами: вращением Земли вокруг Солнца, сменой времен года, фазами Луны и т. д. Для неживой природы характерны, например, изменение освещенности и температуры в течении года и суток, приливы и отливы в морях и океанах, перемещение воздушных масс – ветры и т. д. Живые организмы также подчиняются внешним датчикам времени, однако реакция их значительно сложнее изменений окружающей среды.

Повсюду в неживой и живой природе распространены колебательные процессы. Океанические приливы и отливы, смена дня и ночи, фаз Луны, чередование времен года, периодическое увеличение солнечной активности, цикличность геологических процессов, в том числе периодическая смена суши морем и моря суши – все это разные формы колебательных процессов. Периодические изменения в окружающей среде оказывают глубокое влияние на живую природу и на собственные ритмы живых организмов.

Ритм – это повторение одного и того же события или воспроизведение одного и того же состояния через равные промежутки времени. В биологии под ритмичностью понимают периодические изменения интенсивности физиологических функций с различными периодами колебаний (от нескольких секунд до года и столетия). Хорошо известны суточные ритмы сна и бодрствования у человека; сезонные ритмы активности и спячки у некоторых млекопитающих (суслики, ежи, медведи) и многие другие.

Ритмичность направлена на согласование функций организма с окружающей средой, т.е. на приспособление к постоянно меняющимся условиям существования.

11. Энергозависимость.

Живые тела представляют собой «открытые» для поступления энергии системы. Это понятие заимствовано из физики.

Под «открытыми» системами понимают динамические, т.е. не находящиеся в состоянии покоя системы, устойчивые лишь при условии непрерывного доступа к ним энергии и материи извне. Таким образом, живые организмы существуют до тех пор, пока в них поступает энергия и материя в виде пищи из окружающей среды. Следует отметить, что живые организмы в отличие от объектов неживой природы отграничены от окружающей среды оболочками (наружная клеточная мембрана у одноклеточных, покровная ткань у многоклеточных). Эти оболочки затрудняют обмен веществ между организмом и внешней средой, сводят к минимуму потери веществ и поддерживают пространственное единство системы.

Таким образом, живые организмы резко отличаются от объектов физики и химии – неживых систем – своей исключительной сложностью и высокой структурной и функциональной упорядоченностью. Эти отличия придают жизни качественно новые свойства. Живое представляет собой особую ступень развития материи.

Теперь, после ознакомления с основными свойствами живых организмов, можно сформулировать определение понятия «жизнь». Материалистическое определение жизни дал один из основоположников научного коммунизма Ф. Энгельс в книге «Анти-Дюринг»: «Жизнь есть способ существования белковых тел, и этот способ существования состоит по своему существу в постоянном самообновлении химических составных частей этих тел». Это определение дано Энгельсом более 100 лет назад. В него вошли два важных положения: 1) жизнь тесно связана с белковыми телами и 2) неперемное условие жизни – постоянный обмен веществ, с прекращением которого прекращается и жизнь.

Достижения биологии нашего времени позволили вскрыть новые черты, характерные для живых организмов, и на этом основании дать более подробное определение понятия «жизнь».

Одно из таких определений принадлежит советскому ученому М.В. Волькенштейну: «Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров – белков и нуклеиновых кислот». Ознакомившись, таким образом, со свойствами и сущностью живых организмов, можно перейти теперь к вопросу о возникновении жизни на Земле. Однако к чему же сводится этот вопрос ?

Уже отмечалось, что все живые существа обладают совокупностью одних и тех же свойств и состоят из одних и тех же групп биологических полимеров, выполняющих определенные функции. Кроме того, практически все живые организмы, существующие на Земле, объединяет и то, что последовательность биохимических превращений, обеспечивающих обменные процессы, у них сходна вплоть до деталей. Например, расщепление глюкозы, биосинтез белка и другие реакции у самых разных организмов протекают почти одинаково.

Вопросы для повторения:

1. Дайте понятие молекулярному уровню организации живой материи.
2. Дайте понятие клеточному уровню организации живой материи.
3. Дайте понятие тканевому уровню организации живой материи.
4. Дайте понятие органному уровню организации живой материи.
5. Дайте понятие организменному уровню организации живой материи.
6. Дайте понятие популяционно-видовому уровню организации живой материи.
7. Дайте понятие биогеоценотическому уровню организации живой материи.
8. Дайте понятие биосферному уровню организации живой материи.
9. Перечислите и охарактеризуйте общие свойства живых систем.

Тема 15: Клетка- единица строения и жизнедеятельности организма

Вопросы

1. Химический состав клетки.
2. Неорганические вещества, входящие в состав клетки.
3. Минеральные соли.

Вопрос 1. Химический состав клетки

Каждая клетка содержит множество химических элементов, участвующих в различных химических реакциях. Химические процессы, протекающие в клетке — одно из основных условий её жизни, развития и функционирования. Одних химических элементов в клетке больше, других — меньше.

На атомном уровне различий между органическим и неорганическим миром живой природы нет: живые организмы состоят из тех же атомов, что и тела неживой природы. Однако соотношение разных химических элементов в живых организмах и в земной коре сильно различается. Кроме того, живые организмы могут отличаться от окружающей их среды по изотопному составу химических элементов.

Условно все элементы клетки можно разделить на три группы.

- 1 Макроэлементы
- 2 Микроэлементы
- 3 Ультрамикроэлементы

К макроэлементам относят кислород (65—75 %), углерод (15—18 %), водород (8—10 %), азот (2,0—3,0 %), калий (0,15—0,4 %), сера (0,15—0,2 %), фосфор (0,2—1,0 %), хлор (0,05—0,1 %), магний (0,02—0,03 %), натрий (0,02—0,03 %), кальций (0,04—2,00 %). Такие элементы, как С, О, Н, N, S, P входят в состав органических соединений.

Углерод — входит в состав всех органических веществ; скелет из атомов углерода составляет их основу. Кроме того, в виде CO₂ фиксируется в процессе фотосинтеза и выделяется в ходе дыхания, в виде СО (в низких концентрациях) участвует в

регуляции клеточных функций, в виде CaCO_3 входит в состав минеральных скелетов.

Кислород — входит в состав практически всех органических веществ клетки. Образуется в ходе фотосинтеза при фотоллизе воды. Для аэробных организмов служит окислителем в ходе клеточного дыхания, обеспечивая клетки энергией. В наибольших количествах в живых клетках содержится в составе воды.

Водород — входит в состав всех органических веществ клетки. В наибольших количествах содержится в составе воды. Некоторые бактерии окисляют молекулярный водород для получения энергии.

Азот — входит в состав белков, нуклеиновых кислот и их мономеров — аминокислот и нуклеотидов. Из организма животных выводится в составе аммиака, мочевины, гуанина или мочевой кислоты как конечный продукт азотного обмена. В виде оксида азота NO (в низких концентрациях) участвует в регуляции кровяного давления.

Сера — входит в состав серосодержащих аминокислот, поэтому содержится в большинстве белков. В небольших количествах присутствует в виде сульфат-иона в цитоплазме клеток и межклеточных жидкостях.

Фосфор — входит в состав АТФ, других нуклеотидов и нуклеиновых кислот (в виде остатков фосфорной кислоты), в состав костной ткани и зубной эмали (в виде минеральных солей), а также присутствует в цитоплазме и межклеточных жидкостях (в виде фосфат-ионов).

Магний — входит в состав многих ферментов, участвующих в энергетическом обмене и синтезе ДНК; поддерживает целостность рибосом и митохондрий, входит в состав хлорофилла. В животных клетках магний необходим для функционирования мышечных и костных систем.

Кальций — участвует в свёртывании крови, а также служит одним из универсальных вторичных посредников, регулируя важнейшие внутриклеточные процессы (в том числе участвует в поддержании мембранного потенциала, необходим для мышечного сокращения). Нерастворимые соли кальция участ-

вуют в формировании костей и зубов позвоночных и минеральных скелетов беспозвоночных.

Натрий — участвует в поддержании мембранного потенциала, генерации нервного импульса, процессах осморегуляции (в том числе в работе почек у человека) и создании буферной системы крови.

Калий — участвует в поддержании мембранного потенциала, генерации нервного импульса, регуляции сокращения сердечной мышцы. Содержится в межклеточных веществах.

Хлор — поддерживает электронеutralность клетки.

К микроэлементам, составляющим от 0,001 % до 0,000001 % массы тела живых существ, относят ванадий, германий, йод (входит в состав тироксина, гормона щитовидной железы), кобальт (витамин В12), марганец, никель, рутений, селен, фтор (зубная эмаль), медь, хром, цинк

Цинк — входит в состав ферментов, участвующих в спиртовом брожении, в состав инсулина

Медь — входит в состав окислительных ферментов.

Селен - участвует в регуляторных процессах организма.

Ультрамикроэлементы составляют менее 0,0000001 % в организмах живых существ, к ним относят золото, серебро, которые оказывают бактерицидное воздействие, ртуть, подавляющую обратное всасывание воды в почечных канальцах, оказывая воздействие на ферменты. Также к ультрамикроэлементам относят платину и цезий. Некоторые к этой группе относят и селен, при его недостатке развиваются раковые заболевания. Функции ультрамикроэлементов ещё мало понятны.

Вопрос 2 Неорганические вещества, входящие в состав клетки

Вода - 60 % - 95 % от общей массы организма. Вода – обязательное условие жизненной активности клетки. Вода - среда обитания для многих организмов.

Свойства воды: малые размеры молекулы; полярность молекул; способность образовывать водородные связи друг с другом.

Функции воды:

- универсальный растворитель для полярных веществ, служит средой для транспорта различных веществ внутри организма;
- теплоёмкость: биохимические процессы идут в малом диапазоне температур;
- большая теплота испарения: используется при терморегуляции у животных (потоотделение) и растений (охлаждение листьев);
- большая теплота плавления: препятствует образованию кристаллов льда в клетках при понижении температуры;
- плотность льда меньше плотности воды: он не тонет, и водоёмы промерзают сверху вниз (в противном случае реки и озера холодных и умеренных поясов промёрзли бы за зиму насквозь);
- поверхностное натяжение: обеспечивает движение воды по капиллярам организмов;
- необходимый компонент метаболических реакций (фотосинтез, гидролиз);
- осморегулятор: обеспечивает внутриклеточное давление на стенку клетки.

Вопрос 3 Минеральные соли

Кроме воды, в числе неорганических веществ, входящих в состав клетки, нужно назвать соли, представляющие собой ионные соединения. В водном растворе они диссоциируют с образованием катиона металла и аниона кислотного остатка.

Для процессов жизнедеятельности клетки наиболее важны:

Катионы: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} .

Анионы: $H_2PO_4^-$, Cl^- , HCO_3^- .

Концентрация ионов на внешней поверхности клетки отличается от их концентрации на внутренней поверхности. На внешней поверхности клеточной мембраны очень высокая концентрация ионов натрия, а на внутренней поверхности высока концентрация ионов калия. Вследствие этого образуется разность потенциалов между внутренней и внешней поверхностью клеточной мембраны, что обуславливает передачу возбуждения по нерву или мышце.

Ионы кальция и магния являются активаторами многих ферментов.

От концентрации солей внутри клетки зависят ее буферные свойства. Буферность – это способность клетки поддерживать слабощелочную реакцию на постоянном уровне. Буферность внутри клетки обеспечивается анионами H_2PO_3^- и HCO_3^{2-} .

Во внеклеточной жидкости и в крови роль буфера играют H_2CO_3 и HCO_3^{2-} .

Анионы слабых кислот и слабые щелочи связывают ионы водорода и гидроксид-ионы, благодаря чему реакция внутри клетки не изменяется.

Соляная кислота создает, кислую среду в желудке, ускоряя переваривание белков пищи.

Ионы кальция и фосфора содержатся в костной ткани.

Минеральные соли поступают в клетки организма из внешней среды. Избыток солей вместе с водой выводится из организма во внешнюю среду.

Вопросы для повторения:

1. Назовите элементы, которые относятся к макроэлементам.
2. Перечислите элементы, которые относятся к микроэлементам.
3. Перечислите элементы, которые относятся к ультрамикроэлементам.
4. Объясните биологическую роль кальция в живых организмах.
5. Объясните биологическую роль хлора в клетках живых организмах.
6. Объясните биологическую роль азота в клетках живых организмах.
7. Объясните функции воды в клетке.
8. На что влияет концентрации солей внутри клетки.
9. Дайте понятие буферности.
10. О чем свидетельствует сходство химического состава клеток разных организмов?

11. Чем отличается химический состав тел живой и неживой природы?

Тема 16: Молекула ДНК – носитель наследственной информации

Вопросы

1. Введение.
2. Нуклеиновые кислоты.

Вопрос 1. Введение

Нуклеиновая кислота — высокомолекулярное органическое соединение, биополимер (полинуклеотид), образованный остатками нуклеотидов. Нуклеиновые кислоты ДНК и РНК присутствуют в клетках всех живых организмов и выполняют важнейшие функции по хранению, передаче и реализации наследственной информации.

История исследования

- В 1847 из экстракта мышц быка было выделено вещество, которое получило название «инозиновая кислота». Это соединение стало первым изученным нуклеотидом. В течение последующих десятилетий были установлены детали его химического строения. В частности, было показано, что инозиновая кислота является рибозид-5'-фосфатом, и содержит N-гликозидную связь.

- В 1868 году швейцарским химиком Фридрихом Мишером при изучении некоторых биологических субстанций было открыто неизвестное ранее вещество. Вещество содержало фосфор и не разлагалось под действием протеолитических ферментов. Также оно обладало выраженными кислотными свойствами. Вещество было названо «нуклеином». Соединению была приписана брутто-формула $C_{29}H_{49}N_9O_{22}P_3$.

- Уилсон обратил внимание на практическую идентичность химического состава «нуклеина» и открытого незадолго до этого «хроматина» — главного компонента хромосом. Было

выдвинуто предположение об особой роли «нуклеина» в передаче наследственной информации.

- В 1889 г Рихард Альтман ввел термин «нуклеиновая кислота», а также разработал удобный способ получения нуклеиновых кислот, не содержащих белковых примесей.

- Левин и Жакоб, изучая продукты щелочного гидролиза нуклеиновых кислот, выделили их основные составляющие — нуклеотиды и нуклеозиды, а также предложили адекватные структурные формулы, описывающие их свойства.

- В 1921 году Левин выдвинул гипотезу «тетрануклеотидной структуры ДНК», оказавшуюся впоследствии ошибочной.

- В 1935 году Клейн и Танхаузер с помощью фермента фосфатазы провели мягкое фрагментирование ДНК, в результате чего были получены в кристаллическом состоянии четыре ДНК-образующих нуклеотида. Это открыло новые возможности для установления структуры этих соединений.

- В 1940-е годы научная группа в Кембридже под руководством Александра Тодда проводит широкие синтетические исследования в области химии нуклеотидов и нуклеозидов. В результате их работы были установлены все детали химического строения и стереохимии нуклеотидов. За цикл работ в этой области Александр Тодд был награждён Нобелевской премией в области химии в 1957 году.

- Чаргаффом была установлена закономерность содержания в нуклеиновых кислотах нуклеотидов разных типов, получившая впоследствии название Правила Чаргаффа.

- В 1953 году Уотсоном и Криком установлена вторичная структура ДНК, двойная спираль

Способы выделения

Гелеобразный осадок нуклеиновой кислоты

Описаны многочисленные методики выделения нуклеиновых кислот из природных источников. Основными требованиями, предъявляемыми к методу выделения, являются эффективное отделение нуклеиновых кислот от белков, а также минимальная степень фрагментации полученных препаратов. Классический метод выделения ДНК был описан в 1952 году и используется в настоящее время без значительных изменений. Клеточные стенки исследуемого биологического материала разрушаются одним из стан-

дартных методов, а затем обрабатываются анионным детергентом. При этом белки выпадают в осадок, а нуклеиновые кислоты остаются в водном растворе. ДНК может быть осаждена в виде геля осторожным добавлением этанола к её солевому раствору. Концентрацию полученной нуклеиновой кислоты, а также наличие примесей (белки, фенол) обычно определяют спектрофотометрически по поглощению на λ_{260} нм.

Нуклеиновые кислоты легко деградируют под действием особого класса ферментов — нуклеаз. В связи с этим при их выделении важно обработать лабораторное оборудование и материалы соответствующими ингибиторами. Так, например, при выделении РНК широко используется такой ингибитор рибонуклеаз как DEPC.

Физические свойства

Нуклеиновые кислоты хорошо растворимы в воде, практически не растворимы в органических растворителях. Очень чувствительны к действию температуры и критическим значениям уровня pH. Молекулы ДНК с высокой молекулярной массой, выделенные из природных источников, способны фрагментироваться под действием механических сил, например, при перемешивании раствора. Нуклеиновые кислоты фрагментируются ферментами — нуклеазами

Вопрос 2 Типы нуклеиновых кислот

Мы рождаемся, взрослеем, у нас появляются дети и внуки. Мы ни одни живые существа на этой планете, вокруг нас ежедневно, ежесекундно происходит зарождение новой жизни. Этот процесс не прерывается никогда. Наши соседи по планете – это миллиарды живых существ: растения, животные, микроорганизмы, вирусы. Нас радует цветущий вишневый сад и шорох желтеющей, отмирающей листвы под ногами, умиротворяет выпрыгивающие из воды дельфины и прыгающая белка – летяга. Все мы когда-либо болели гриппом, краснухой и эти болезни вызваны нахождением в нашем организме болезнетворных микробов и вирусов, а это тоже живые организмы. Как редко мы задумываемся, откуда такое разнообразие жизни, и ее форм, так не похожих друг на друга! А между тем все живые организмы

состоят из одних и тех же химических элементов, объединенных в макромолекулы, такие как белки. Только у различных живых существ белки различны по своей структуре. Но почему клетки определенного организма синтезируют только свойственные им белки? Как происходит механизм передачи наследственной информации, а главное – где она хранится? Это вопросы, на которые я постараюсь найти ответы в этой работе.

Нуклеиновые кислоты - это биополимеры, макромолекулы которых состоят из многократно повторяющихся звеньев - нуклеотидов. Поэтому их называют также полинуклеотидами. Важнейшей характеристикой нуклеиновых кислот является их нуклеотидный состав. В состав нуклеотида - структурного звена нуклеиновых кислот - входят три составные части:

- азотистое основание - пиримидиновое или пуриновое. В нуклеиновых кислотах содержатся основания 4-х разных видов: два из них относятся к классу пуринов и два – к классу пиримидинов. Азот, содержащийся в кольцах, придает молекулам основные свойства.

- моносахарид - рибоза или 2-дезоксирибоза. Сахар, входящий в состав нуклеотида, содержит пять углеродных атомов, т.е. представляет собой пентозу. В зависимости от вида пентозы, присутствующей в нуклеотиде, различают два вида нуклеиновых кислот – рибонуклеиновые кислоты (РНК), которые содержат рибозу, и дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК), содержащие дезоксирибозу.

- остаток фосфорной кислоты. Нуклеиновые кислоты являются кислотами потому, что в их молекулах содержится фосфорная кислота.

Нуклеотид - фосфорный эфир нуклеозида. В состав нуклеозида входят два компонента: моносахарид (рибоза или дезоксирибоза) и азотистое основание.

Значение нуклеиновых кислот очень велико. Особенности их химического строения обеспечивают возможность хранения, переноса в цитоплазму и передачи по наследству дочерним клеткам информации о структуре белковых молекул, которые синтезируются в каждой клетке. Белки обуславливают большинство свойств и признаков клеток. Понятно поэтому, что стабильность структуры нуклеиновых кислот - важнейшее условие

нормальной жизнедеятельности клеток и организма в целом. Любые изменения строения нуклеиновых кислот влекут за собой изменения структуры клеток или активности физиологических процессов в них, влияя таким образом на жизнеспособность. Существует два типа нуклеиновых кислот: ДНК и РНК.

РНК (рибонуклеиновая кислота), так же как ДНК, представляет собой полимер, мономерами которого служат нуклеотиды. Азотистые основания те же самые, что входят в состав ДНК (аденин, гуанин, цетозин); четвертое - урацил - присутствует в молекуле РНК вместо тимина. Нуклеотиды РНК содержат вместо дезоксирибозы другую пентозу - рибозу.

Химически РНК очень похожа на ДНК. Оба вещества - это линейные полимеры нуклеотидов. Каждый мономер - нуклеотид - представляет собой фосфорилированный N-гликозид, построенный из остатка пятиуглеродного сахара - пентозы, несущего фосфатную группу на гидроксильной группе пятого углеродного атома (сложноэфирная связь) и азотистое основание при первом углеродном атоме (N-гликозидная связь). Главное химическое различие между ДНК и РНК состоит в том, что сахарный остаток мономера РНК - это рибоза, а мономера ДНК - дезоксирибоза, являющаяся производным рибозы, в котором отсутствует гидроксильная группа при втором углеродном атоме

Существует три вида основных вида РНК.

- Информационная (матричная) РНК – мРНК.

Все мРНК объединяет их функции – они служат в качестве матриц для синтеза белков, передавая информацию об их структуре с молекул ДНК.

- Транспортная (акцепторная) РНК – тРНК

Самая маленькая из РНК. Молекулы тРНК состоят из 75-100 нуклеотидов и весит 20-30 тыс. Да. Функция тРНК – перенос аминокислот к синтезируемой молекуле белка.

Число различных видов тРНК в клетке невелико: 20-61. Все они имеют сходную пространственную организацию. Благодаря внутрицепочечным комплементарным взаимодействиям молекула тРНК приобретает характерную вторичную структуру, которую традиционно изображают в виде плоского креста, называя ее клеверным крестом. Трехмерная же модель тРНК выглядит несколько иначе. В тРНК выделяют 4 петли (или плеча):

акцепторная (служит местом присоединения переносимой аминокислоты);

антикодоновая (узнает кодон в мРНК в процессе трансляции);
2 боковые.

- Рибосомная РНК – рРНК.

Одноцепочечные нуклеиновые кислоты, которые в комплексе с рибосомными белками образуют рибосомы – органеллы, на которых происходит синтез белка.

В клетке больше всего содержится рРНК, значительно меньше тРНК и совсем немного мРНК.

Между ДНК и РНК есть три основных отличия:

ДНК содержит сахар дезоксирибозу, РНК — рибозу, у которой есть дополнительная, по сравнению с дезоксирибозой, гидроксильная группа. Эта группа увеличивает вероятность гидролиза молекулы, то есть уменьшает стабильность молекулы РНК.

Нуклеотид, комплементарный аденину, в РНК не тимин, как в ДНК, а урацил — метилированная форма тимина.

ДНК существует в форме двойной спирали, состоящей из двух отдельных молекул. Молекулы РНК, в среднем, гораздо короче и преимущественно одноцепочечные

Вопросы для повторения:

1. Объясните строение ДНК.
2. Объясните строение РНК
3. В чем отличие ДНК от РНК?

Тема 17: Ткани, органы и системы органов человека

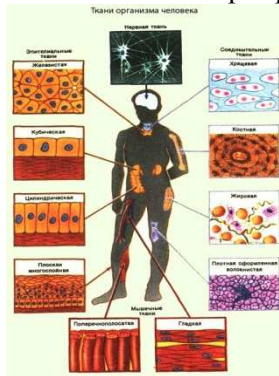
Вопросы

1. Типы тканей и их свойства.
2. Органы, системы органов.

Вопрос 1. Типы тканей и их свойства

Организм человека - это исторически сложившаяся, целостная, динамическая система, имеющая свое особое строение, развитие и находящаяся в постоянной связи с внешней средой.

Организм человека имеет клеточное строение. Клетки образуют ткани - группы клеток, возникающие из одного зародышевого зачатка, имеющие сходное строение и выполняющие одни и те же функции. Различают четыре группы тканей:



1. эпителиальную
2. соединительную
3. мышечную
4. нервную

Эпителиальные (пограничные) ткани находятся на поверхностях, граничащих с внешней средой, образует кожные покровы и выстилают изнутри стенки полых органов, кровеносных сосудов и замкнутых полостей тела. Кроме того, через эпителий происходит обмен веществ между организмом и средой. Основными функциями эпителия являются покровная (пограничная, защитная) и секреторная.

В эпителиальных тканях клетки плотно прилегают друг к другу, межклеточного вещества мало, поэтому они защищают организм от проникновения извне микробов, ядов, пыли, предохраняют организм от потери воды. Секреторная функция эпителия

заключается в способности клеток железистого эпителия вырабатывать и выделять секреты (слюна, пот, желудочный сок и др.).

В зависимости от формы клеток различают плоский, кубический и цилиндрический эпителий, а от количества их слоев - однослойный, многослойный и многорядный (усложненная разновидность однослойного).

В организме человека существует несколько видов эпителиев - кожный, кишечный, почечный, дыхательный и др. Эпителии служат материалом, из которого возникают видоизмененные структуры, например волосы, ногти, эмаль зубов.

Соединительные ткани (ткани внутренней среды) характеризуются наличием между клетками большого количества межклеточного вещества.

В эту группу входят: собственно соединительная ткань, костная, жировая, а также хрящ, сухожилия, связки, кровь и лимфа. Все разновидности этой ткани имеют единое мезодермальное происхождение, но каждая из них различается по строению и выполняемой функции.

Опорную функцию выполняют хрящевая и костная ткани.

Межклеточное вещество хрящевой ткани упругое, содержит эластические волокна. Хрящ образует перегородку носа, ушную раковину, находится в суставах и между позвонками.

Костная ткань представляет собой пластинки межкостного вещества, пропитанных минеральными солями, в промежутках между которыми лежат клетки. Костная ткань отличается твердостью и прочностью. Она также выполняет функцию опоры и играет важную роль в минеральном обмене.

Питательную и защитную функции несут кровь и лимфа. Кровь и лимфа - особый вид соединительной ткани, состоящий из жидкого межклеточного вещества - плазмы и взвешенных в ней кровяных клеток. Эти ткани обеспечивают связь между органами и переносят газы и питательные вещества.

Клетки рыхлой и плотной соединительной ткани связаны друг с другом межклеточным веществом, состоящим из волокон. Волокна могут располагаться рыхло (в прослойках между органами) и плотно (образуют связки, сухожилия). Разновидностью соединительной ткани является жировая.

Мышечные ткани обладает свойством возбудимости и сократимости, благодаря которым осуществляются двигательные процессы внутри организма и перемещение организма или его частей. Мышечные ткани состоят из клеток, содержащих тонкие сократительные волокна - миофибриллы. По строению миофибрилл различают поперечно-полосатую и гладкую мускулатуру.

Поперечнополосатая мышечная ткань состоит из волокон длиной 10-12 см. Отдельное волокно - это многоядерная клетка, в цитоплазме которой находятся тончайшие волоконца - миофибриллы, расположенные параллельно и имеющие темные и светлые участки, которые образуют поперечные полосы. Мышечные волокна, соединяясь, слагают пучки, а пучки - мышцы. Поперечно-полосатая мышечная ткань произвольная (подчиняется нашей воле), она образует скелетные мышцы, мышцы языка, глотки, гортани, глаз, глотки, верхней части пищевода, гортани и др.

Гладкая мышечная ткань состоит из веретенообразных клеток длиной 0,1 мм, в цитоплазме которой имеется одно ядро. Из гладкой мышечной ткани построены стенки внутренних органов (желудка, кишечника, мочевого пузыря, кровеносных сосудов, протоков). Это непроизвольная мускулатура (не подчиняется нашей воле), она сокращается ритмично и медленно, меньше, чем поперечно-полосатая, подвержена утомлению.

NB! Сердечная мышца, как и скелетная, имеет поперечно-полосатое строение, но, подобно гладкой, состоит из мышечных клеток и сокращается непроизвольно.

Нервная ткань образована нервными клетками - нейронами и нейроглией. Ее структурно-функциональной единицей является нейрон. Нейроны состоят из тела и двух видов отростков: короткие ветвящиеся дендриты и длинные неветвящиеся аксоны.

Нервные отростки, покрытые оболочками, составляют нервные волокна. Одни из них (дендриты) с помощью периферических окончаний воспринимают раздражение и называются чувствительными (афферентными) волокнами, другие (аксона) при помощи окончаний передают возбуждение на рабочие органы и называются двигательными (эфферентными) волокнами - если подходят к мышцам, и секреторными - если подходят к железам.

По функции нейроны делятся на чувствительные (афферентные), вставочные и двигательные (эфферентные). Место перехода с одного нейрона на другой называется синапсом.

Нейроглия выполняет опорную, питательную и защитную функции. Ее клетки образуют оболочки нервных волокон, отделяя нервную ткань от других тканей организма.

Основные свойства нервной ткани - возбудимость и проводимость. Под действием различных раздражителей, как внешних, так и внутренних, возникшее возбуждение передается в центральную нервную систему по чувствительным волокнам, где переключается через вставочный нейрон на центробежные волокна, несущие возбуждение к действующему органу, вызывая ответную реакцию.

Группы тканей человеческого организма

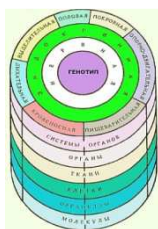
Группа тканей	Виды тканей	Строение ткани	Местонахождение	Функции
Эпителий	Плоский	Поверхность клеток гладкая. Клетки плотно примыкают друг к другу	Поверхность кожи, ротовая полость, пищевод, альвеолы, капсулы нефронов	Покровная, защитная, выделительная (газообмен, выделение мочи)
	Железистый	Железистые клетки вырабатывают секрет	Железы кожи, желудок, кишечник, железы внутренней секреции, слюнные железы	Выделительная (выделение пота, слез), секреторная (образование слюны, желудочного и кишечного сока, гормонов)
	Мерцательный (реснитчатый)	Состоит из клеток с многочисленными волосками (реснички)	Дыхательные пути	Защитная (реснички задерживают и удаляют частицы пыли)
Соединительная	Плотная волокнистая	Группы волокнистых, плотно лежащих клеток без межклеточного вещества	Собственно кожа, сухожилия, связки, оболочки кровеносных сосудов, роговица глаза	Покровная, защитная, двигательная

	Рыхлая волокнистая	Рыхло расположенные волокнистые клетки, переплетающиеся между собой. Межклеточное вещество бесструктурное	Подкожная жировая клетчатка, околосердечная сумка, проводящие пути нервной системы	Соединяет кожу с мышцами, поддерживает органы в организме, заполняет промежутки между органами. Осуществляет терморегуляцию тела
	Хрящевая	Живые круглые или овальные клетки, лежащие в капсулах, межклеточное вещество плотное, упругое, прозрачное	Межпозвоночные диски, хрящи гортани, трахей, ушная раковина, поверхность суставов	Сглаживание трущихся поверхностей костей. Защита от деформации дыхательных путей, ушных раковин
	Костная	Живые клетки с длинными отростками, соединенные между собой, межклеточное вещество - неорганические соли и белок оссеин	Кости скелета	Опорная, двигательная, защитная
	Кровь и лимфа	Жидкая соединительная ткань, состоит из форменных элементов (клеток) и плазмы (жидкость с растворенными в ней органическими и минеральными веществами - сыворотка и белок фибриноген)	Кровеносная система всего организма	Разносит O_2 и питательные вещества по всему организму. Собирает CO_2 и продукты диссимиляции. Обеспечивает постоянство внутренней среды, химический и газовый состав организма. Защитная (иммунитет). Регуляторная (гуморальная)
Мышечная	Поперечно-полосатая	Многоядерные клетки цилиндрической формы до 10 см длины,	Скелетные мышцы, сердечная мышца	Произвольные движения тела и его частей, мимика лица, речь

		исчерченные поперечными полосами		Непроизвольные сокращения (автоматия) сердечной мышцы для проталкивания крови через камеры сердца. Имеет свойства возбудимости и сократимости
	Гладкая	Одноядерные клетки до 0,5 мм длины с заостренными концами	Стенки пищеварительного тракта, кровеносных и лимфатических сосудов, мышцы кожи	Непроизвольные сокращения стенок внутренних полых органов. Поднятие волос на коже
Нервная	Нервные клетки (нейроны)	Тела нервных клеток, разнообразные по форме и величине, до 0,1 мм в диаметре	Образуют серое вещество головного и спинного мозга	Высшая нервная деятельность. Связь организма с внешней средой. Центры условных и безусловных рефлексов. Нервная ткань обладает свойствами возбудимости и проводимости
		Короткие отростки нейронов - древовидноветвящиеся дендриты	Соединяются с отростками соседних клеток	Передают возбуждение одного нейрона на другой, устанавливая связь между всеми органами тела
		Нервные волокна - аксоны (нейриты) - длинные выросты нейронов до 1 м длины. В органах заканчиваются ветвистыми нервными окончаниями	Нервы периферической нервной системы, которые иннервируют все органы тела	Проводящие пути нервной системы. Передают возбуждение от нервной клетки к периферии по центробежным нейронам; от рецепторов (иннервируемых

				органов) - к нервной клетке по центrostремительным нейронам. Вставочные нейроны передают возбуждение с центrostремительных (чувствительных) нейронов на центробежные (двигательные)

Вопрос 2. Органы, системы органов



Ткани образуют органы и системы органов.

Орган - часть человеческого тела с присущей ему определенной формой, строением, функцией. Он представляет собой систему основных видов тканей, но с преобладанием одной (или двух) из них. Так, в состав сердца входят различные виды соединительной ткани, а также нервная и мышечная, но преимущество принадлежит последней. Она и определяет основные особенности строения и работы сердца.

Поскольку для выполнения ряда функций одного органа недостаточно, образуются комплекс или система органов.

Система органов - это совокупность однородных органов, сходных по строению, функциям и развитию. Различают следующие системы органов: опоры и движения (костная и мышечная системы), пищеварения, дыхания, сердечно-сосудистая, поло-

вая, органов чувств и др. Все системы органов находятся в тесном взаимодействии и составляют организм.

На схеме показана взаимосвязь всех систем органов тела. Определяющим (детерминирующим) началом является генотип, а общими регулирующими системами - нервная и эндокринная. Уровни организации от молекулярного до системного характерны для всех органов. Организм в целом представляет собой единую взаимосвязанную систему.

Система органов	Части системы	Органы и их части	Ткани, из которых состоят органы	Функции
Опорно-двигательная	Скелет	Череп, позвоночник, грудная клетка, пояса верхних и нижних конечностей, свободные конечности	Костная, хрящевая, связки	Опора тела, защита. Движение. Кровотворение
	Мышцы	Скелетные мышцы головы, туловища, конечностей. Диафрагма. Стенки внутренних органов	Поперечно-полосатая мышечная ткань. Сухожилия. Гладкая мышечная ткань	Движение тела посредством работы мышц сгибателей и разгибателей. Мимика, речь. Движение стенок внутренних органов
Кровеносная	Сердце	Четырехкамерное сердце. Околосердечная сумка	Поперечно-полосатая мышечная ткань. Соединительная ткань	Взаимосвязь всех органов организма. Связь с внешней средой. Выделение через легкие, почки, кожу. Защитная (иммунитет).
	Сосуды	Артерии, вены, капилляры, лимфатические сосуды	Гладкая мышечная ткань, эпителий, жидкая соединительная ткань - кровь	Регуляторная (гуморальная). Обеспечение организма питательными веществами, кислородом

Дыхательная	Легкие	Левое легкое - из двух долей, правое - из трех. Два плевральных мешка	Однослойный эпителий, соединительная ткань	Проведение вдыхаемого и выдыхаемого воздуха, водяного пара. Газообмен между воздухом и кровью, выделение продуктов обмена
	Дыхательные пути	Нос, носоглотка, гортань, трахея, бронхи (левый и правый), бронхиолы, альвеолы легких	Гладкая мышечная ткань, хрящ, мерцательный эпителий, плотная соединительная ткань	
Пищеварительная	Пищеварительные железы	Слюнные железы, желудок, печень, поджелудочная железа, мелкие железы кишечника	Гладкая мышечная ткань железистый эпителий, соединительная ткань	Образование пищеварительных соков, ферментов, гормонов. Переваривание пищи
	Пищеварительный тракт	Рот, глотка, пищевод, желудок, тонкая кишка (двенадцатиперстная, тощая, подвздошная), толстая кишка (слепая, ободочная, прямая), анальное отверстие	Гладкая мышечная ткань, эпителий, соединительная ткань	
Покровная	Кожа	Эпидермис, собственно кожа, подкожная жировая клетчатка	Многослойный эпителий, гладкая мышечная ткань, соединительная рыхлая и плотная ткань	Покровная, защитная, терморегуляционная, выделительная, осязательная
Мочевыделительная	Почки	Две почки, мочеточники, мо-	Гладкая мышечная	Выведение продуктов дис-

		чевой пузырь, мочеиспускательный канал	ткань, эпителий, соединительная ткань	симиляции, сохранение постоянства внутренней среды, защита организма от самоотравления, связь организма с внешней средой, поддержание водно-солевого обмена
Половая	Женские половые органы	Внутренние (яичники, матка) и наружные половые органы	Гладкая мышечная ткань, эпителий, соединительная ткань	Образование женских половых клеток (яйцеклеток) и гормонов; развитие плода. Образование мужских половых клеток (сперматозоидов) и гормонов
	Мужские половые органы	Внутренние (семенники) и наружные половые органы		
Эндокринная	Железы	Гипофиз, эпифиз, щитовидная, надпочечники, поджелудочная, половые	Железистый эпителий	Гуморальная регуляция и координация деятельности органов и организма
Нервная	Центральная	Головной мозг, спинной мозг	Нервная ткань	Высшая нервная деятельность. Связь организма с внешней средой. Регуляция работы внутренних органов и поддержание постоянства внутренней среды. Осуществление произвольных и непроизвольных движений, условных и безусловных рефлексов
	Периферическая	Соматическая нервная система, вегетативная нервная система		

Тема 18: Питание

Вопросы

1. Рациональное питание.
2. Общественное (коллективное) питание.
3. Лечебное питание.
- 4 Группы населения по типу питания.

Вопрос 1. Рациональное питание

Рациональное питание предполагает регулярный прием пищи, лучше питаться через равные промежутки времени, чем, скажем, кушать очень плотно раз в сутки, а остальное время голодать. Самый оптимальный вариант — это 5-6-разовое питание.

Было бы, по меньшей мере, несправедливо, уделять приготовлению пищи очень много времени. А этого как раз и не нужно. Замечено, что самые полезные блюда готовятся очень просто и не требуют много времени.

А как быть с соблазнами? Безусловно, первое время вам будет нелегко, но, поверьте, ваш организм очень быстро привыкнет к правильной пище и уже не захочет возврата к старому!

А если так случилось, что вам вдруг пришлось изменить режим питания (были в гостях, переели и т. п.), то устройте разгрузочный день или поголодайте. Категорически запрещаются разгрузочные дни и лечебное голодание тем, у кого имеются болезни желудка, кишечника, нарушение обмена веществ, сахарный диабет и др. Для таких людей режим питания строго определяют врачи.

О лечении голоданием много пишут и говорят. И это действительно спорный вопрос. Голодание, особенно длительное, — это стресс для организма. Одни перенесут его хорошо, организм очистится и мобилизует все силы. Другие могут изрядно ослабеть и подорвать защитные функции своего организма. Разумнее практиковать голодание 1 раз в неделю, многим достаточно 1—2 таких дней в месяц.

К голоданию следует подготовиться. Накануне обед и ужин должны быть более легкими чем обычно, а ужин лучше

заменить стаканом кефира. В день голодания пить нужно обязательно, и лучше минеральную воду (можно воду с добавлением лимонного сока). Старайтесь этот день прожить максимально наполнено. И не в коем случае не отменяйте гимнастику. На следующий после голодания день старайтесь есть понемногу. Начинать лучше с соков, причем разбавленных водой. А потом постепенно переходите к кашам (лучше овсянке, сваренной на воде), овощным пюре, протертым овощным супам, кисломолочным продуктам.

Возможно, вам вообще не нужно будет устраивать ни разгрузочных дней, ни голодать 1-2 раза в месяц.

Это вполне допустимо, если ваше ежедневное меню будет состоять только из блюд, приготовленных из полезных продуктов.

Ниже примерный перечень продуктов для вашего стола.

1. Хлеб и хлебобулочные изделия. Хлеб белый пшеничный бесолевым или хлеб с отрубями, выпеченный накануне или подсушенный; несдобное печенье, сухарики.

Исключить: свежий хлеб, сдобу, слойки.

2. Супы. Вегетарианские, молочные, крупяные. Супы можно заправлять сметаной, соком лимона, зеленью.

Исключить: рыбные, мясные и грибные бульоны, супы из бобовых.

3. Блюда из мяса и птицы. Нежирная говядина, телятина, кролик, курица, индейка.

Исключить: субпродукты, утку, гуся, колбасы, копчености, тушенку.

4. Рыба. Нежирные сорта рыбы в отварном, запеченном виде.

Исключить: жирные сорта рыбы, соленую и копченую рыбу, икру, рыбные консервы.

5. Крупы — любые; каши лучше варить на воде.

6. Овощи. Морковь, свекла, кабачки, тыква, картофель, помидоры, огурцы; ограничить — зеленый горошек и белокачанную капусту.

Исключить: грибы, шпинат, щавель, редьку, редис, чеснок, бобовые, а также маринованные и квашенные овощи.

7. Яйца. Не более 1 яйца в день и лучше в виде омлетов.

Исключить: жареные яйца и яйца, сваренные вкрутую.

8. Сладости и десерты. В качестве сладких блюд и десертов лучше использовать фрукты, как в свежем виде, так и в виде варенья, желе, муссов, компотов, джемов, мармелада. Особенно рекомендуются сухофрукты — урюк, изюм, курага.

Исключить: шоколад, пирожные.

9. Молочные продукты. Молоко, кисломолочные продукты и творог с пониженным содержанием жира, нежирные сорта сыра; ограниченно — сливки и сметана.

Исключить: жирные и соленые сыры.

10. Соусы. Молочный, сметанный, томатный и фруктовый.

Исключить: горчицу, уксус, хрен.

11. Напитки. Некрепкие чай и кофе, фруктовые и овощные соки, травяные чаи, минеральная вода без газа.

Исключить: крепкий чай и кофе, какао, газированные напитки, категорически запрещаются алкогольные напитки.

12. Жиры. Растительное масло, сливочное масло, топленое масло.

Исключить: маргарин, сало, кулинарный жир.

Принципы рационального питания

Предрасположенные к полноте или страдающие ею люди должны соблюдать следующие правила:

— питайтесь 4-5 раз в день, употребляя обильное количество бедной калориями пищи (овощи, несладкие фрукты, нежирное мясо, молоко и молочные продукты, яйца, рыба). Ешьте медленно, тщательно пережевывая;

— избегайте возбуждающих аппетит блюд, острых приправ, соленой и пряной пищи, мучных и кондитерских изделий, конфитюров и спиртных напитков;

— для приготовления пищи применяйте жиры растительного происхождения;

— ограничивайтесь 50-100 граммами хлеба в день из ржаной муки, который отличается низкой калорийностью и высоким содержанием витаминов и минеральных солей;

— включайте в меню несоднотипные блюда и употребляйте несколько видов продуктов, но в небольших количествах;

— постарайтесь полностью исключить употребление подслащенных напитков — пепси-колы, фанты, лимонада и т.п.;

С сахаром обращайтесь экономнее. О том, что сахар портит зубы, известно каждому ребенку. Но лишь немногие знают, что для переваривания сахара организм использует витамины В1 и В2. В день достаточно четырех кусков сахара, чай пить желательнее вприкуску.

— ограничьте потребление соли — не более 10-12 грамм в день. Сюда входит и то количество соли, которое содержится в готовых продуктах. Если вы не можете отказаться от соли, постарайтесь заменить ее соевым соусом;

— пищи следует принимать столько, чтобы не испытывать чувство пресыщенности или голода. Чувство голода мешает нормализации веса тела;

— избегайте отдыха после приема пищи;

— старайтесь не ужинать поздно вечером, а перед сном выпейте стакан молока или кефира;

— недолгая прогулка после ужина пойдет вам на пользу;

— по крайней мере один раз в неделю контролируйте свой вес. Раз или два в неделю проводите разгрузочные дни.

Все пищевые продукты в зависимости от их калорийности (указано в расчете на 100 г съедобной части) можно разделить на пять групп. 1-я — очень большая калорийность (450—900 ккал) — масло сливочное, растительное, орехи, шоколад, халва, пирожные слоеные с кремом, свинина жирная, колбаса сырокопченая; 2-я — большая калорийность (200—400 ккал) — сливки, сметана, творог жирный, сыр, мороженое пломбир, свинина мясная, колбасы вареные, сосиски, гуси, утки, сельдь жирная, сайра, семга, икра, крупы, макароны, хлеб, сахар, мед, варенье, мармелад, конфеты помадные; 3-я — умеренная калорийность (100—199 ккал) — творог полужирный, молочное мороженое, баранина, говядина, мясо кролика, куры, яйца, ставрида, скумбрия, сардины, сельдь нежирная, осетрина; 4-я — малая калорийность (30—99 ккал) — молоко, кефир, творог нежирный, треска, хек, судак, камбала, карп, щука, паста «Океан», фрукты, ягоды, картофель, свекла, морковь, зеленый горошек; 5-я — очень малая калорийность (менее 30 ккал) — кабачки, капуста, огурцы, редис, салат, репа, томаты, тыква, перец сладкий, клюква, грибы свежие. Снижение калорийности (недостаточность питания) приводит к расходу не только углеводов, жиров, но и белков, к уменьшению массы скелетных мышц, в результате чего снижается

трудоспособность и повышается восприимчивость к инфекционным заболеваниям. Избыточная калорийность пищевого рациона ведет к отложению жиров и углеводов в виде подкожного жира в жировых клетках, к увеличению массы тела, ожирению.

Для нормальной жизнедеятельности организма необходимо не только соответствующее энергетическое обеспечение, но и постоянное снабжение его всеми пищевыми веществами: белками, жирами, углеводами, витаминами, минеральными солями. Следует знать, что некоторые питательные вещества (минеральные соли, ряд аминокислот, витаминов) не образуются в организме человека. Они являются незаменимыми факторами питания и поступают в организм только с пищей.

Для хорошего усвоения пищи и жизнедеятельности организма большое значение приобретает **сбалансированное питание**. Под этим термином подразумевается оптимальное соотношение между белками, жирами и углеводами в пище. В норме оно должно составлять 1:1.1:4.1 для мужчин и женщин молодого возраста, занятых умственным трудом, и 1: 1.3:5 — при тяжелом физическом труде. В питании здоровых людей молодого возраста, живущих в умеренном климате и не занятых физическим трудом, белки должны обеспечивать 13 %, жиры — 33, углеводы — 54 % суточной энергоценности рациона, принятого за 100. Белки животного происхождения должны составлять 55 % от общего количества белка, а растительные масла — до 30 % от общего количества жиров в рационе.

В природе нет продуктов, которые содержали бы все необходимые человеку пищевые вещества. Поэтому в питании необходимо использовать комбинации разных продуктов.

Пищевой рацион должен соответствовать следующим требованиям:

- 1) энергетическая ценность рациона должна покрывать энерготраты организма;
- 2) количество сбалансированных между собой пищевых (питательных) веществ должно быть оптимальным;
- 3) обязательна хорошая усвояемость пищи, что зависит от ее состава и способа приготовления;

4) пища должна иметь высокие органолептические свойства (внешний вид, консистенцию, вкус, запах, цвет, температуру), что влияет на аппетит и усвояемость;

5) надо стремиться к разнообразию пищи за счет широкого ассортимента продуктов и различных способов их кулинарной обработки;

6) необходимо добиваться (путем выбора оптимального состава, объема, совершенства кулинарной обработки) способности пищи создавать чувство насыщения;

7) следует строго соблюдать санитарно-эпидемическую безупречность и безвредность пищи.

Режим питания включает время и количество приемов пищи, интервалы между ними, распределение пищевого рациона по энергоценности, химическому составу, продуктовому набору и массе по приемам пищи.

В процессе всей своей жизни необходимо руководствоваться следующими правилами режима рационального питания:

1) 4-разовое питание (завтрак, обед, ужин, стакан кефира перед сном); одно- или двухразовое питание опасно для здоровья (угроза инфаркта миокарда, острого панкреатита);

2) исключение еды в промежутках между основными приемами пищи;

3) время между завтраком и обедом, обедом и ужином должно составлять 5—6 ч, а интервал между ужином и началом сна 3—4 ч;

4) набор продуктов при каждом приеме пищи должен предусматривать оптимальное соотношение всех необходимых питательных веществ, здоровый человек за завтраком и обедом должен получать более 2/3 общего количества калорий суточного рациона, а за ужином — менее 1/3;

5) прием пищи в строго установленные часы; фактор времени играет большую роль в формировании условнорефлекторных реакций (выделение слюны, желудочного сока); организм как бы ведет подготовку к приему и перевариванию пищи;

6) не торопиться во время еды; так, на еду во время обеда нужно затрачивать не менее 30 мин;

7) тщательное, неторопливое пережевывание пищи (хорошее состояние зубов);

8) последний прием пищи (не позднее, чем за 1.5—2 ч до сна) должен включать только малокалорийные продукты (молоко, кисломолочные напитки, фрукты, соки); запрещаются жареные блюда, продукты, богатые жирами, грубой клетчаткой, специями, поваренной солью;

9) чистота, уют столовой, хорошая сервировка стола; исключение факторов, отвлекающих от еды (разговоры, радио, телевидение, чтение и др.).

Помните, что невыполнение правил режима рационального питания — одна из главных причин развития заболеваний пищеварительных органов (язвенная болезнь, хронический гастрит, колит и др.).

Современные достижения науки свидетельствуют о том, что путем изменения характера и режима питания можно положительно влиять на обмен веществ, приспособительные возможности организма и, следовательно, оказать благоприятное воздействие на темп и направленность процессов старения. Нерациональное питание и нарушения его режима — важные источники различных заболеваний. Какие заболевания могут возникнуть из-за нерационального питания? Во-первых, болезни, обусловленные дефицитом или избытком тех или иных питательных веществ в питании: алиментарная дистрофия, ожирение, витаминная недостаточность и др. Во-вторых, неправильное питание играет большую роль в развитии таких заболеваний, как атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, гипертоническая болезнь, сахарный диабет, подагра, желчнокаменная болезнь, болезни печени и поджелудочной железы.

Вопрос 2. Общественное (коллективное) питание

Общественное питание, (сокр.: общепит) — отрасль народного хозяйства, совокупность предприятий, занимающихся производством, реализацией и организацией потребления кулинарной продукции.

Как отмечают ОЭСР и ФАО (2014), зерновые по-прежнему являются главным продуктом в рационе питания населения мира, однако во многих регионах в результате роста

доходов населения и темпов урбанизации в рационе питания растёт доля белковой пищи, жиров и сахара.

Вопрос 3. Лечебное питание

Приём диетической пищи, лечебное питание, диетотерапия (греч. *δίαιτα* — образ жизни, режим питания + греч. *θεραπεία* — терапия, лечение, оздоровление, лекарство), лечебный метод, заключающийся в терапии различных заболеваний, например сахарного диабета, специальной диетой.

Вопрос 4. Группы Населения по типу питания

Выделяют следующие группы населения:

1. Лица, работа которых не связана с затратами на физический труд и требует незначительных физических усилий: работники умственного труда, студенты, диспетчеры.

2. Работники механизированных производств и сферы обслуживания: медсестры, программисты.

3. Работники производств, с частично механизированными процессами труда и сферы обслуживания, труд которых связан со значительным физическим напряжением: массажисты, станочники, водители, почтальоны, агрономы.

4. Работники полумеханизированных и немеханизированных производств средней и высокой тяжести труда: шахтёры, дальнобойщики, кузнецы.

Потребность в калориях мужчин, занятых тяжёлым трудом — 4500 ккал, студентов — 3300 ккал, студенток — 2800 ккал.

Вопросы для повторения

- Сколько необходимо потреблять ккал студентам?
- Что такое лечебное питание?
- Что такое коллективное питание?
- Перечислите принципы рационального питания.
- Дайте основное понятие сбалансированного питания.

Тема 19: Дыхание

Вопросы

1. Внешнее дыхание.
2. Дыхание у растений.
3. Дыхание у человека.
4. Тканевое дыхание.

Вопрос 1 Внешнее дыхание

Дыхание (лат.respiratio) — основная форма диссимиляции у человека, животных, растений и многих микроорганизмов. Дыхание — это физиологический процесс, обеспечивающий нормальное течение метаболизма (обмена веществ и энергии) живых организмов и способствующий поддержанию гомеостаза (постоянства внутренней среды), получая из окружающей среды кислород (O_2) и отводя в окружающую среду в газообразном состоянии некоторую часть продуктов метаболизма организма (CO_2 , H_2O и другие). В зависимости от интенсивности обмена веществ человек выделяет через лёгкие в среднем около 5 — 18 литров углекислого газа (CO_2), и 50 грамм воды в час. А с ними — около 400 других примесей летучих соединений, в том числе и ацетон). В процессе дыхания богатые химической энергией вещества, принадлежащие организму, окисляются до бедных энергией конечных продуктов (диоксида углерода и воды), используя для этого молекулярный кислород.

Под внешним дыханием понимают газообмен между организмом и окружающей средой, включающий поглощение кислорода и выделение углекислого газа, а также транспорт этих газов внутри организма по системе дыхательных трубочек (трахейнодышащие насекомые) или в системе кровообращения.

Клеточное дыхание включает биохимические процессы транспортировки белков через клеточные мембраны; а также собственно окисление в митохондриях, приводящее к преобразованию химической энергии пищи.

У организмов, имеющих большие площади поверхности, контактирующие с внешней средой, дыхание может происхо-

дять за счёт диффузии газов непосредственно к клеткам через поры (например, в листьях растений, у полостных животных). При небольшой относительной площади поверхности транспорт газов осуществляется за счёт циркуляции крови (у позвоночных и других) либо в трахеях (у насекомых).

Вопрос 2 Дыхание у растений

Большинство растений в светлое время суток вырабатывают кислород, но в их клетках идёт и обратный процесс: кислород поглощается в процессе дыхания. Ночью в комнате, плотно уставленной растениями, можно наблюдать снижение концентрации кислорода и увеличение концентрации углекислого газа.

На самом деле, в живых клетках растений процесс дыхания происходит круглосуточно. Просто на свету скорость образования кислорода в результате фотосинтеза обычно превышает скорость его поглощения. Так же как и у животных, клеточное дыхание растений протекает в специальных клеточных митохондриях.

Общие принципы организации процесса дыхания на молекулярном уровне у растений и животных схожи. Однако в связи с тем, что растения ведут прикрепленный образ жизни, их метаболизм постоянно должен подстраиваться к изменяющимся внешним условиям, поэтому и их клеточное дыхание имеет некоторые особенности (дополнительные пути окисления, альтернативные ферменты).

Газообмен с внешней средой осуществляется через устьица и чечевички, трещины в коре (у деревьев).

Вопрос 3 Дыхание у человека

Взрослый человек, находясь в состоянии покоя, совершает в среднем 14 дыхательных движений в минуту. Вместе с тем, частота дыхания может претерпевать значительные колебания (от 10 до 18 за минуту). У детей частота дыхания составляет 20-30 дыхательных движений в минуту; у грудных детей — 30-40; у новорождённых — 40-60.

В течение одного вдоха (в спокойном состоянии) в лёгкие поступает 400—500 мл воздуха. Этот объём воздуха называется дыхательным объёмом (ДО). Такое же количество воздуха поступает из лёгких в атмосферу в течение спокойного выдоха. Максимально глубокий вдох составляет около 2000 мл воздуха. Максимальный выдох также составляет около 2000 мл.

После максимального выдоха в лёгких остаётся воздух в количестве около 1500 мл, называемый остаточным объёмом лёгких. После спокойного выдоха в лёгких остаётся примерно 3000 мл. Этот объём воздуха называется функциональной остаточной ёмкостью (ФОЁ) лёгких.

Благодаря ФОЁ в альвеолярном воздухе поддерживается относительно постоянное соотношение содержания кислорода и углекислого газа, так как ФОЁ в несколько раз больше ДО. Только 2/3 ДО достигает альвеол, который называется объёмом альвеолярной вентиляции.

Взрослый человек (при дыхательном объёме 0,5 литра и частоте 14 дыхательных движений в минуту) пропускает через лёгкие 7 литров воздуха в минуту. В состоянии физической нагрузки минутный объём дыхания может достигать 120 литров в минуту.

Соотношение вдоха и выдоха по времени 1:2 — 1:3.

Без дыхания человек обычно может прожить до 5-7 минут, после чего наступают потеря сознания, необратимые изменения в мозге и смерть.

Дыхание — одна из немногих способностей организма, которая может контролироваться сознательно и неосознанно. При частом и поверхностном дыхании возбудимость нервных центров повышается, а при глубоком — наоборот, снижается. Люди с ослабленной нервной системой дышат на 12 % чаще, чем люди с сильной нервной системой.

Виды дыхания: глубокое и поверхностное, частое и редкое, верхнее, среднее (грудное) и нижнее (брюшное).

Особые виды дыхательных движений наблюдаются при икоте и смехе.

Внешнее дыхание

Дыхание у человека включает внешнее дыхание и тканевое дыхание.

Функция внешнего дыхания обеспечивается как дыхательной системой, так и системой кровообращения. Атмосферный воздух попадает в лёгкие из носоглотки (где предварительно очищается от механических примесей, увлажняется и согревается) через гортань и трахеобронхиальное дерево (трахею, главные бронхи, долевы́е бронхи, сегментарные бронхи, дольковые бронхи, бронхиолы и альвеолярные ходы) попадает в лёгочные альвеолы. Дыхательные бронхиолы, альвеолярные ходы и альвеолярные мешочки с альвеолами составляют единое альвеолярное дерево, а вышеуказанные структуры отходящие от одной конечной бронхиолы образуют функционально-анатомическую единицу дыхательной паренхимы лёгкого — ацинус (лат. *ácinus* — гроздь). Смена воздуха обеспечивается дыхательной мускулатурой, осуществляющей вдох (набор воздуха в лёгкие) и выдох (удаление воздуха из лёгких). Через мембрану альвеол осуществляется газообмен между атмосферным воздухом и циркулирующей кровью. Далее кровь, обогащённая кислородом возвращается в сердце, откуда по артериям разносится ко всем органам и тканям организма. По мере удаления от сердца и деления, калибр артерий постепенно уменьшается до артериол и капилляров, через мембрану которых происходит газообмен с тканями и органами. Таким образом, граница между внешним и клеточным дыханием пролегает по клеточной мембране периферических клеток.

Внешнее дыхание человека включает две стадии:

1. вентиляция альвеол,
2. диффузия газов из альвеол в кровь и обратно.

Вентиляция альвеол осуществляется чередованием вдоха (инспирация) и выдоха (экспирация). При вдохе в альвеолы поступает атмосферный воздух, а при выдохе из альвеол удаляется воздух, насыщенный углекислым газом. Вдох и выдох осуществляется путём изменения размеров грудной клетки с помощью дыхательных мышц.

Выделяют два типа дыхания по способу расширения грудной клетки:

1. грудной тип дыхания (расширение грудной клетки производится путём поднятия рёбер),

2. брюшной тип дыхания (расширение грудной клетки производится путём уплощения диафрагмы).

Тип дыхания зависит от двух факторов:

1. возраст человека (подвижность грудной клетки уменьшается с возрастом),
2. профессия человека (при физическом труде преобладает брюшной тип дыхания).

Патология внешнего дыхания

Основная форма патологии внешнего дыхания — дыхательная недостаточность. В зависимости от характера течения патологического процесса различают острую и хроническую дыхательную недостаточность. Кроме того, выделяют три типа дыхательной недостаточности:

- обструктивный тип;
- рестриктивный тип;
- смешанный тип.

Тахипноэ или «дыхание загнанного зверя» — учащённое поверхностное дыхание (ЧД свыше 20 дыхательных движений в минуту). Учащённое дыхание возникает обычно при раздражении дыхательного центра продуктами жизнедеятельности организма (углекислый газ). Наблюдается при анемии, лихорадке, заболеваниях крови. При желании может вызываться усилием воли (гипервентиляция), например, перед предполагаемой задержкой дыхания. При истеричности частота дыхательных движений может достигать 60—80 в минуту.

Брадипноэ — патологическое урежение дыхания — развивается при понижении возбудимости дыхательного центра, либо при угнетении его функции, которое может быть вызвано повышением внутричерепного давления (опухоль головного мозга, менингит, кровоизлияние в мозг, отёк мозга) или воздействием на дыхательный центр накопившихся в значительных количествах в крови токсических продуктов метаболизма (уремия, печёночная или диабетическая кома, некоторые острые инфекционные заболевания и отравления).

Апноэ (др.-греч. ἄπνοια, дословно «безветрие»; отсутствие дыхания) — отсутствие или остановка дыхательных движений. Патологический процесс, связанный с патологией дыхательной мускулатуры, например, отравление ядом, действующим по-

добно кураре либо параличом дыхательного центра, например, в результате отёка мозга или черепно-мозговой травмы. Отдельно выделяют синдром обструктивного апноэ сна, вызываемый провисанием верхних дыхательных путей. Этот вид апноэ обычно встречается у людей, которые храпят во сне и является плохим прогностическим признаком в плане риска развития острой сердечно-сосудистой недостаточности.

Так называемое рефлекторное или «ложное апноэ» иногда наступает при сильном раздражении кожи (например, при погружении тела в холодную воду). Апноэ (как патологическое состояние) также следует отличать от искусственно вызванной задержки дыхания (например при погружении в жидкость) — в результате развившегося кислородного голодания (на фоне прекращения поступления кислорода из атмосферного воздуха в альвеолы) происходит отключение коры головного мозга (потеря сознания или прекращение процессов высшей нервной деятельности) после чего подкорковые и стволовые структуры (дыхательный центр) дают команду на вдох. Если при этом атмосферный воздух проникает в лёгкие, то по мере достижения кислородом тканей и органов (в том числе и ЦНС) происходит спонтанное восстановление сознания. Если тело находится в жидкой среде, то происходит проникновение жидкости в дыхательные пути и развивается утопление (обычное или «сухое», связанное с ларингоспазмом).

Одышка или диспноэ — нарушение частоты и глубины дыхания, сопровождающееся ощущением нехватки воздуха. В случае патологических изменений сердечной мышцы одышка поначалу появляется при физической нагрузке, а затем возникает и в покое, особенно в горизонтальном положении (в связи с увеличением венозного возврата крови к сердцу), заставляя пациента принимать вынужденное положение сидя, способствующее депонированию венозной крови системы нижней полой вены в ногах (ортопноэ). Приступы резкой одышки (чаще ночные) при заболеваниях сердца — проявление сердечной астмы: одышка в этих случаях инспираторная (затруднён вдох). Экспираторная одышка (затруднён выдох) возникает при сужении просвета мелких бронхов и бронхиол (например, при бронхиальной астме) или при потере эластичности лёгочной ткани

(например, при развитии хронической эмфиземы лёгких). «Мозговая» одышка возникает при непосредственном раздражении дыхательного центра (опухоли, кровоизлияния и другие этиологические факторы).

Патологические типы внешнего дыхания:

- периодическое дыхание по типу Чейна — Стокса — дыхание, при котором поверхностные и редкие дыхательные движения постепенно учащаются и углубляются и, достигнув максимума на пятый — седьмой вдох, вновь ослабляются и урежаются, после чего наступает пауза. Затем цикл дыхания повторяется в той же последовательности и переходит в очередную дыхательную паузу. Название дано по именам медиков Джона Чейна и Уильяма Стокса, в чьих работах начала XIX века этот симптом был впервые описан. Механизм патологического дыхания Чейна — Стокса объясняется снижением чувствительности дыхательного центра к CO_2 : во время фазы апноэ снижается парциальное напряжение кислорода в артериальной крови (PaO_2) и нарастает парциальное напряжение углекислого газа (гиперкапния), что приводит к возбуждению дыхательного центра, и вызывает фазу гипервентиляции и гипокapнии (снижение PaCO_2). Дыхание Чейна — Стокса встречается в норме у детей младшего возраста, иногда у взрослых во время сна; патологическое дыхание Чейна — Стокса может быть обусловлено черепно-мозговой травмой, гидроцефалией, интоксикацией, выраженным атеросклерозом сосудов головного мозга, при сердечной недостаточности (за счёт увеличения времени кровотока от лёгких к мозгу).

- большое и шумное дыхание Куссмауля — глубокое, редкое, шумное дыхание^[5], является одной из форм проявления гипервентиляции, часто ассоциируется с тяжёлым метаболическим ацидозом, в частности, диабетическим кетоацидозом, ацетонемическим синдромом (недиабетическим кетоацидозом) и терминальной стадии почечной недостаточности. Данный тип патологического дыхания носит имя Адольфа Куссмауля — немецкого врача, опубликовавшего своё исследование в 1874 году и описавшего появление этого типа дыхания как знак комы и неминуемой смерти лиц с сахарным диабетом. В настоящее время в научной литературе упоминается как симптом Куссма-

уля — глубокое шумное ритмичное дыхание пациента, находящегося в бессознательном состоянии, вызываемое раздражением дыхательного центра ацетоуксусной и бета-оксималяной кислотами. Указывает на наличие метаболического ацидоза.

Основные типы нарушений внешнего дыхания:

- альвеолярная гиповентиляция,
- альвеолярная гипервентиляция,
- нарушения лёгочной перфузии,
- нарушения вентиляционно-перфузионных отношений,
- нарушения диффузии.

Часто наблюдается сочетание типов нарушений.

Тканевое или клеточное дыхание — совокупность биохимических реакций, протекающих в клетках живых организмов, в процессе которых происходит окисление углеводов, липидов и аминокислот до углекислого газа и воды. Высвобожденная энергия запасается в химических связях макроэргических соединений (молекул аденозинтрифосфорной кислоты и других макроэргов) и может быть использована организмом по мере необходимости. Входит в группу процессов катаболизма. На клеточном уровне рассматривают два основных вида дыхания: аэробное (с участием окислителя-кислорода) и анаэробное. При этом, физиологические процессы транспортировки к клеткам многоклеточных организмов кислорода и удалению из них углекислого газа рассматриваются как функция внешнего дыхания.

Аэробное дыхание. В цикле Кребса основное количество молекул АТФ вырабатывается по способу окислительного фосфорилирования на последней стадии клеточного дыхания: в электронтранспортной цепи. Здесь происходит окисление НАД·Н и ФАДН₂, восстановленных в процессах гликолиза, β-окисления, цикла Кребса и т. д. Энергия, выделяющаяся в ходе этих реакций, благодаря цепи переносчиков электронов, локализованной во внутренней мембране митохондрий (у прокариот — в цитоплазматической мембране), трансформируется в трансмембранный протонный потенциал. Фермент АТФ-синтаза использует этот градиент для синтеза АТФ, преобразуя его энергию в энергию химических связей. Подсчитано, что молекула НАД·Н может дать в ходе этого процесса 2,5 молекулы

АТФ, ФАДН₂ — 1,5 молекулы. Конечным акцептором электрона в дыхательной цепи аэробов является кислород.

Анаэробное дыхание — биохимический процесс окисления органических субстратов или молекулярного водорода с использованием в дыхательной ЭТЦ в качестве конечного акцептора электронов вместо O₂ других окислителей неорганической или органической природы. Как и в случае аэробного дыхания, выделяющаяся в ходе реакции свободная энергия запасается в виде трансмембранного протонного потенциала, используемого АТФ-синтазой для синтеза АТФ.

Вопросы для повторения

1. Сколько минут человек может обходиться без дыхания?
2. Что понимают под внешним дыханием?
3. Что понимают под клеточным дыханием?
4. Объясните процесс дыхания у растений.
5. Перечислите виды дыхания у человека.

Тема 20: Болезни органов дыхания и их профилактика

Вопросы

1. Причины заболеваний органов дыхания.
2. Симптомы заболеваний органов дыхания.
3. Диагностика.
4. Лечение.

Вопрос 1. Причины заболеваний органов дыхания.

Главной причиной, по которой у человека развиваются заболевания органов дыхания, являются болезнетворные микроорганизмы. Это вирусы, бактерии, грибы, а в более редких случаях – паразиты. Как правило, в качестве возбудителей заболевания выделяются пневмококки, микоплазмы, гемофильная палочка, легионеллы, хламидии, микобактерия туберкулеза, респираторные вирусные инфекции, вирусы гриппа типа А и В.

В некоторых случаях болезнь вызывает единственный тип возбудителя. В таком случае речь идет о моноинфекции, которую диагностируют чаще. Реже у человека имеют место микстинфекции, вызванные несколькими типами возбудителей. Кроме указанных причин, факторами, которые провоцируют болезни органов дыхания, могут стать внешние аллергены.

В данном случае речь идет о бытовых аллергенах, которыми является пыль, а также домашние клещи, которые часто становятся причиной бронхиальной астмы. Также органы дыхания человека могут пострадать от аллергенов животных, спор дрожжевых и плесневых и грибов, от пыльцы целого ряда растений, а также от аллергенов насекомых.

Негативно влияют на состояние этих органов некоторые профессиональные факторы. В частности, в процессе электросварки выделяются испарения стали, соли никеля. Кроме того, болезни органов дыхания провоцируют некоторые медикаментозные препараты, пищевые аллергены.

Негативное влияние на органы дыхания человека оказывает загрязненный воздух, в котором фиксируется высокое содержание некоторых химических соединений; бытовые загрязнения в жилых помещениях, климатические условия, которые плохо подходят человеку; активное и пассивное курение.

В качестве провоцирующих факторов выделяется также слишком частое употребление алкоголя, другие хронические недуги человека, очаги хронической инфекции в организме, генетический фактор.

Вопрос 2. Симптомы заболеваний органов дыхания

При каждом конкретном заболевании органов дыхания проявляются определенные симптомы. Однако специалисты выделяют некоторые признаки, которые являются характерными для нескольких заболеваний.

Одним из таких признаков считается одышка. Ее подразделяют на субъективную (в данном случае человек жалуется на затрудненное дыхание при приступах истерии или неврозов), объективную (у человека изменяется ритм дыхания, а также продолжительность выдоха и вдоха) и сочетанную (наблюдает-

ся объективная одышка с присоединением субъективного компонента, где частота дыхания увеличивается при некоторых заболеваниях). При болезнях трахеи и гортани проявляется инспираторная одышка, при которой затруднен вдох. Если поражаются бронхи, отмечается экспираторная одышка, при которой затрудняется уже выдох. Смешанная одышка характерна для тромбоэмболии легочной артерии.

Тяжелейшей формой одышки считается удушье, происходящее при остром отеке легких. Внезапные приступы удушья характерны для астмы.

Кашель – второй из наиболее характерных признаков болезни органов дыхания. Кашель возникает у человека как рефлекторная реакция на наличие слизи в гортани, трахее или бронхах. Также кашель проявляется, если в дыхательную систему попадает инородное тело. При разных недугах проявляется кашель разных типов. При сухом плеврите или ларингите человек страдает от приступов сухого кашля, во время которого мокрота не выделяется.

Влажный кашель, при котором выделяется разное количество мокроты, характерен для хронического бронхита, пневмонии, туберкулеза, онкологических болезней дыхательной системы.

При воспалительных процессах в бронхах или гортани кашель, как правило, постоянный. Если человек болен гриппом, ОРЗ или пневмонией, то кашель беспокоит его периодически.

При некоторых заболеваниях органов дыхания у больного проявляется кровохарканье, при котором вместе с мокротой при кашле выделяется кровь. Такой симптом может иметь место и при некоторых тяжелых болезнях дыхательной системы, и при недугах сердечно-сосудистой системы.

Кроме описанных выше симптомов пациенты с заболеваниями органов дыхания могут жаловаться на боль. Боль может локализоваться в разных местах, иногда она связана непосредственно с дыханием, приступами кашля или определенным положением тела.

Вопрос 3. Диагностика

Чтобы диагноз был поставлен больному правильно, врачу следует ознакомиться с жалобами пациента, провести осмотр и обследовать с применением пальпации, аускультации, перкуссии. Эти методы позволяют определить дополнительные симптомы, позволяющие точно поставить диагноз.

При осмотре можно определить патологию формы грудной клетки, а также характеристики дыхания – частоту, тип, глубину, ритм.

В процессе пальпации можно оценить степень голосового дрожания, которое при воспалении легких может быть усиленным, а при плеврите – ослабленным.

При исследовании с помощью перкуссии можно определить уменьшение количества воздуха в легких при отеке или фиброзе. При абсцессе в доле или части доли легких отсутствует воздух; у больных эмфиземой содержание воздуха увеличивается. Кроме того, перкуссия позволяет определить границы легких пациента.

С помощью аускультации можно дать оценку дыханию, а также выслушать хрипы, характер которых отличается при разных заболеваниях.

Кроме указанных методов исследования применяются также методы лабораторные и инструментальные. Наиболее информативными являются разные виды рентгенологических методов.

С помощью эндоскопических методов, которыми являются бронхоскопия, торакоскопия, можно определить некоторые гнойные заболевания, а также обнаружить опухоли. Также с помощью бронхоскопии можно удалить инородные тела, которые попадают внутрь.

Кроме того, применяются методы функциональной диагностики, с помощью которых можно определить наличие дыхательной недостаточности. Причем, иногда ее определяют еще до того, как появляются первые симптомы заболевания. С этой целью измеряется объем легких с помощью метода, который называется спирография. Исследуется также интенсивность легочной вентиляции.

Применение в процессе диагностики лабораторных методов исследования позволяет определить состав мокроты, что, в свою очередь, является информативным для диагностики болезни. При остром бронхите мокрота вязкая, без цвета, имеет слизистый характер. При отеке легких мокрота пенистая, без цвета, имеет серозный характер. При туберкулезе, хроническом бронхите мокрота зеленоватая и вязкая, имеет слизистогнойный характер. При абсцессе легкого мокрота чисто гнойная, зеленоватая, полужидкая. При тяжелых заболеваниях легких в мокроте наблюдается примесь крови.

В процессе микроскопического исследования мокроты определяется ее клеточный состав. Также практикуется исследование мочи и крови. Все эти методы исследования позволяют диагностировать недуги, которые поражают органы дыхания, и назначить необходимое лечение.

Вопрос 4. Лечение

Учитывая тот факт, что заболевания органов дыхания являются одними из наиболее распространенных болезней, как у детей, так и у взрослых, их лечение и профилактика должны быть максимально четкими и адекватными. Если болезни органов дыхания не диагностировать своевременно, то впоследствии лечить органы дыхания человека приходится намного дольше, а система терапии становится более сложной.

В качестве медикаментозных методов терапии применяется ряд средств, которые назначаются комплексно. В данном случае практикуется этиотропная терапия (лекарства, которые устраняют причину болезни), симптоматическое лечение (устраняет основные симптомы), поддерживающая терапия (средства для восстановления функций, которые были нарушены в процессе развития заболевания). Но любые медикаменты должен назначать только врач после комплексного обследования. В большинстве случаев практикуется применение антибиотиков, эффективных против конкретного возбудителя.

Кроме того, в процессе лечения заболеваний применяется другие методы: физиотерапия, ингаляции, мануальная терапия,

лфк, рефлексотерапия, массаж грудной клетки, дыхательная гимнастика и др.

Для профилактики заболевания органов дыхания, учитывая их строение и особенности передачи возбудителей, используются средства защиты органов дыхания. Очень важно применять средства индивидуальной защиты (ватно-марлевые повязки), пребывая в прямом контакте с человеком, у которого диагностирована вирусная инфекция.

Рассмотрим более подробно некоторые распространенные заболевания органов дыхания, их лечение и методы профилактики.

Бронхит

При развитии этой болезни происходит острый воспалительный процесс слизистой оболочки бронхов, в более редких случаях воспаляются все слои стенок бронхов. Развитие недуга провоцируют аденовирусы, вирусы гриппа, парагриппа, ряд бактерий и микоплазм. Иногда в качестве причин бронхита выступают некоторые физические факторы. Бронхит может развиваться как на фоне острого респираторного заболевания, так и параллельно с ним. Развитие острого бронхита происходит при нарушении способности фильтровать воздух верхними дыхательными путями. Кроме того, бронхит часто поражает курильщиков, людей с хроническими воспалениями носоглотки, а также при наличии деформации грудной клетки.

Симптомы острого бронхита, как правило, возникают на фоне ларингита или насморка. Больной жалуется на дискомфортные ощущения за грудиной, его беспокоят приступы сухого или влажного кашля, слабость. Возрастает температура тела, и если течение болезни очень тяжелое, то температура бывает очень высокой. Дыхание затруднено, присутствует одышка. Ввиду постоянного напряжения при кашле может проявляться боль в груди и в брюшной стенке. Спустя некоторое время кашель становится влажным, и начинается отделение мокроты. Как правило, острые симптомы болезни начинают стихать примерно к четвертому дню, а если течение болезни благоприятное, то излечение возможно уже к 10 дню. Но если к недугу присоединяется бронхоспазм, то бронхит может перейти в хроническую форму.

Трахеит

При остром трахеитеу больного происходит воспалительный процесс слизистой оболочки трахеи. Он развивается под воздействием бактериальных, вирусных, или вирусно-бактериальных инфекций. Также воспаление может развиваться под действием физических и химических факторов. У больного наблюдается отек слизистой оболочки трахеи, сухой кашель, хриплый голос, затрудненное дыхание. Беспокоят приступы кашля, вследствие которых развивается головная боль. Кашель проявляется утром и ночью, незначительно повышается температура, общее недомогание выражено слабо. Острый трахеит иногда переходит в хронический.

Ларингит

При ларингите воспаление поражает слизистую гортани и голосовых связок. Врачи подразделяют ларингит на хронический катаральный и хронический гипертрофический. В зависимости от интенсивности и распространенности патологического процесса проявляется определенная клиническая картина. Пациенты жалуются на охриплость, першение и сухость в горле, постоянное ощущение в горле инородного тела, кашель, при котором мокрота отделяется трудно.

Гайморит

При гайморите развивается воспалительный процесс верхнечелюстной придаточной пазухи носа. Как правило, так проявляется осложнение при некоторых инфекционных болезнях. Гайморит проявляется под воздействием вирусов или бактерий, которые попадают через кровь или полость носа в гайморову пазуху. При гайморите больного беспокоит постоянно нарастающий дискомфорт в носу и области около носа. Боль становится более интенсивной в вечернее время, постепенно переходя в общую головную боль. Иногда гайморит развивается с одной стороны. Носовое дыхание затрудняется, меняется голос, становясь гнусавым. Иногда пациент отмечает, что ноздри заложены попеременно. Выделения из носа могут быть либо прозрачными и слизистыми, либо гнойными, имеющими зеленоватый оттенок. Но если нос сильно заложен, слизь может не выделяться. Температура тела иногда возрастает до 38 градусов,

иногда еще выше. Кроме того, у человека отмечается общее недомогание.

Ринит

Ринит, то есть насморк, — это воспалительный процесс слизистой оболочки носовой полости, при котором наблюдается заложенность носа, выделения, зуд в носу. Ринит, как правило, проявляется как следствие сильного переохлаждения под воздействием бактерий или вирусов. Отдельно выделяется аллергический ринит, проявляющийся у людей, которые склонны к аллергическим реакциям. Болезнь развивается под воздействием разнообразных аллергенов — пыльцы растений, клещей, шерсти животных и др. Выделяется острая и хроническая форма недуга. Хронический ринит – следствие внешних воздействий, которые нарушают питание слизистой оболочки носа. Также болезнь может перейти в хроническую форму при частых воспалениях, возникающих в полости. Лечить этот недуг должен только врач, так как хронический ринит может перейти в гайморит или синусит.

Ангина

Острое заболевание инфекционного характера, при котором развивается воспалительный процесс небных миндалин и лимфатических узлов, регионарных к ним. Возбудитель размножается на миндалинах, после чего иногда распространяется в другие органы, вызывая осложнения болезни. После стрептококковой ангины у человека не развивается иммунитет. Заболевание начинается с общего ощущения слабости, озноба, головной боли. Отмечается боль при глотании, ломота в суставах. Температура тела может подняться до 39С. Постепенно болевые ощущения в горле становятся более интенсивными. Подчелюстные лимфоузлы увеличиваются, присутствует их болезненность. Отмечается краснота небных дужек, язычка, миндалин. Также на миндалинах иногда есть гнойники или места, где скапливается гной.

Пневмония

При пневмонии происходит воспаление легких под воздействием инфекции. Поражаются альвеолы, которые отвечают за насыщение кислородом крови. Болезнь вызывает достаточно широкий спектр возбудителей. Пневмония часто проявляется

как осложнение других болезней органов дыхания. Чаще всего болезнь отмечается у детей, пожилых людей, а также у людей с ослабленными защитными силами организма. Возбудители болезни оказываются в легких, попадая туда через дыхательные пути. Симптомы болезни проявляются резко: температура растет до 39-40 градусов, развивается боль в груди и кашель с гнойной мокротой. Ночью пациента беспокоит сильное потоотделение, а днем – слабость. Если не предпринять своевременно лечения болезни, вероятен летальный исход.

Туберкулез

Инфекционный недуг, который вызывают микобактерии туберкулеза. При туберкулезе у больного развивается клеточная аллергия, специфические гранулемы в разных органах и тканях. Постепенно поражаются легкие, кости, суставы, лимфоузлы, кожа и другие органы и системы. Если не практикуется адекватное лечение, болезнь заканчивается летально. Следует отметить устойчивость микобактерии туберкулеза к разным воздействиям. Заражение происходит воздушно-капельным путем. Если у человека выявляют туберкулезную инфекцию, то ему назначается полный курс терапии препаратами против туберкулеза. Лечение длительное, оно занимает до 8 месяцев. В запущенных случаях практикуется хирургическое лечение – удаляется часть легкого.

Профилактика болезней органов дыхания

Наиболее простым, но при этом очень важным методом профилактики болезней этого типа считается увеличение времени, которое человек проводит на свежем воздухе. Не менее важно часто проветривать помещение.

Следует отказаться от курения, а также регулярного употребления спиртного, так как на дыхательной системе эти привычки сказываются особенно негативно. Ведь вредные вещества, которые присутствуют как в табаке, так и в алкоголе, попадают в легкие и травмируют их, а также влияют негативно на слизистые оболочки. У злостных курильщиков значительно чаще диагностируется рак легкого, а также эмфиземалегких, хронический бронхит.

В качестве других методов профилактики практикуется специальная дыхательная гимнастика, профилактические инга-

ляции из лекарственных трав, а также с использованием эфирных масел. Людям, склонным к болезням органов дыхания, рекомендуется выращивать в доме как можно больше комнатных цветов, которые вырабатывают кислород.

В целом профилактика болезней органов дыхания состоит в здоровом и активном повседневном образе жизни.

Вопросы для повторения

1. Перечислите причины заболеваний органов дыхания.
2. Как вы считаете, влияет ли курение на здоровье легких?
3. Как вы считаете, а если не курить, а стоять вблизи курящих людей, как это отразится на состоянии легких?
4. Перечислите симптомы заболеваний органов дыхания.

Тема 21: Движение

Вопросы

1. Скелет человека.
2. Строение костей.
3. Соединение костей в скелете.
4. Мышцы человека.

Вопрос 1. Скелет человека

Скелет человека (др.-греч. σκελετος — «высушенный») — совокупность костей организма, пассивная часть опорно-двигательного аппарата.

Служит опорой мягким тканям, точкой приложения мышц (рычажная система), вместилищем и защитой внутренних органов. Скелет развивается из мезенхимы.

Человеческий скелет состоит из 206 костей, и почти все они соединяются в одно целое с помощью суставов, связок и других соединений.

Название указывает на старинный способ изготовления скелета — высушивание на солнце или в горячем песке.

Описание

В составе скелета взрослого человека около 206 костей, из них 33—34 — непарные, остальные — парные. 23 кости образуют череп, 26 — позвоночный столб, 25 — ребра и грудину, 64 — скелет верхних конечностей, 62 — скелет нижних конечностей.

Кости скелета образованы костной и хрящевой тканями, которые относятся к соединительным тканям. Состоят кости из клеток и межклеточного вещества.

У взрослых людей на протяжении большей части жизни соотношение массы скелета и тела удерживается на уровне 20 %. У пожилых и старых этот показатель несколько уменьшается. Сухой, мацерированный (последовательно обезжиренный, отбеленный, высушенный) скелет человека весит 5—6 кг.

Подъязычная кость — единственная кость непосредственно не связанная с другими, — топографически находится на шее, но традиционно относится к костям лицевого отдела черепа. Она подвешена мышцами к костям черепа и соединена с гортанью.

Непосредственно к скелету не относятся 6 особых косточек (по три с каждой стороны), расположенных в среднем ухе; слуховые косточки соединяются только друг с другом и участвуют в работе органа слуха, осуществляя передачу колебаний с барабанной перепонки во внутреннее ухо.

Функции скелета

I. Механические:

1. опора (формирование жёсткого костно-хрящевого остова тела, к которому прикрепляются мышцы, фасции и многие внутренние органы);
2. движение (благодаря наличию подвижных соединений между костями, кости работают как рычаги, приводимые в движение мышцами);
3. защита внутренних органов (формирование костных вместилищ для головного мозга и органов чувств (череп), для спинного мозга (позвоночный канал));
4. рессорная (амортизирующая) функция (благодаря наличию специальных анатомических образований, умень-

шающих и смягчающих сотрясения при движениях: арочная конструкция стопы, хрящевые прослойки между костями и др.).

II. Биологические:

1. кроветворная (гемопоэтическая) функция (в костном мозге происходит гемопоэз — образование новых клеток крови);

2. участие в обмене веществ (является хранилищем большей части кальция и фосфора организма).

Организация

Скелет человека устроен по общему для всех позвоночных животных принципу. Кости скелета подразделяются на две группы: осевой скелет и добавочный скелет. К осевому скелету относятся кости, лежащие посередине и образующие остов тела; это все кости головы и шеи, позвоночник, рёбра и грудина. Добавочный скелет составляют ключицы, лопатки, кости верхних конечностей, кости таза и кости нижних конечностей.

Осевой скелет

- Череп — костная основа головы, является вместилищем головного мозга, а также органов зрения, слуха и обоняния. Череп имеет два отдела: мозговой и лицевой.

- Грудная клетка — имеет форму усечённого сжатого конуса, является костной основой груди и вместилищем для внутренних органов. Состоит из 12 грудных позвонков, 12 пар рёбер и грудины.

- Позвоночный столб, или позвоночник — является главной осью тела, опорой всего скелета; внутри позвоночного канала проходит спинной мозг. Подразделяется на шейный, грудной, поясничный, крестцовый и копчиковый отделы.

Добавочный скелет

- Пояс верхних конечностей — обеспечивает присоединение верхних конечностей к осевому скелету. Состоит из парных лопаток и ключиц.

- Верхние конечности — максимально приспособлены для выполнения трудовой деятельности. Конечность состоит из трёх отделов: плеча, предплечья и кисти.

- Пояс нижних конечностей — обеспечивает присоединение нижних конечностей к осевому скелету, а также является

вместилищем и опорой для органов пищеварительной, мочевыделительной и половой систем.

• Нижние конечности — приспособлены для опоры и перемещения тела в пространстве во всех направлениях, кроме вертикально вверх (не считая прыжка).

Половые особенности

Мужской и женский скелет в целом построены по одному типу, и кардинальных различий между ними нет. Они заключаются лишь в немного изменённой форме или размерах отдельных костей и, соответственно, включающих их структур. Вот некоторые из наиболее явных различий. Кости конечностей и пальцев у мужчин в среднем длиннее и толще, а бугристости на костях (следы прикрепления мышц), как правило, выражены сильнее. У женщин более широкий таз, а также более узкая грудная клетка.

Половые различия черепа у человека незначительны, поэтому зачастую бывает трудно отличить мужской череп от женского. Однако у мужчин сильнее выпирают надбровные дуги и затылочный бугор, глазницы имеют относительно большую величину, лучше выражены околоносовые пазухи. Кости мужского черепа обычно несколько толще, чем кости женского. Продольный (передне-задний) и вертикальный размеры у мужского черепа больше. Вместительность черепа у мужчин равна примерно 1450 куб. см, а у женщин 1300 куб. см. Разница объясняется меньшими размерами тела женщины.

Развитие скелета

В эмбриональном периоде у всех Позвоночных первым зачатком внутреннего скелета является спинная струна или хорда, происходящая из мезодермы.

Скелет человека в процессе развития последовательно проходит 3 стадии:

1. соединительнотканная (перепончатая) — на 3—4 неделе внутриутробного развития — скелет включает в себя хорду и соединительную ткань.

2. хрящевая — на 5—7 неделе внутриутробного развития — скелет включает в себя хорду и хрящевой скелет.

3. костная — с 8 недели внутриутробного развития — скелет представлен остатками хорды (в виде студенистого ядра межпозвоночных дисков) и непосредственно костным скелетом.

Эти все стадии проходят все («вторичные») кости скелета, кроме костей свода черепа, большинства костей лица и части ключицы, которые развиваются без стадии хряща и, соответственно, называются «первичными» или «покровными» костями скелета. Покровные кости можно рассматривать как производные наружного скелета, сместившегося вглубь мезодермы и присоединившегося к внутреннему скелету в качестве его дополнения.

У новорождённого ребёнка в скелете почти 270 костей, что намного больше, чем у взрослого. Такое различие возникло из-за того, что детский скелет содержит большое количество мелких косточек, которые срастаются в крупные кости только к определённом возрасту. Это, например, кости черепа, таза и позвоночника. Крестцовые позвонки, например, срастаются в единую кость (крестец) только в возрасте 18—25 лет. И остаётся 200—213 костей, в зависимости от особенностей организма.

Вопрос 2. Строение костей

Кость, как орган живого организма, состоит из нескольких тканей, важнейшей из которых является костная. Кость выполняет опорно-механическую и защитную функции, является составной частью эндоскелета позвоночных.

В скелете человека различают по форме длинные, короткие, плоские и смешанные кости, также есть кости пневматические и сесамовидные. Расположение костей в скелете связано с выполняемой ими функцией: «Кости построены так, что при наименьшей затрате материала обладают наибольшей крепостью, легкостью, по возможности уменьшая влияние толчков и сотрясений» (П. Ф. Лесгафт).

Длинные кости, имеют вытянутую, трубчатую среднюю часть, называемую диафизом, состоящую из компактного вещества. Внутри диафиза имеется костномозговая полость, с жёлтым костным мозгом. На каждом конце длинной кости находится эпифиз, заполненный губчатым веществом с красным кост-

ным мозгом. Между диафизом и эпифизом располагается метафиз. В период роста кости здесь находится хрящ, который позже замещается костью. Длинные трубчатые кости составляют в основном скелет конечностей. Костные выступы на эпифизах, которые являются местом прикрепления мышц и связок, называются апофизами, [apophysis].

Плоские кости, состоят из тонкого слоя губчатого вещества, покрытого снаружи компактным веществом. Они различны по происхождению: лопатка и тазовая кость развиваются из хряща, а плоские кости крыши черепа — из соединительной ткани.

Короткие кости, состоят из губчатого вещества, покрытого снаружи тонким слоем компактного вещества. Одной большой костно-мозговой полости эти кости не имеют. Красный костный мозг располагается в мелких губчатых ячейках, разделённых костными балками. Короткие кости запястья и предплюсны способствуют большей подвижности кистей и стоп.

Смешанные кости, находятся в различных отделах скелета (позвоночник, череп). В них сочетаются элементы коротких и плоских костей (основная часть и чешуя затылочной кости, тело позвонка и его отростки, каменистая часть и чешуя височной кости). Такие особенности обусловлены различием происхождения и функции частей этих костей.

Пневматические кости, или воздухоносные, — кости, которые имеют внутри полость, выстланную слизистой оболочкой и заполненную воздухом, что облегчает вес кости, не уменьшая её прочности.

Сесамовидные кости — это кости, вставленные в сухожилия мышц и поэтому увеличивающие плечо силы мышц, способствующие усилению их действия.

Поверхность кости может иметь различные углубления (бороздки, ямки и т. д.) и возвышения (углы, края, ребра, гребни, бугорки и т. п.). Неровности служат для соединения костей между собой или для прикрепления мускулов и бывают тем сильнее развиты, чем более развита мускулатура. На поверхности находятся так называемые «питательные отверстия» через которые входят внутрь кости нервы и кровеносные сосуды.

В костях различают компактное и губчатое костное вещество. Первое отличается однородностью, твёрдостью и состав-

ляет наружный слой кости; оно особенно развито в средней части трубчатых костей и утончается к концам; в широких костях оно составляет 2 пластинки, разделённые слоем губчатого вещества; в коротких оно в виде тонкой плёнки одевает кость снаружи. Губчатое вещество состоит из пластинок, пересекающихся в различных направлениях, образуя систему полостей и отверстий, которые в середине длинных костей сливаются в большую полость.

Наружная поверхность кости одета так называемой надкостницей (Periosteum), оболочкой из соединительной ткани, содержащей кровеносные сосуды и особые клеточные элементы, служащие для питания, роста и восстановления кости.

Вопрос 3.. Соединение костей в скелете

Синдесмология — учение о соединениях костей.

• Синартрозы — непрерывные соединения костей, более ранние по развитию, неподвижные или малоподвижные по функции.

○ Синдесмоз — кости соединены посредством соединительной ткани.

▪ межкостные перепонки (между костями предплечья или голени)

▪ связки (во всех суставах)

▪ роднички

▪ швы

▪ зубчатые (большинство костей свода черепа)

▪ чешуйчатые (между краями височной и теменной костей)

▪ гладкие (между костями лицевого черепа)

○ Синхондроз — кости соединены посредством хрящевой ткани.

по свойству хрящевой ткани:

▪ гиалиновый (между рёбрами и грудиной)

▪ волокнистые (между позвонками)

по длительности своего существования различают синхондрозы:

▪ временные

- постоянные
 - Синостоз — кости соединены посредством костной ткани.
 - Диартрозы — прерывные соединения, более поздние по развитию и более подвижные по функции.
- классификации суставов:
- по числу суставных поверхностей
 - по форме и по функции
 - Гемиартроз — переходная форма от непрерывных к прерывным или обратно.

Вопрос 4 Мышцы человека

Мышцы или мускулы (от лат. *musculus* — мышца (*mus* — мышка, маленькая мышь)) — органы тела животных и человека, состоящие из упругой, эластичной мышечной ткани, способной сокращаться под влиянием нервных импульсов. Предназначены для выполнения различных действий: движения тела, сокращения голосовых связок, дыхания.

Мышцы позволяют двигать частями тела и выражать в действиях мысли и чувства. Человек выполняет любые движения — от таких простейших, как моргание или улыбка, до тонких и энергичных, какие мы наблюдаем у ювелиров или спортсменов — благодаря способности мышечных тканей сокращаться. От исправной работы мышц, состоящих из трёх основных групп, зависит не только подвижность организма, но и функционирование всех физиологических процессов. А работой всех мышечных тканей управляет нервная система, которая обеспечивает их связь с головным и спинным мозгом и регулирует преобразование химической энергии в механическую.

В теле человека 640 мышц (в зависимости от метода подсчёта дифференцированных групп мышц их общее число определяют от 639 до 850). Самые маленькие прикреплены к мельчайшим косточкам, расположенным в ухе. Самые крупные — большие ягодичные мышцы, они приводят в движение ноги. Самые сильные мышцы — икроножные и жевательные. Самая короткая мышца тела находится под верхней губой и поднимает уголки рта при улыбке. А самая длинная мышца человека -

портняжная - начинается от верхней части таза (так называемой передней верхней подвздошной ости), проходит наискось по передней поверхности бедра и прикрепляется к внутренней части колена (так называемой большеберцовой кости).

По форме мышцы очень разнообразны. Чаще всего встречаются веретенообразные мышцы, характерные для конечностей, и широкие мышцы — они образуют стенки туловища. Если у мышц общее сухожилие, а головок две или больше, то их называют двух-, трёх- или четырёхглавыми.

Мышцы и скелет определяют форму человеческого тела. Активный образ жизни, сбалансированное питание и занятие спортом способствуют развитию мышц и уменьшению объёма жировой ткани.

Типы мышц

Типы мышечной ткани (по строению): скелетная, гладкая и сердечная

Дополнительные сведения: Скелетная мышечная ткань, Гладкие мышцы, и Кардиомиоцит

В зависимости от особенностей строения мышцы человека делят на 3 типа или группы:

- скелетные,
- гладкие,
- сердечная.

Первая группа мышц — скелетные, или поперечнополосатые мышцы. Скелетных мышц у каждого из нас более 600. Мышцы этого типа способны произвольно, по желанию человека, сокращаться и вместе со скелетом образуют опорно-двигательную систему. Общая масса этих мышц составляет около 40 % веса тела, а у людей, активно развивающих свои мышцы, может быть ещё больше. С помощью специальных упражнений размер мышечных клеток можно увеличивать до тех пор, пока они не вырастут в массе и объёме и не станут рельефными. Сокращаясь, мышца укорачивается, утолщается и движется относительно соседних мышц. Укорочение мышцы сопровождается сближением её концов и костей, к которым она прикрепляется. В каждом движении участвуют мышцы как совершающие его, так и противодействующие ему (агонисты и

антагонисты соответственно), что придаёт движению точность и плавность.

Второй тип мышц, который входит в состав клеток внутренних органов, кровеносных сосудов и кожи, — гладкая мышечная ткань, состоящая из характерных мышечных клеток (миоцитов). Короткие веретеновидные клетки гладких мышц образуют пластины. Сокращаются они медленно и ритмично, подчиняясь сигналам вегетативной нервной системы. Медленные и длительные их сокращения происходят произвольно, то есть независимо от желания человека.

Гладкие мышцы, или мышцы произвольных движений, находятся главным образом в стенках полых внутренних органов, например пищевода или мочевого пузыря. Они играют важную роль в процессах, не зависящих от нашего сознания, например в перемещении пищи по пищеварительному тракту.

Отдельную (третью) группу мышц составляет сердечная поперечнополосатая (исчерченная) мышечная ткань (миокард). Она состоит из кардиомиоцитов. Сокращения сердечной мышцы не подконтрольны сознанию человека, она иннервируется вегетативной нервной системой.

Строение

Строение скелетной мышцы

Структурный элемент мышц — мышечное волокно, каждое из которых в отдельности является не только клеточной, но и физиологической единицей, способной сокращаться. Мышечное волокно представляет собой многоядерную клетку, диаметр его составляет от 10 до 100 мкм. Данная клетка заключена в оболочку, сарколемму, которая заполнена саркоплазмой. В саркоплазме располагаются миофибриллы. Миофибрилла — нитевидное образование, состоящее из саркомеров. Толщина миофибрилл в общем случае менее 1 мкм. В зависимости от количества миофибрилл различают белые и красные мышечные волокна. В белых волокнах миофибрилл больше, саркоплазмы меньше, благодаря чему они могут сокращаться более быстро. В красных волокнах содержится большое количество миоглобина, из-за чего они и получили такое название. Помимо миофибрилл в саркоплазме мышечных волокон также присутствуют митохондрии, рибосомы, комплекс Гольджи, включения липидов и прочие органеллы. Саркоплазматическая

сеть обеспечивает передачу импульсов возбуждения внутри волокна. В состав саркомеров входят толстые миозиновые нити и тонкие актиновые нити.

Актин — сократительный белок, состоящий из 375 аминокислотных остатков с молекулярной массой 42300, который составляет около 15 % мышечного белка. Под световым микроскопом более тонкие молекулы актина выглядят светлой полоской (так называемые «I-диски»). В растворах с малым содержанием ионов актин содержится в виде единичных молекул с шарообразной структурой, однако в физиологических условиях, в присутствии АТФ и ионов магния, актин становится полимером и образует длинные волокна (актин фибриллярный), которые состоят из спирально закрученных двух цепочек молекул актина. Соединяясь с другими белками, волокна актина приобретают способность сокращаться, используя энергию, содержащуюся в АТФ.

Миозин — основной мышечный белок; содержание его в мышцах достигает 65 %. Молекулы состоят из двух полипептидных цепочек, в каждой из которых содержится более 2000 аминокислот. Белковая молекула очень велика (это самые длинные полипептидные цепочки, существующие в природе), а её молекулярная масса доходит до 470000. Каждая из полипептидных цепочек оканчивается так называемой головкой, в состав которой входят две небольшие цепочки, состоящие из 150—190 аминокислот. Эти белки проявляют энзиматическую активность АТФазы, необходимую для сокращения актомиозина. Под микроскопом молекулы миозина в мышцах выглядят тёмной полоской (так называемые «А-диски»).

Актомиозин — белковый комплекс, состоящий из актина и миозина, характеризующийся энзиматической активностью АТФазы. Это значит, что благодаря энергии, освобождённой в процессе гидролиза АТФ, актомиозин может сокращаться. В физиологических условиях актомиозин создаёт волокна, находящиеся в определённом порядке. Фибриллярные части молекул миозина, собранные в пучок, образуют так называемую толстую нить, из которой перпендикулярно выглядывают миозиновые головки. Молекулы актина соединяются в длинные цепочки; две таких цепочки, спирально закрученные друг вокруг дру-

га, составляют тонкую нить. Тонкая и толстая нити расположены параллельно таким образом, что каждая тонкая нить окружена тремя толстыми, а каждая толстая нить — шестью тонкими; миозиновые головки цепляются за тонкие нити.

В целом, мышечная ткань состоит из воды, белков и небольшого количества прочих веществ: гликогена, липидов, экстрактивных азотсодержащих веществ, солей органических и неорганических кислот и др. Количество воды составляет 72—80 % от общей массы.

Классификация

Мышечная ткань живых организмов представлена многочисленными мышцами различной формы, строения, процесса развития, выполняющими разнообразные функции. Различают:

По функциям

- сгибатели (лат. flexores)
- разгибатели (лат. extensores)
- отводящие (лат. abductores)
- приводящие (лат. adductores)
- вращатели (лат. rotatores) кнутри (лат. pronatores) и кнаружи (лат. supinatores)
- сфинктеры (лат. sphincteres) и дилататоры
- синергисты и антагонисты
- поднимающие (лат. levatores)
- опускающие (лат. depressores)
- выпрямляющие (лат. erectores)

По направлению волокон

- прямая мышца — с прямыми параллельными волокнами;
- поперечная мышца — с поперечными волокнами;
- круговая мышца — с круговыми волокнами;
- косая мышца — с косыми волокнами:
 - одноперистая — косые волокна прикрепляются к сухожилию с одной стороны;
 - двуперистая — косые волокна прикрепляются к сухожилию с двух сторон;
 - многоперистая — косые волокна прикрепляются к сухожилию с нескольких сторон;
 - полусухожильная;
 - полуперепончатая.

По отношению к суставам

Учитывается число суставов, через которые перекидывается мышца:

- односуставные
- двусуставные
- многосуставные

По форме

- простые
 - веретенообразные
 - прямые
 - длинные (на конечностях)
 - короткие
 - широкие
- сложные
 - многоглавые
 - двуглавые
 - трёхглавые
 - четырёхглавые
 - многосухожильные
 - двубрюшные
 - с определённой геометрической формой
 - квадратные
 - дельтовидные
 - камбаловидные
 - пирамидальные
 - круглые
 - зубчатые
 - треугольные
 - ромбовидные
 - трапециевидные

Сокращения мышц

В процессе сокращения нити актина проникают глубоко в промежутки между нитями миозина, причём длина обеих структур не меняется, а лишь сокращается общая длина акто-миозинового комплекса — такой способ сокращения мышц называется скользящим. Скольжение актиновых нитей вдоль миозиновых нуждается в энергии, энергия, необходимая для сокращения мышц, освобождается в результате взаимодействия

актомиозина с АТФ с расщеплением последнего на АДФ и H_3PO_4 . Кроме АТФ важную роль в сокращении мышц играет вода, а также ионы кальция и магния.

Скелетная мышца состоит из большого количества мышечных волокон — чем их больше, тем сильнее мышца.

Различают пять типов мышечных сокращений:

1. Концентрическое сокращение — вызывающее укорачивание мышцы и перемещение места прикрепления ее к кости, при этом движение конечности, обеспечиваемое сокращением данной мышцы направлено против преодолеваемого сопротивления, например силы тяжести.

2. Эксцентрическое сокращение — возникает при удлинении мышцы во время регулирования скорости движения вызванного другой силой или в ситуации, когда максимального усилия мышцы не хватает для преодоления противодействующей силы. В результате движение происходит в направлении воздействия внешней силы.

3. Изометрическое сокращение — усилие, противодействующее внешней силе, при котором длина мышцы не изменяется и движения в суставе не происходит.

4. Изокинетическое сокращение — сокращение мышцы с одинаковой скоростью.

5. Баллистическое движение — быстрое движение, включающее: а. концентрическое движение мышц-агонистов в начале движения; б. инерционное движение, во время минимальной активности; в. эксцентрическое сокращение для замедления движения.

В организме такие сокращения имеют большее значение для выполнения любых движений.

Из гладких мышц (гладкой мышечной ткани) состоят внутренние органы, в частности, стенки пищевода, кровеносные сосуды, дыхательные пути и половые органы. Гладкие мышцы отличаются так называемым автоматизмом, то есть способностью приходить в состояние возбуждения при отсутствии внешних раздражителей. И если сокращение скелетных мышц продолжается около 0,1 с, то более медленные сокращения гладких мышц продолжается от 3 до 180 с. В пищеводе, половых органах и мочевом канале возбуждение передаётся от од-

ной мышечной клетки к следующей. Что касается сокращения гладких мышц, находящихся в стенках кровеносных сосудов и в радужной оболочке глаза, то оно не переносится с клетки на клетку; к гладким мышцам подходят симпатические и парасимпатические нервы автономной нервной системы.

Говоря о сердечной мышце (миокарде), следует отметить, что при нормальной работе она затрачивает на сокращение около 1 с, а при увеличении нагрузки скорость сокращений увеличивается. Уникальная особенность сердечной мышцы — в её способности ритмично сокращаться даже при извлечении её из организма.

В процессе сокращения мышцы при скольжении актиновых белковых нитей вдоль миозиновых происходит временное прикрепление миозина к актину с помощью поперечных мостиков, являющихся так называемыми «головками» миозиновых молекул. Выделяют 5 стадий биохимического цикла мышечного сокращения:

1. стехиометрический процесс гидролиза АТФ миозиновой «головкой» до аденозиндифосфата (АДФ) и ортофосфорной кислоты (H_3PO_4); данный процесс не обеспечивает освобождение продуктов гидролиза;
2. связывание свободно вращающейся миозиновой «головки», содержащей АДФ и H_3PO_4 , с F-актином;
3. высвобождение АДФ и H_3PO_4 из актин-миозинового комплекса;
4. связывание комплекса миозин-F-актин с новой молекулой АТФ;
5. стадия расслабления — отделение миозиновой (АТФ) «головки» от F-актина.

Эволюция мышц

Точного представления процесса возникновения мышц с течением эволюции пока не имеется. Известно, что первыми существами, у которых отмечено появление мышечных клеток, являются плоские и круглые черви. Сократительные волокна присутствуют и у одноклеточных организмов, простейших, встречаются у губок, кишечнополостных. Сокращение отростков эпителиальных клеток, колебания жгутиков и ресничек позволяют им перемещаться, однако специализированных мышеч-

ных клеток они не имеют. Мускулатура многих червей представляет собой так называемый кожно-мышечный мешок, который образован мышечными волокнами, обособленными от эпителия, связанными с кожей. Данные мышцы близки к гладкой мускулатуре позвоночных и обычно состоят из наружных кольцевых, которые позволяют червям уменьшать свой диаметр, и внутренних продольных, позволяющих уменьшать длину, волокон. Также у червей могут присутствовать микроскопические мышцы у основания щетинок, позволяющих вонзать их в почву, мышцы вокруг кишечника, в стенках кровеносной системы. У моллюсков кожно-мышечный мешок развивается в сложную систему отдельных гладких мышц. У членистоногих уже наблюдается достаточно развитая мышечная система. Она прикрепляется к наружному скелету и, в отличие от моллюсков, уже является поперечнополосатой, обеспечивая значительную быстроту и силу сокращений. У некоторых видов поперечнополосатой является мускулатура и внутренностей.

Наибольшего развития мышцы достигают у хордовых и в высшей степени у позвоночных. Масса мышц может достигать половины массы всего тела, с помощью них осуществляется важнейшие функции — движение, поддержка равновесия, перенос веществ внутри организма. Мускулатура хордовых делится на две группы: висцеральную и париетальную. Разделение проводится в зависимости от эмбрионального происхождения. Висцеральная мускулатура, действующая произвольно и лишённая поперечных полос, обслуживающая деятельность внутренних органов, развивается в основном из боковых пластинок (лишь мускулатура потовых желёз и радужки глаз развивается из эктодермального эпителия), а париетальная, состоящая из поперечнополосатых мышц и обеспечивающая взаимодействие организма с окружающей средой, происходит из мышечного листка миотома. Простейшие париетальные мышцы можно наблюдать у ланцетников, круглоротых и рыб.

Мышцы кожи развиваются вместе с кожей как таковой, образуясь из дерматота, — слоя ткани, образованного клетками сегментарной мускулатуры из среднего зародышевого листка. Мышцы кожи произвольны, в частности, они отвечают за возникновение гусиной кожи при пиломоторном рефлексе.

Патология мышц характеризуется нарушениями сократительной функции мышц, их способности к поддержанию тонуса. Причиной возникновения патологий могут быть различные травмы, повреждения (контузия мышц, растяжения, частичные и полные разрывы, разрывы мышечной фасции), нарушения нервной или гуморальной регуляции, изменения на клеточном и субклеточных уровнях. Патологии наблюдаются при гипертонии, инфаркте миокарда, миодистрофии, атонии матки, кишечника, мочевого пузыря, при параличах и пр. Проявления могут быть в виде гематом, миозита, атрофии, грыж.

Контузия возникает вследствие удара или сдавливания, чревата значительной потерей мышечной функциональности, опасна развитием миозита. Растяжение представляет собой микроразрывы в мышечных волокнах общим количеством не более 5 % и обычно не представляет серьезной угрозы здоровью. Частичные разрывы более опасны, в месте разрыва часто образуется гематома, иногда требуется хирургическое вмешательство. При полном разрыве мышцы хирургическое вмешательство обязательно. Мышцы обладают хорошей способностью к восстановлению и заживлению, одной из основных задач терапии является недопущения образования рубца в месте разрыва.

Несмотря на различия в причинах заболеваний, можно выделить общие биохимические изменения при патологиях. К ним относится быстрое снижение количества миофибриллярных белков, повышение концентрации белков стромы наряду с возрастанием концентрации части саркоплазматических белков, включая миоальбумин. Также происходят изменения и в небелковом составе: понижается уровень АТФ и креатинфосфата, уменьшается количество имидазолсодержащих дипептидов.

Для патологий, связанных с распадом мышечной ткани, дистрофиях, характерны изменения в фосфолипидном составе мышц: снижение уровня фосфатидилхолина и фосфатидилэтаноламина, повышение концентрации сфингомиелина и лизофосфатидилхолина.

Весьма часто патологии мышечной ткани сопровождаются креатурией, когда нарушается метаболизм креатина, сопровождающийся снижением содержания в моче креатинфосфата и повышением креатина.

Интересные факты:

Тайваньские ученые создали искусственные мышцы, покрыв клетки лука золотом. Искусственные мышцы, действующие подобно естественным, являются перспективным направлением в робототехнике, так как в них нет трущихся частей, как в обычных механизмах, и поэтому они гораздо меньше изнашиваются.

Вопросы для повторения

1. Охарактеризуйте типы мышц.
2. Охарактеризуйте пять типов мышечных сокращений.
3. Виды мышечной ткани в зависимости от выполняемой функции.
4. Перечислите классификацию мышечной ткани по направлению волокон.
5. Перечислите классификацию мышечной ткани по отношению к суставам.
6. Перечислите классификацию мышечной ткани по форме.
7. перечислите отделы скелета.
8. Как соединяются кости в скелете.
9. Перечислите функции скелета.

Тема 22: Причины нарушения осанки и развития плоскостопия

Вопросы:

1. Нормальная осанка.
2. Распространенность и причины возникновения нарушений осанки у детей.
3. Виды нарушений осанки.
4. Плоскостопие.
5. Профилактика плоскостопия.

Вопрос 1 Нормальная осанка

Осанка — это *привычная* поза (вертикальная поза, вертикальное положение тела человека) в покое и при движении.

«Привычное положение тела» — это- то положение тела, которое регулируется бессознательно, на уровне безусловных рефлексов, так называемым двигательным стереотипом. Человек имеет *только одну*, присущую *только ему* привычную осанку. Осанка обычно ассоциируется с выправкой, привычной позой, манерой держать себя

Нормальная осанка:

- прямое положение головы и позвоночника;
- симметричные надплечья, лопатки;
- практически горизонтальная линия ключиц;
- одинаковые треугольники талии (те <окошки>, что образованы контуром талии и опущенных рук);
- симметричное положение ягодиц;
- ровные линии крыльев таза;
- вертикальное направление линии остистых отростков позвоночника;
- одинаковая длина нижних конечностей и правильное положение стоп (внутренние их поверхности соприкасаются от пяток до копчиков пальцев).

Вопрос 2. Распространенность и причины возникновения нарушений осанки у детей

Нарушение осанки является весьма распространенной патологией. Им страдают по данным разных авторов от 60 до 70% детей. Эти величины вызывают особую озабоченность с учетом неблагоприятного влияния нарушенной осанки на работу всех органов и систем растущего организма.

Выделим внутренние и внешние причины формирования неправильной осанки. Внутренние причины - это дефекты формы и длины конечностей; не полностью исправленные кривошеи, дефекты зрения и слуха, хронические заболевания внутренних органов, болезни обмена веществ: рахит, различные паратрофии. Наиболее частой из внутренних причин является

неврологическая патология. Для формирования нарушения осанки достаточно минимального изменения тонуса мышц. Распространенность неврологической патологии среди новорожденных составляет 60%. Далеко не все дети излечиваются полностью. Причиной формирования нарушенной осанки может послужить и травма опорно-двигательного аппарата.

Под внешними причинами мы понимаем организацию жизни ребенка, предусматривающую неоптимальную нагрузку на органы опоры и движения, центральную нервную систему. Прежде всего отметим режим дня, допускающий гиподинамию; стрессорирующие методы воспитания или обучения; мебель, не соответствующую росту и нагрузкам ребенка.

Вопрос 3 Виды нарушений осанки

Дефекты осанки условно можно разделить следующим образом: нарушения осанки во фронтальной, сагиттальной плоскости и обеих плоскостях одновременно. Для каждого вида нарушения осанки характерно свое положение позвоночника, лопаток, таза и нижних конечностей. Сохранение патологической осанки возможно благодаря определенному состоянию связок, фасций и мышц.

1 Нарушения осанки в сагиттальной плоскости

Нарушение осанки в сагиттальной плоскости может быть связано как с увеличением одного или нескольких физиологических изгибов, так и с уменьшением их.

2. Нарушения осанки с увеличением физиологических изгибов позвоночника

Сутулость - нарушение осанки в основе которого лежит увеличение грудного кифоза с одновременным уменьшением поясничного лордоза. Шейный лордоз, как правило, укорочен и углублен вследствие того, что грудной кифоз распространяется до уровня 4-5 шейных позвонков. Надплечья приподняты. Плечевые суставы приведены. Сутулость часто сочетается с крыловидными лопатками 1 и 2 степени, когда нижние углы или внутренние края лопаток отстают от грудной стенки.



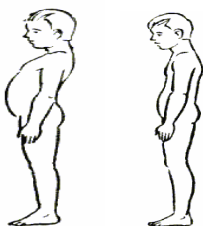
У сутулых детей укорочены и напряжены верхние фиксаторы лопаток, большая и малая грудные мышцы, разгибатели шеи на уровне шейного лордоза. Длина разгибателя туловища в грудном отделе, нижних, а иногда и средних фиксаторов лопаток, мышц брюшного пресса, ягодичных, напротив, увеличена. Живот выступает.

Круглая спина (тотальный кифоз) - нарушение осанки, связанное со значительным увеличением грудного кифоза и отсутствием поясничного лордоза. Шейный отдел позвоночника частично, а у дошкольников бывает и полностью кифозирован. Для компенсации отклонения проекции общего центра масс кзади дети стоят и ходят на слегка согнутых ногах. Угол наклона таза уменьшен и это тоже способствует сгибательной установке бедра относительно средней линии тела. Голова наклонена вперед, надплечья приподняты, плечевые суставы приведены, грудь западает, руки свисают чуть впереди туловища. Круглая спина часто сочетается с крыловидными лопатками 2 степени. У детей с круглой спиной укорочены и напряжены верхние фиксаторы лопаток, большая и малая грудные мышцы. Длина разгибателя туловища, нижних, и средних фиксаторов лопаток, мышц брюшного пресса, ягодичных, напротив, увеличена. Живот выступает.



Кругловогнутая спина - нарушение осанки состоящее в увеличении всех физиологических изгибов позвоночника. Угол наклона таза увеличен. Ноги слегка согнуты или в положении легкого переразгибания в коленных суставах. Передняя брюшная стенка перерастянута, живот выступает, либо даже свисает. Надплечья приподняты, плечевые суставы приведены, голова бывает выдвинута вперед от средней линии тела. Кругловогнутая спина часто сочетается с крыловидными лопатками 1-2 степени. У детей с таким нарушением осанки укорочены верхние фиксаторы лопаток, разгибатели шеи, большая и малая грудные мышцы, разгибатель туловища в поясничном отделе и подвздошно-поясничная мышца. Длина разгибателя туловища в грудном отделе, нижних, а иногда и средних фиксаторов лопаток, мышц брюшного пресса, ягодичных увеличена.

3. Нарушения осанки с уменьшением физиологических изгибов позвоночника



Плоская спина - нарушение осанки, характеризующееся уменьшением всех физиологических изгибов позвоночника, в первую очередь - поясничного лордоза и уменьшением угла наклона таза. Вследствие уменьшения грудного кифоза грудная клетка смещена вперед.

Нижняя часть живота выстоит. Лопатки часто крыловидны. Это нарушение осанки наиболее резко снижает рессорную функцию позвоночника, что отрицательно сказывается на состоянии центральной нервной системы при беге, прыжках и других резких перемещениях, вызывая ее сотрясение и микротравматизацию.

У детей с плоской спиной ослаблены как мышцы спины, так и мышцы груди, живота. Есть точка зрения, что такие дети наиболее предрасположены к боковым искривлениям позвоночника.

Плосковогнутая спина - нарушение осанки, состоящее в уменьшении грудного кифоза при нормальном или увеличенном поясничном лордозе. Шейный лордоз часто тоже уплощен. Угол наклона таза увеличен. Таз смещен кзади. Ноги могут быть слегка согнуты или переразогнуты в коленных суставах. Часто сочетается с крыловидными лопатками I степени. У детей с таким нарушением осанки напряжены и укорочены разгибатели туловища в поясничном и грудном отделах, подвздошно-поясничные мышцы. Наиболее значительно ослаблены мышцы брюшного пресса и ягодиц.



4. Нарушение осанки во фронтальной плоскости

Нарушение осанки во фронтальной плоскости заключается в появлении изгиба позвоночника во фронтальной плоскости и называется сколиотическая или асимметричная осанка. Она характеризуется асимметрией между правой и левой половинами туловища, проявляющейся в разной высоте надплечий, различном положении лопаток как по высоте, так и по отношению к позвоночнику, к грудной стенке. Глубина и высота треугольников талии у таких детей тоже различна. Мышцы на

одной половине туловища чуть более рельефны, чем на другой. Линия остистых отростков формирует дугу, обращенную вершиной вправо или влево. При потягивании теменем вверх, подъеме рук, наклоне вперед и выполнении прочих приемов самокоррекции линия остистых отростков во фронтальной плоскости выпрямляется.

Сутулость возникает при слабом развитии мышечной системы, в первую очередь мышц спины. При этом голова и шея наклонены вперед, грудная клетка уплощена, плечи сведены вперед, живот несколько выпячен. При кифотической осанке все вышеперечисленные симптомы особенно заметны, так как, кроме слабого развития мышц, наблюдаются изменения в связочном аппарате позвоночника: связки растянуты, менее эластичны, отчего естественный изгиб позвоночника в грудной области заметно увеличивается. При лордотической осанке сильно выражена изогнутость позвоночника в поясничном отделе вперед, шейный изгиб уменьшен, живот чрезмерно выдается. *Сколиозы* сопровождаются асимметричным положением плеч, лопаток и таза.

Неправильная осанка неблагоприятно сказывается на функциях внутренних органов: затрудняется работа сердца, легких, желудочно-кишечного тракта; уменьшается жизненная емкость легких;

снижается обмен веществ; появляются головные боли, повышенная утомляемость; снижается аппетит, ребенок становится вялым, апатичным, избегает подвижных игр.

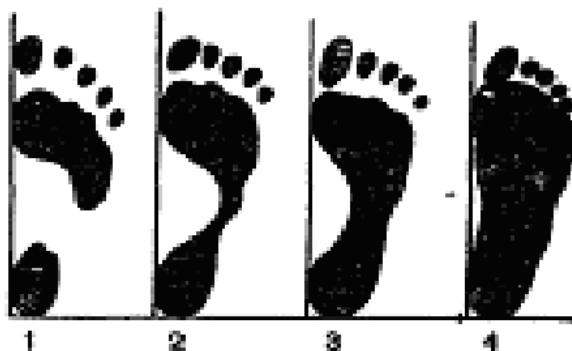
Вопрос 4 Плоскостопие

По медицинской статистике к двум годам у 24% детей наблюдается плоскостопие, к четырем годам — у 32%, к шести годам — у 40%, а к двенадцати годам каждому второму подростку ставят диагноз плоскостопие.

Плоскостопие — это деформация стопы, характеризующаяся уплощением ее сводов. Врачи называют плоскостопие болезнью цивилизации. Неудобная обувь, синтетические покрытия, гиподинамия — все это приводит к неправильному развитию стопы. Деформация стоп бывает двух видов: поперечная и

продольная. При поперечном плоскостопии происходит уплощение поперечного свода стопы. При продольном плоскостопии наблюдается уплощение продольного свода, и стопа соприкасается с полом почти всей площадью подошвы. В редких случаях возможно сочетание обеих форм плоскостопия.

При нормальной форме стопы нога опирается на наружный продольный свод, а внутренний свод служит рессорой, обеспечивающей эластичность походки. Если мышцы, поддерживающие свод стопы, ослабевают, вся нагрузка ложится на связки, которые, растягиваясь, уплощают стопу.



Отпечатки нормальной (1, 2, 3) и плоской (4) стопы

При плоскостопии нарушается опорная функция нижних конечностей, ухудшается их кровоснабжение, отчего появляются боли, а иногда и судороги в ногах. Стопа становится потливой, холодной, синюшной. Уплотнение стопы влияет на положение таза и позвоночника, что ведет к нарушению осанки. Дети, страдающие плоскостопием, при ходьбе широко размахивают руками, сильно топают, подгибают ноги в коленях и тазобедренном суставе; походка их напряженная, неуклюжая.

Развитию плоскостопия способствует заболевание рахитом, общая слабость и пониженное физическое развитие, а также излишняя тучность, при которой на стопу постоянно дей-

ствуется чрезмерная весовая нагрузка. У детей, преждевременно (до 10—12 месяцев) начинающих много стоять и передвигаться на ножках, развивается плоскостопие. Вредно сказывается на формировании стопы длительное хождение детей по твердому грунту (асфальту) в мягкой обуви без каблучка.

При плоской и даже уплощенной стопе обувь снашивается обычно быстрее, особенно внутренняя сторона подошвы и каблук. К концу дня дети часто жалуются, что обувь им тесна, хотя с утра она была им впору. Происходит это оттого, что после длительной нагрузки деформированная стопа еще более уплощается, а следовательно, удлиняется.

Виды плоскостопия.

В соответствии с причинами, из-за которых происходит уплощение стопы, плоскостопие делится на пять основных видов. У большинства встречается так называемое статическое плоскостопие.

Часто статическое плоскостопие вызывают и длительные нагрузки, связанные с профессиональной деятельностью человека: «весь день на ногах».

Для статического плоскостопия характерны следующие болевые участки:

- на подошве, в центре свода стопы и у внутреннего края пятки;
- на тыле стопы, в ее центральной части, между ладьевидной и таранной костями;
- под внутренней и наружной лодыжками;
- между головками предплюсневых костей;
- в мышцах голени из-за их перегрузки;
- в коленном и тазобедренном суставах;
- в бедре из-за перенапряжения мышц;
- в пояснице на почве компенсаторно-усиленного лордоза (прогиба).

Боли усиливаются к вечеру, ослабевают после отдыха, иногда у лодыжки появляется отечность.

Другой вид этой болезни - травматическое плоскостопие.

Как и следует из названия, этот недуг возникает в результате травмы, чаще всего переломов лодыжек, пяточной кости, костей предплюсны и плюсны. Пятка в сочетании с ладьевидной

и кубовидной костями, а также трубчатыми плюсневыми косточками напоминает арочный свод, выложенный искусным каменщиком. А теперь представьте, что на этот свод обрушилась бомба. Стоит ли говорить, как трудно потом восстановить первоначальную тонкую, кропотливую работу Создателя.

Следующий вид - *врожденное плоскостопие*. Его не следует путать с «узенькой пяткой» аристократических леди, характерной для статического плоскостопия. Причина врожденного плоскостопия иная.

У ребенка до того, как он твердо встал на ноги, то есть лет до 3-4, стопа в силу незавершенности формирования не то чтобы слабая, а просто плоская, как дощечка. Трудно оценить, насколько функциональны ее своды. Поэтому малыша надо постоянно наблюдать и, если положение не меняется, заказать ему корригирующие стельки.

Редко (в 2-3 случаях из ста) бывает так, что причиной плоскостопия является аномалия внутриутробного развития ребенка. Как правило, у таких детей находят и другие нарушения строения скелета. Лечение подобного вида плоскостопия надо начинать как можно раньше. В сложных случаях прибегают к хирургическому вмешательству.

Рахитическое плоскостопие - не врожденное, а приобретенное, образуется в результате неправильного развития скелета, вызванного дефицитом витамина D в организме и как следствие недостаточным усвоением кальция - этого «цемента» для костей. От статического плоскостопия рахитическое отличается тем, что его можно предупредить, проводя профилактику рахита (солнце, свежий воздух, гимнастика, рыбий жир).

Паралитическая плоская стопа - результат паралича мышц нижних конечностей и чаще всего последствие вялых (или периферических) параличей мышц стопы и голени, вызванных полиомиелитом или иной нейроинфекцией.

Часто человек не догадывается, что у него плоскостопие. Бывает, вначале, уже при ярко выраженной болезни, он не испытывает болей, а только жалуется на чувство утомления в ногах, проблемы при выборе обуви. Но позже боли при ходьбе становятся все ощутимее, они отдают в бедра и поясницу; икроножные мышцы напряжены, появляются натоптыши (участки

омозоления кожи), костно-рубцовые разрастания у основания большого пальца, деформация других пальцев стопы

Вопрос 5: Профилактика плоскостопия.

Для предупреждения плоскостопия рекомендуются умеренные упражнения для мышц, ног и стоп, ежедневные прохладные ножные ванны, хождение босиком. Особенно рекомендуется хождение босиком летом по рыхлой, неровной поверхности, так как при этом ребенок непроизвольно переносит тяжесть тела на наружный край стопы и поджимает пальцы, что способствует укреплению свода стопы. Для детей с нарушенной осанкой и плоскостопием в занятия по физической культуре и утреннюю гимнастику вводят специальные корригирующие упражнения.

Проведение занятий по развитию движений.

С первых месяцев жизни для развития двигательной активности игрушки подвешивают над кроваткой и раскладывают на полу манежа. Стремясь дотянуться до них, дети быстрее овладевают новыми движениями. Очень важно, чтобы одежда не стесняла движений ребенка. Дети, которые постоянно лежат в кроватях, особенно плотно завернутые, становятся вялыми, апатичными, мышцы их делаются дряблыми, развитие движений запаздывает.

Занятия по развитию движений проводятся с детьми до года индивидуально, ежедневно по 5—8 минут, а с детьми от 1 до 3 лет — не только индивидуально, но и группами по 4—5 человек:

продолжительность занятий постепенно увеличивается до 18—20 минут. Для детей 3 лет и старше проводятся специальные гимнастические упражнения, подвижные игры, утренняя гимнастика.

Нагрузка в подвижных играх и физических упражнениях должна строго дозироваться. Не рекомендуются упражнения с длительным напряжением мышц, что связано с задержкой или напряжением дыхания. Общая продолжительность занятий для детей 3—5 лет — 20 минут, для детей 6—7 лет — 25 минут.

Для большего эмоционального подъема, выработки чувства ритма и темпа физические упражнения проводят под музыку.

Гимнастические стенки, заборчики для лазания, горки, стойки для прыжков, а также мячи, обручи, флажки и прочее оборудование позволяет быстрее усвоить нужные движения, делает занятия по гимнастике более увлекательными и менее утомительными.

В теплое время года занятия по развитию движений проводят на участке. Одежда во время занятий должна быть легкой, не стесняющей движений. Во время прогулок в зимнее время дети катаются на санках, лыжах, коньках; в летнее время — на велосипедах. На участке дети выполняют определенные виды труда: сажают цветы и овощи, рыхлят землю, поливают и пропалывают грядки, перевозят и переносят песок, землю, снег и проч. Все это хорошо способствует развитию мышц и двигательных навыков, но при условии, если инвентарь, которым дети пользуются (лопаты, грабли, тачки и проч.), соответствует росту, пропорциям тела и силам ребенка. Так, например, в велосипеде расстояние от сиденья до опущенной педали должно быть равно длине голени со стопой. В среднем для детей 3—5 лет оно равно 25, для детей 6—7 лет — 30 см. При этом наиболее удобно расстояние по вертикали от руля до сиденья для детей 3—5 лет — 18, а 6—8 лет — 20 см.

Детские коньки для лучшей их устойчивости должны быть небольшой высоты и иметь широкие лезвия. Ботинки для катания на коньках должны быть низкими, на тонкой подошве, без каблука, с твердым задником и шнуровкой от самого носка. Такие ботинки обеспечивают хорошую устойчивость стопы и предупреждают ее вывихи. Шнуруются ботинки у пальцев свободно, а на подъеме туго.

Систематические физические упражнения содействуют развитию двигательного аппарата детей, повышают возбудимость мышц, темп, силу и координацию движений, мышечный тонус, общую выносливость, способствуют формированию правильной осанки. Большая активность мышц влечет за собой усиление сердечной деятельности, иными словами, тренировку сердца — органа, от работы которого зависит обеспечение всего организма питательными веществами и обмен газов.

Вот почему в настоящее время придается такое большое значение правильной организации физического воспитания детей всех возрастов.

Вопросы для повторения

1. Дайте понятие нормальной осанке.
2. Назовите причины возникновения нарушений осанки у детей.
3. Перечислите виды нарушений осанки.
4. Что такое плоскостопие?
5. Как вы считаете, нужна профилактика плоскостопия? Почему?

Тема 23: Внутренняя среда организма: кровь, тканевая жидкость. Лимфа

Вопросы:

1. Кровь.
2. Тканевая жидкость.
3. Лимфа.

Вопрос 1. Кровь

Внутренняя среда организма человека включает в себя кровь, тканевую жидкость и лимфу. Она окружает все клетки организма, через нее происходят реакции обмена веществ в органах и тканях. Кровь (за исключением кровеносных органов) непосредственно не соприкасается с клетками. Из плазмы крови, проникающей сквозь стенки капилляров, образуется тканевая жидкость, окружающая все клетки. Между клетками и тканевой жидкостью постоянно происходит обмен веществами. Часть тканевой жидкости поступает в тонкие слепо замкнутые капилляры лимфатической системы и с этого момента превращается в лимфу.

Так как во внутренней среде организма поддерживается постоянство физических и химических свойств, сохраняющееся даже при очень сильных внешних воздействиях на организм, то и все клетки организма существуют в относительно постоянных условиях. Постоянство внутренней среды организма называется гомеостазом. На постоянном уровне в организме поддерживаются состав и свойства крови и тканевой жидкости; температура

тела; параметры сердечно-сосудистой деятельности и дыхания и другое. Гомеостаз поддерживается сложнейшей координированной работой нервной и эндокринной систем.

Функции и состав крови: плазма и форменные элементы

У человека кровеносная система замкнутая, и кровь циркулирует по кровеносным сосудам. Кровь выполняет следующие функции:

1) дыхательную — переносит кислород из легких ко всем органам и тканям и выносит углекислый газ из тканей в легкие;

2) питательную — переносит питательные вещества, всосавшиеся в кишечнике, ко всем органам и тканям. Таким образом ткани снабжаются водой, аминокислотами, глюкозой, продуктами распада жиров, минеральными солями, витаминами;

3) выделительную — доставляет конечные продукты обмена веществ (мочевину, соли молочной кислоты, креатинин и др.) из тканей к местам удаления (почкам, потовым железам) или разрушения (печени);

4) терморегуляционную — переносит водой плазмы крови тепло от места его образования (скелетные мышцы, печень) к тепло-потребляющим органам (мозг, кожа и др.). В жару сосуды кожи расширяются для того, чтобы отдавать излишки тепла, и кожа краснеет. В холодную погоду сосуды кожи сокращаются, чтобы в кожу поступало меньше крови и она не отдавала бы тепло. При этом кожа синеет;

5) регуляторную — кровь может удерживать или отдавать воду тканям, регулируя тем самым содержание воды в них. Кровь регулирует также кислотно-щелочное равновесие в тканях. Кроме того, она переносит гормоны и другие физиологически активные вещества от мест их образования к органам, которые они регулируют (органам-мишеням);

6) защитную — содержащиеся в крови вещества защищают организм от потерь крови при разрушении сосудов, образуя тромб. Этим они также препятствуют проникновению в кровь болезнетворных микроорганизмов (бактерий, вирусов, простейших, грибов). Лейкоциты крови защищают организм от токсинов и болезнетворных микроорганизмов путем фагоцитоза и выработки антител.

У взрослого человека масса крови составляет приблизительно 6-8% от массы тела и равняется 5,0-5,5 литров. Часть крови циркулирует по сосудам, а около 40% ее находится в так называемых депо: сосудах кожи, селезенки и печени. При необходимости, например при высоких физических нагрузках, при кровопотерях, кровь из депо включается в циркуляцию и начинает активно выполнять свои функции. Кровь состоит на 55-60% из плазмы и на 40-45% — из форменных элементов.

Плазма — жидкая среда крови, содержащая 90-92% воды и 8-10% различных веществ. Белки плазмы (около 7%) выполняют целый ряд функций. Альбумины — удерживают в плазме воду; глобулины — основа антител; фибриноген — необходим для свертывания крови; разнообразные аминокислоты переносятся плазмой крови от кишечника ко всем тканям; ряд белков выполняет ферментативные функции и т. д. Неорганические соли (около 1%), содержащиеся в плазме, включают в себя NaCl, соли калия, кальция, фосфора, магния и др. Строго определенная концентрация хлорида натрия (0,9%) необходима для создания стабильного осмотического давления. Если поместить красные кровяные тельца — эритроциты — в среду с более низким содержанием NaCl, то они начнут поглощать воду до тех пор, пока не лопнут. При этом образуется очень красивая и яркая «лаковая кровь», не способная выполнять функции нормальной крови. Вот почему при кровопотерях нельзя вводить в кровь воду. Если же эритроциты поместить в раствор, содержащий более 0,9% NaCl, то вода будет высасываться из эритроцитов и они сморщатся. В этих случаях используют так называемый физиологический раствор, который по концентрации солей, особенно NaCl, строго соответствует плазме крови. Глюкоза содержится в плазме крови в концентрации 0,1%. Это важнейшее питательное вещество для всех тканей организма, но особенно для мозга. Если содержание глюкозы в плазме снижается приблизительно в два раза (до 0,04%), то мозг лишается источника энергии, человек теряет сознание и может быстро погибнуть. Жиров в плазме крови около 0,8%. Главным образом это питательные вещества, переносимые кровью к местам потребления.

К форменным элементам крови относятся эритроциты, лейкоциты и тромбоциты.

Эритроциты — красные кровяные тельца, которые представляют собой безъядерные клетки, имеющие форму двояковогнутого диска диаметром 7 микрон и толщиной 2 микрона. Такая форма обеспечивает эритроцитам наибольшую поверхность при наименьшем объеме и позволяет им проходить через самые мелкие кровеносные капилляры, быстро отдавая тканям кислород. Молодые эритроциты человека имеют ядро, но, созревая, теряют его. Зрелые эритроциты большинства животных имеют ядра. В одном кубическом миллиметре крови содержится около 5,5 миллионов эритроцитов. Основная роль эритроцитов — дыхательная: они доставляют ко всем тканям кислород из легких и выносят из тканей значительное количество углекислого газа. Кислород и CO_2 в эритроцитах связываются дыхательным пигментом — гемоглобином. В каждом эритроците содержится около 270 миллионов молекул гемоглобина. Гемоглобин представляет собой соединение белка — глобина — и четырех небелковых частей — гемов. Каждый гем содержит молекулу двухвалентного железа и может присоединять или отдавать молекулу кислорода. При присоединении к гемоглобину кислорода в капиллярах легких образуется нестойкое соединение — оксигемоглобин. Дойдя до капилляров тканей, эритроциты, содержащие оксигемоглобин, отдают тканям кислород, и образуется так называемый восстановленный гемоглобин, который теперь способен присоединить CO_2 .

Получившееся также нестойкое соединение HbCO_2 попав с током крови в легкие, распадается, и образовавшийся CO_2 удаляется через дыхательные пути. Надо также учитывать, что значительная часть CO_2 выносится из тканей не гемоглобином эритроцитов, а в виде аниона угольной кислоты (HCO_3^-), образующегося при растворении CO_2 в плазме крови. Из этого аниона в легких образуется CO_2 , выдыхаемый наружу. К сожалению, гемоглобин способен образовывать прочное соединение с угарным газом (CO), называемое карбоксигемоглобином. Присутствие во вдыхаемом воздухе всего 0,03% CO приводит к быстрому связыванию молекул гемоглобина, и эритроциты теряют способность переносить кислород. При этом наступает быстрая смерть от удушья.

Эритроциты способны циркулировать по кровяному руслу, выполняя свои функции, около 130 дней. Затем они разрушаются в печени и селезенке, причем небелковая часть гемоглобина — гем — многократно используется в дальнейшем при образовании новых эритроцитов. Новые эритроциты образуются в красном костном мозге губчатого вещества костей.

Лейкоциты — клетки крови, имеющие ядра. Размер лейкоцитов колеблется от 8 до 12 микрон. В одном кубическом миллиметре крови их содержится 6-8 тысяч, но это число может сильно колебаться, возрастая, например, при инфекционных заболеваниях. Такое увеличенное содержание лейкоцитов в крови называют лейкоцитозом. Некоторые лейкоциты способны к самостоятельным амебоидным движениям. Лейкоциты обеспечивают выполнение кровью ее защитных функций.

Различают 5 типов лейкоцитов: нейтрофилы, эозинофилы, базофилы, лимфоциты и моноциты. Больше всего в крови нейтрофилов — до 70% от числа всех лейкоцитов. Нейтрофилы и моноциты, активно двигаясь, опознают чужеродные белки и белковые молекулы, захватывают их и уничтожают. Этот процесс был открыт И. И. Мечниковым и назван им фагоцитозом. Нейтрофилы не только способны к фагоцитозу, но и выделяют вещества, обладающие бактерицидным эффектом, способствуя регенерации тканей, удаляя из них поврежденные и мертвые клетки. Моноциты называются макрофагами, их диаметр достигает 50 микрон. Они участвуют в процессе воспаления и формирования иммунного ответа и не только уничтожают болезнетворные бактерии и простейшие, но также способны разрушать раковые клетки, старые и поврежденные клетки нашего организма.

Эозинофилы обеспечивают защиту организма от паразитарных инфекций при заражении гельминтами (глистами). Они выделяют также вещества, уменьшающие аллергическую реакцию у человека. Базофилы выделяют гистамин — вещество, укорачивающее время кровотечения; гепарин — основной противосвертывающий фактор, препятствующий тромбозу сосудов. Кроме того, базофилы выделяют вещества, ускоряющие прорастание в тканях новых капилляров.

Лимфоциты играют важнейшую роль в формировании и поддержании иммунного ответа. Они способны опознать чуже-

родные тела (антигены) по их поверхности и выработать специфические белковые молекулы (антитела), связывающие эти чужеродные агенты. Они способны также запоминать структуру антигенов, так что при повторном внедрении этих агентов в организм иммунный ответ возникает очень быстро, антител образуется больше и заболевание может и не развиться. Первыми реагируют на попадание в кровь антигенов так называемые В-лимфоциты, которые сразу начинают вырабатывать специфические антитела. Часть В-лимфоцитов превращается в В-клетки памяти, которые существуют в крови очень долго и способны к размножению. Они запоминают структуру антигена и хранят эту информацию годами. Другой вид лимфоцитов, Т-лимфоциты, регулирует работу всех других клеток, ответственных за иммунитет. Среди них также есть клетки иммунной памяти. Лейкоциты образуются в красном костном мозге и лимфатических узлах, а разрушаются в селезенке.

Тромбоциты — очень мелкие безъядерные клетки. Число их достигает 200-300 тысяч в одном кубическом миллиметре крови. Они образуются в красном костном мозге, циркулируют в кровяном русле 5-11 дней, а затем разрушаются в печени и селезенке. При повреждении сосуда тромбоциты выделяют вещества, необходимые для свертывания крови, способствуя образованию тромба и прекращению кровотечения.

Группы крови

Проблема переливания крови возникла очень давно. Еще древние греки пытались спасти истекающих кровью раненых воинов, давая им пить теплую кровь животных. Но большой пользы от этого быть не могло. В начале XIX столетия были сделаны первые попытки по переливанию крови непосредственно от одного человека другому, однако при этом наблюдалось очень большое число осложнений: эритроциты после переливания крови склеивались, разрушались, что приводило к гибели человека. В начале XX столетия К. Ландштейнер и Я. Янский создали учение о группах крови, позволяющее безошибочно и безопасно возмещать кровопотерю у одного человека (реципиента) кровью другого (донора).

Выяснилось, что в мембранах эритроцитов содержатся особые вещества, обладающие антигенными свойствами, — аг-

глютиногены. С ними могут реагировать растворенные в плазме специфические антитела, относящиеся к фракции глобулинов, — агглютинины. При реакции антиген — антитело между несколькими эритроцитами образуются мостики, и они слипаются.

Наиболее распространена система подразделения крови на 4 группы. Если агглютинин α после переливания встретится с агглютиногеном А, то произойдет склеивание эритроцитов. То же самое происходит при встрече В и β . В настоящее время показано, что донору можно переливать только кровь его группы, хотя совсем недавно считали, что при небольших объемах переливания агглютинины плазмы донора сильно разводятся и теряют способность склеивать эритроциты реципиента. Людям с I (0) группой крови можно переливать любую кровь, так как их эритроциты не слипаются. Поэтому таких людей называют универсальными донорами. Людям с IV (AB) группой крови можно переливать небольшие количества любой крови — это универсальные реципиенты. Однако лучше так не делать.

Более 40% европейцев имеют II (A) группу крови, 40% — I (0), 10% — III (B) и 6% — IV (AB). А вот 90% индейцев Америки имеют I (0) группу крови.

Свертывание крови

Свертывание крови — это важнейшая защитная реакция, предохраняющая организм от кровопотерь. Кровотечение возникает чаще всего при механическом разрушении кровеносных сосудов. Для взрослого мужчины условно смертельной считается кровопотеря объемом приблизительно 1,5-2,0 литра, женщины же могут переносить потерю даже 2,5 литров крови. Для того чтобы избежать кровопотери, кровь в месте повреждения сосуда должна быстро свернуться, образовав тромб. Тромб формируется при полимеризации нерастворимого белка плазмы — фибрина, который, в свою очередь, образуется из растворимого белка плазмы — фибриногена. Процесс свертывания крови очень сложен, включает в себя множество этапов, катализируется многими ферментами. Он контролируется и нервным, и гуморальным путем. Упрощенно процесс свертывания крови можно изобразить следующим образом.

Известны заболевания, при которых в организме не хватает того или иного фактора, необходимого для свертывания кро-

ви. Пример такого заболевания — гемофилия. Свертывание также замедляется в том случае, когда в пище не хватает витамина К, необходимого для синтеза некоторых белковых факторов свертывания печени. Так как образование тромбов в просветах неповрежденных сосудов, приводящее к инсультам и инфарктам, смертельно опасно, то в организме существует особая противосвертывающая система, защищающая организм от тромбозов сосудов.

Вопрос 2. Тканевая жидкость

Тканевая жидкость — промежуточная жидкая среда, заполняющая межклеточные пространства всех тканей. Некоторые исследователи относят к тканевой жидкости цереброспинальную жидкость, водянистую влагу, заполняющую переднюю и заднюю камеры глаза, и другое. Общее количество тканевой жидкости в организме человека составляет 23—29% веса (массы) тела.

Тканевая жидкость образуется из плазмы крови под действием градиента осмотического и гидростатического давления крови в капиллярах, стенки которых обладают высокой проницаемостью. По химическому составу она близка к плазме крови, от которой отличается меньшим содержанием белка (около 1,5 г в 100 мл), и включает питательные вещества, необходимые клеткам, а также продукты тканевого обмена. Состав тканевой жидкости постоянно обновляется за счет поступления жидкости из плазмы крови капилляров в межклеточное пространство и в обратном направлении — в посткапилляры и вены. Однако в целом химический состав и биологические свойства тканевой жидкости относительно постоянны, причем тканевая жидкость отдельных органов в соответствии с их морфофункциональными особенностями отличается некоторой специфичностью.

В регуляции количества тканевой жидкости важную роль играют гистогематические барьеры, а в поддержании на определенном уровне осмотического и ионного гомеостаза внутренней среды организма — межклеточное вещество соединительной ткани.

При поступлении в лимфатические, капилляры тканевая жидкость превращается в лимфу.

Вопрос 3 Лимфа

Избыток тканевой жидкости поступает в слепо замкнутые лимфатические капилляры и превращается в лимфу. По своему составу лимфа похожа на плазму крови, но в ней гораздо меньше белков. Функции лимфы, так же как и крови, направлены на поддержание гомеостаза. С помощью лимфы происходит возврат белков из межклеточной жидкости в кровь. В лимфе много лимфоцитов и макрофагов, и она играет большую роль в реакциях иммунитета. Кроме того, происходит всасывание в лимфу продуктов переваривания жиров в ворсинках тонкого кишечника.

Стенки лимфатических сосудов очень тонкие, на них имеются складки, образующие клапаны, благодаря которым лимфа движется по сосуду только в одном направлении. В местах слияния нескольких лимфатических сосудов располагаются лимфатические узлы, выполняющие защитную функцию: в них задерживаются и уничтожаются болезнетворные бактерии и т. п. Самые крупные лимфатические узлы расположены на шее, в паху, в подмышечных областях.

Иммунитет

Иммунитет — это способность организма защищаться от инфекционных агентов (бактерий, вирусов, и т. д.) и чужеродных веществ (токсинов и т. п.). Если чужеродный агент проник через защитные барьеры кожи или слизистых оболочек и попал в кровь или лимфу, он должен быть уничтожен путем связывания антителами и (или) поглощения фагоцитами (макрофагами, нейтрофилами).

Иммунитет можно подразделить на несколько видов: 1. Естественный – врожденный и приобретенный 2. Искусственный – активный и пассивный.

Естественный врожденный иммунитет передается организму с генетическим материалом от предков. Естественный приобретенный иммунитет возникает в том случае, когда организм сам выработал антитела к какому-либо антигену, например, переболев корью, оспой и т. д., и сохранил память о структуре этого антигена. Искусственный активный иммунитет возникает в тех случаях, когда человеку вводят ослабленные бактерии или другие возбудители (вакцину) и это приводит к выра-

ботке антител. Искусственный пассивный иммунитет появляется при введении человеку сыворотки — готовых антител от переболевшего животного или другого человека. Этот иммунитет самый нестойкий и сохраняется всего несколько недель.

Тема 24: Бактерии и вирусы как причины инфекционных заболеваний

Вопросы:

1. Бактерии.
2. Вирусы.
3. Передача микробов.
4. Болезни.

Вопрос 1. Бактерии

Бактерии — домен (надцарство) прокариотных (безъядерных) микроорганизмов, чаще всего одноклеточных. К настоящему времени описано около десяти тысяч видов бактерий и предполагается, что их существует свыше миллиона, однако само применение понятия вида к бактериям сопряжено с рядом трудностей.

Изучением бактерий занимается раздел микробиологии — бактериология.

До конца 1970-х годов термин **«бактерия»** был синонимом прокариотов, но в 1977 году на основании данных молекулярной биологии прокариоты были разделены на домены археобактерий и эубактерий. Впоследствии, чтобы подчеркнуть различия между ними, они были переименованы вархей и бактерий соответственно. Хотя до сих пор под бактериями часто понимают всех прокариотов, в данной статье описаны лишь эубактерии. Однако, эти две группы схожи, и многие положения статьи справедливы также для архей — в подобных случаях используется термин «прокариоты» или сочетание «бактерии и археи».

В экологических и микробиоценологических исследованиях под бактериями часто понимают лишь нефотосинтезирующие немитохондриальные прокариоты, противопоставляя их по функциям актиномицетам и цианобактериям.

История изучения

Впервые бактерии увидел в оптический микроскоп и описал в 1676 году голландский натуралист Антони ван Левенгук. Как и всех микроскопических существ, он назвал их «анималькули».

Название «бактерии» ввёл в употребление в 1828 году Христиан Эренберг.

В 1850-х годах Луи Пастер положил начало изучению физиологии и метаболизма бактерий, а также открыл их болезнетворные свойства.

Дальнейшее развитие медицинская микробиология получила в трудах Роберта Коха, которым были сформулированы общие принципы определения возбудителя болезни (постулаты Коха). В 1905 году он был удостоен Нобелевской премии за исследования туберкулёза.

Основы общей микробиологии и изучения роли бактерий в природе заложили М. В. Бейеринк и С. Н. Виноградский.

Изучение строения бактериальной клетки началось с изобретением электронного микроскопа в 1930-е. В 1937 году Э. Чаттон предложил делить все организмы по типу клеточного строения на прокариот и эукариот, и в 1961 году Стейниер и Ван Ниль окончательно оформили это разделение. Развитие молекулярной биологии привело к открытию в 1977 году К. Вёзе коренных различий и среди самих прокариот: между бактериями и археями.

Строение

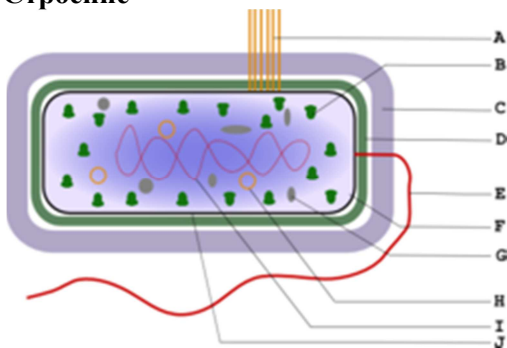


Схема строения грамположительной бактерии:

А — пили, В — рибосомы, С — капсула, D — слой пептидогликана, Е — жгутик, F — цитозоль, G — запасные вещества, H — плазида, I — нуклеоид, J — цитоплазматическая мембрана

подавляющее большинство бактерий (за исключением актиномицетов и нитчатых цианобактерий) одноклеточны. По форме клеток они могут быть округлыми (кокки), палочковидными (бациллы, клостридии, псевдомонады), извитыми (вибрионы, спириллы, спирохеты), реже — звёздчатыми, тетраэдрическими, кубическими, С- или О-образными. Формой определяются такие способности бактерий, как прикрепление к поверхности, подвижность, поглощение питательных веществ. Отмечено, например, что олиготрофы, то есть бактерии, живущие при низком содержании питательных веществ в среде, стремятся увеличить отношение поверхности к объёму, например, с помощью образования выростов (т. н. простек).

Из обязательных клеточных структур выделяют три:

- нуклеоид
- рибосомы
- цитоплазматическая мембрана (ЦПМ)

С внешней стороны от ЦПМ находятся несколько слоёв (клеточная стенка, капсула, слизистый чехол), называемых клеточной оболочкой, а также поверхностные структуры (жгутики, ворсинки). ЦПМ и цитоплазму объединяют вместе в понятие протопласт.

Строение протопласта

ЦПМ ограничивает содержимое клетки (цитоплазму) от внешней среды. Гомогенная фракция цитоплазмы, содержащая набор растворимых РНК, белков, продуктов и субстратов метаболических реакций, названа цитозолем. Другая часть цитоплазмы представлена различными структурными элементами.

Одним из основных отличий клетки бактерий от клетки эукариот является отсутствие ядерной мембраны и, строго говоря, отсутствие вообще внутрицитоплазматических мембран, не являющихся производными ЦПМ. Однако у разных групп прокариот (особенно часто у грамположительных бактерий) имеются локальные впячивания ЦПМ, выполняющие в клетке разно-

образные функции и разделяющие её на функционально различные части. У многих фотосинтезирующих бактерий существует развитая сеть производных от ЦПМ фотосинтетических мембран. У пурпурных бактерий они сохранили связь с ЦПМ, легко обнаруживаемую на срезах под электронным микроскопом, у цианобактерий эта связь либо трудно обнаруживается, либо утрачена в процессе эволюции. В зависимости от условий и возраста культуры фотосинтетические мембраны образуют различные структуры — везикулы, хроматофоры, тилакоиды.

Вся необходимая для жизнедеятельности бактерий генетическая информация содержится в одной ДНК (бактериальная хромосома), чаще всего имеющей форму ковалентно замкнутого кольца (линейные хромосомы обнаружены у *Streptomyces* и *Borrelia*). Она в одной точке прикреплена к ЦПМ и помещается в структуре, обособленной, но не отделённой мембраной от цитоплазмы, и называемой нуклеоид. ДНК в развёрнутом состоянии имеет длину более 1 мм. Бактериальная хромосома представлена обычно в единственном экземпляре, то есть практически все прокариоты гаплоидны, хотя в определённых условиях одна клетка может содержать несколько копий своей хромосомы, а *Burkholderia seracida* имеет три разных кольцевых хромосомы (длиной 3,6; 3,2 и 1,1 млн пар нуклеотидов). Рибосомы прокариот также отличны от таковых у эукариот и имеют константу седиментации 70 S (80 S у эукариот).

Помимо этих структур, в цитоплазме также могут находиться включения запасных веществ.

Клеточная оболочка и поверхностные структуры

Клеточная стенка — важный структурный элемент бактериальной клетки, однако необязательный. Искусственным путём были получены формы с частично или полностью отсутствующей клеточной стенкой (L-формы), которые могли существовать в благоприятных условиях, однако иногда утрачивали способность к делению. Известна также группа природных не содержащих клеточной стенки бактерий — микоплазм.

У бактерий существует два основных типа строения клеточной стенки, свойственных грамположительным и грамотрицательным видам.

Клеточная стенка грамположительных бактерий представляет собой гомогенный слой толщиной 20—80 нм, построенный в основном из пептидогликана с меньшим количеством тейхоевых кислот и небольшим количеством полисахаридов, белков и липидов (так называемый липополисахарид). В клеточной стенке имеются поры диаметром 1—6 нм, которые делают её проницаемой для ряда молекул.

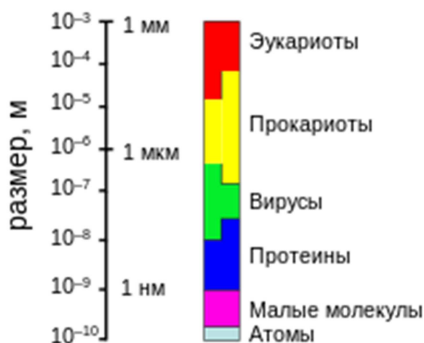
У грамотрицательных бактерий пептидогликановый слой неплотно прилегает к ЦПМ и имеет толщину лишь 2—3 нм. Он окружён наружной мембраной, имеющей, как правило, неровную, искривлённую форму. Между ЦПМ, слоем пептидогликана и внешней мембраной имеется пространство, называемое периплазматическим, и заполненное раствором, включающим в себя транспортные белки и ферменты.

С внешней стороны от клеточной стенки может находиться капсула — аморфный слой, сохраняющий связь со стенкой. Слизистые слои не имеют связи с клеткой и легко отделяются, чехлы же не аморфны, а имеют тонкую структуру. Однако между этими тремя идеализированными случаями есть множество переходных форм.

Бактериальных жгутиков может быть от 0 до 1000. Возможны как варианты расположения одного жгутика у одного полюса (монополярный монотрих), пучка жгутиков у одного (монополярный перитрих или лофотрихальное жгутикование) или двух полюсов (биполярный перитрих или амфитрихальное жгутикование), так и многочисленные жгутики по всей поверхности клетки (перитрих). Толщина жгутика составляет 10—20 нм, длина — 3—15 мкм. Его вращение осуществляется против часовой стрелки с частотой 40—60 об/с.

Помимо жгутиков, среди поверхностных структур бактерий необходимо назвать ворсинки. Они тоньше жгутиков (диаметр 5—10 нм, длина до 2 мкм) и необходимы для прикрепления бактерии к субстрату, принимают участие в транспорте метаболитов, а особые ворсинки — F-пили, нитевидные образования, более тонкие и короткие (3—10 нм × 0,3—10 мкм), чем жгутики, — необходимы клетке-донору для передачи реципиенту ДНК при конъюгации.

Размеры



Шкала относительных размеров эукариот, прокариот, вирусов, протеинов, молекул и атомов.

Размеры бактерий в среднем составляют 0,5—5 мкм. *Escherichia coli*, например, имеет размеры 0,3—1 на 1—6 мкм, *Staphylococcus aureus* — диаметр 0,5—1 мкм, *Bacillus subtilis* — 0,75 на 2—3 мкм. Крупнейшей из известных бактерий является *Thiomargarita namibiensis*, достигающая размера в 750 мкм (0,75 мм). Второй является *Epulopiscium fishelsoni*, имеющая диаметр 80 мкм и длину до 700 мкм и обитающая в пищеварительном тракте хирурговой рыбы *Acanthurus nigrofusus*. *Achromatium oxaliferum* достигает размеров 33 на 100 мкм, *Beggiatoa alba* — 10 на 50 мкм. Спирохеты могут вырастать в длину до 250 мкм при толщине 0,7 мкм. В то же время к бактериям относятся самые мелкие из имеющих клеточное строение организмов. *Mycoplasma mycoides* имеет размеры 0,1—0,25 мкм, что соответствует размеру крупных вирусов, например, табачной мозаики, коревой оспы или гриппа. По теоретическим подсчётам, сферическая клетка диаметром менее 0,15—0,20 мкм становится неспособной к самостоятельному воспроизведению, поскольку в ней физически не могут поместиться все необходимые биополимеры и структуры в достаточном количестве.

При линейном увеличении радиуса клетки её поверхность возрастает пропорционально квадрату радиуса, а объём — пропорционально кубу, поэтому у мелких организмов отношение

поверхности к объёму выше, чем у более крупных, что означает для первых более активный обмен веществ с окружающей средой. Метаболическая активность, измеренная по разным показателям, на единицу биомассы у мелких форм выше, чем у крупных. Поэтому небольшие даже для микроорганизмов размеры дают бактериям и археям преимущества в скорости роста и размножения по сравнению с более сложноорганизованными эукариотами и определяют их важную экологическую роль.

Многоклеточность у бактерий



Многоклеточная нитчатая цианобактерия *Anabaena flosaquaе*

Одноклеточные формы способны осуществлять все функции, присущие организму, независимо от соседних клеток. Многие одноклеточные прокариоты склонны к образованию клеточных агрегатов, часто скреплённых выделяемой ими слизью, эти агрегаты получили название биоплёнки. Чаще всего это лишь случайное объединение отдельных организмов, но в ряде случаев временное объединение связано с осуществлением определённой функции, например, формирование плодовых тел миксобактериями делает возможным развитие цист, при том что единичные клетки не способны их образовывать. Подобные явления наряду с образованием одноклеточными эубактериями морфологически и функционально дифференцированных клеток — необходимые предпосылки для возникновения у них истинной многоклеточности.

Многоклеточный организм должен отвечать следующим условиям:

- его клетки должны быть агрегированы,

- между клетками должно осуществляться разделение функций,

- между агрегированными клетками должны устанавливаться устойчивые специфические контакты.

Многоклеточность у прокариот известна, наиболее высокоорганизованные многоклеточные организмы принадлежат к группам цианобактерий и актиномицетов. У нитчатых цианобактерий описаны структуры в клеточной стенке, обеспечивающие контакт двух соседних клеток — микроплазмодесмы. Показана возможность обмена между клетками веществом (красителем) и энергией (электрической составляющей трансмембранного потенциала). Некоторые из нитчатых цианобактерий содержат помимо обычных вегетативных клеток функционально дифференцированные: акинеты и гетероцисты. Последние осуществляют фиксацию азота и интенсивно обмениваются метаболитами с вегетативными клетками.

Способы передвижения и раздражимость

Многие бактерии подвижны. Имеется несколько принципиально различных типов движения бактерий. Наиболее распространено движение при помощи жгутиков: одиночных бактерий и бактериальных ассоциаций (роение). Частным случаем этого также является движение спиروهет, которые извиваются благодаря аксиальным нитям, близким по строению к жгутикам, но расположенным в периплазме. Другим типом движения является скольжение бактерий, не имеющих жгутиков, по поверхности твёрдых сред и движение в воде безжгутиковых бактерий рода *Synechococcus*^[1]. Его механизм пока недостаточно изучен; предполагается участие в нём выделения слизи (проталкивание клетки) и находящихся в клеточной стенке фибриллярных нитей, вызывающих «бегущую волну» по поверхности клетки. Наконец, бактерии могут всплывать и погружаться в жидкости, меняя свою плотность, наполняя газом или опустошая аэросомы.

Бактерии активно передвигаются в направлении, определяемом теми или иными раздражителями. Это явление получило название таксис. Различают хемотаксис, аэротаксис, фототаксис и др.

Метаболизм

Конструктивный метаболизм

За исключением некоторых специфических моментов биохимические пути, по которым осуществляется синтез белков, жиров, углеводов и нуклеотидов, у бактерий схожи с таковыми у других организмов. Однако по числу возможных вариантов этих путей и, соответственно, по степени зависимости от поступления органических веществ извне они различаются.

Часть из них может синтезировать все необходимые им органические молекулы из неорганических соединений (автотрофы), другие же требуют готовых органических соединений, которые они способны лишь трансформировать (гетеротрофы).

Наибольшей степенью гетеротрофности отличаются внутриклеточные паразиты. Если при этом они способны существовать на богатых искусственных средах, они называются факультативными (факультативными иногда также называют паразитов, способных продельвать весь свой жизненный цикл во внешней среде, без участия хозяина). Некоторые облигатные (обязательные) внутриклеточные паразиты утратили часть путей биосинтеза и получают многие органические вещества, вплоть до АТФ, из клеток хозяина. Велика степень зависимости от хозяев также многих бактерий-эндосимбионтов. Большинство бактерий принадлежит к сапрофитам: они не питаются непосредственно веществами других организмов, но используют синтезированные ими органические вещества после их смерти. Существует также ряд бактерий, требующих наличия в среде небольшого круга определённых органических веществ (аминокислот, витаминов), которых они не могут синтезировать самостоятельно и, наконец, гетеротрофы, которые нуждаются лишь в одном довольно низкомолекулярном источнике углерода (сахар, спирт, кислота). Некоторые из них отличаются высокой специализацией (*Bacillus fastidiosus* может использовать только мочевую кислоту), другие в качестве единственного источника углерода и энергии могут использовать сотни различных соединений (многие *Pseudomonas*).

Удовлетворять потребности в азоте бактерии могут как за счёт его органических соединений (подобно гетеротрофным зу-

кариотам), так и за счёт молекулярного азота (как и некоторые археи). Большинство бактерий используют для синтеза аминокислот и других азотсодержащих органических веществ неорганические соединения азота: аммиак (поступающий в клетки в виде ионов аммония), нитриты и нитраты (которые предварительно восстанавливаются до ионов аммония). Фосфорони способны усваивать в виде фосфата, серу — в виде сульфата или реже сульфида.

Энергетический метаболизм

Способы же получения энергии у бактерий отличаются своеобразием. Существует три вида получения энергии (и все три известны у бактерий): брожение, дыхание и фотосинтез.

Брожение — серия окислительно-восстановительных реакций, в ходе которых образуются нестабильные молекулы, с которых остаток фосфорной кислоты переносится на АДФ с образованием АТФ (субстратное фосфорилирование). При этом возможно внутримолекулярное окисление и восстановление.

Дыхание — окисление восстановленных соединений с переносом электрона через локализованную в мембране дыхательную электронтранспортную цепь, создающую трансмембранный градиент протонов, при использовании которого синтезируется АТФ (окислительное фосфорилирование). В то время как эукариоты в конечном итоге почти всегда «сбрасывают» электрон на кислород (лишь в редких случаях акцептором электронов могут служить нитраты), бактерии могут использовать вместо него окисленные органические и минеральные соединения (фумарат, углекислый газ, сульфат-анион, нитрат-анион и др.; см. анаэробное дыхание), а вместо окисляемого органического субстрата использовать минеральный (водород, аммиак, сероводород и др.), что часто бывает сопряжено с автотрофной фиксацией CO_2 (см. хемосинтез).

Фотосинтез бактерий может быть двух типов — бескислородный, с использованием бактериохлорофилла (зелёные, пурпурные и гелиобактерии) и кислородный с использованием хлорофилла (цианобактерии (хлорофилл а), прохлорофиты (а и в)). Цианобактерии, глаукоцистофитовые, красные и криптофитовые водоросли — единственные фотосинтезирующие организмы, содержащие фикобилипротеины. У архей встречается

бесхлорофилльный фотосинтез с участием бактериородопсина (правда, энергия света используется при этом не для фиксации CO_2 , а непосредственно для синтеза АТФ, так что в строгом смысле это не фотосинтез, а фотофосфорилирование).

Бактерии, осуществляющие только бескислородный фотосинтез, не имеют фотосистемы II. Во-первых, это пурпурные и зелёные нитчатые бактерии, у которых функционирует только циклический путь переноса электронов, направленный на создание трансмембранного протонного градиента, за счёт которого синтезируется АТФ (фотофосфорилирование), а также восстанавливается НАД(Ф)⁺, использующийся для ассимиляции CO_2 . Во-вторых, это зелёные серные и гелиобактерии, имеющие и циклический, и нециклический транспорт электронов, что делает возможным прямое восстановление НАД(Ф)⁺. В качестве донора электрона, заполняющего «вакансию» в молекуле пигмента в бескислородном фотосинтезе используются восстановленные соединения серы (молекулярная, сероводород, сульфит) или молекулярный водород.

Существуют также бактерии с весьма специфическим энергетическим метаболизмом. Так, в октябре 2008 года в журнале Science появилось сообщение^[2] об обнаружении экосистемы, состоящей из представителей одного единственного ранее неизвестного вида бактерии — *Desulforudis audaxviator*, которые получают энергию для своей жизнедеятельности из химических реакций с участием водорода, образующегося в результате распада молекул воды под воздействием радиации залегающих вблизи нахождения колонии бактерий урановых руд^[3]. Некоторые колонии бактерий, обитающие на дне океана, используют для передачи энергии своим собратьям электрический ток.

Типы жизни

Объединить типы конструктивного и энергетического метаболизма можно в следующей таблице:

Способы существования живых организмов (матрица Львова)				
Источник энергии	Донор электрона	Источник углерода	Название способа существования	Представители
ОВР	Неорганические соединения	Углекислый газ	Хемолитоавтотрофия	Нитрифицирующие, тионовые, ацидофильные железобактерии
		Органические соединения	Хемолитогетеротрофия	Метанообразующие архебактерии, водородные бактерии
	Органические вещества	Углекислый газ	Хемоорганавтотрофия	Факультативные метилотрофы, окисляющие муравьиную кислоту бактерии
		Органические соединения	Хемоорганогетеротрофия	Большинство прокариот, изэукариот: животные, грибы, человек
Свет	Неорганические соединения	Углекислый газ	Фотолитоавтотрофия	Цианобактерии, пурпурные, зелёные бактерии, изэукариот: растения
		Органические соединения	Фотолитогетеротрофия	Некоторые цианобактерии, пурпурные, зелёные бактерии
	Органические вещества	Углекислый газ	Фотоорганавтотрофия	Некоторые пурпурные бактерии
		Органические вещества	Фотоорганогетеротрофия	Галобактерии, некоторые цианобактерии, пурпурные, зелёные бактерии

Из таблицы видно, что разнообразие типов питания прокариот гораздо больше, чем у эукариот (последние способны лишь к хемоорганогетеротрофии и фотолитоавтотрофии).

Размножение и устройство генетического аппарата

Размножение бактерий

Некоторые бактерии не имеют полового процесса и размножаются лишь равновеликим бинарным поперечным делением или почкованием. Для одной группы одноклеточных цианобактерий описано множественное деление (ряд быстрых последовательных бинарных делений, приводящий к образованию от 4 до 1024 новых клеток). Для обеспечения необходимой для эволюции и приспособления к изменчивой окружающей среде пластичности генотипа у них существуют иные механизмы.

При делении большинство грамположительных бактерий и нитчатых цианобактерий синтезируют поперечную перегородку от периферии к центру при участии мезосом. Грамотрицательные бактерии делятся путём перетяжки: на месте деления обнаруживается постепенно увеличивающееся искривление ЦПМ и клеточной стенки внутрь. При почковании на одном из полюсов материнской клетки формируется и растёт почка, материнская клетка проявляет признаки старения и обычно не может дать более 4 дочерних. Почкование имеется у разных групп бактерий и, предположительно, возникало несколько раз в процессе эволюции.

У других бактерий кроме размножения наблюдается половой процесс, но в самой примитивной форме. Половой процесс бактерий отличается от полового процесса эукариот тем, что у бактерий не образуются гаметы и не происходит слияния клеток. Однако главнейшее событие полового процесса, а именно обмен генетическим материалом, происходит и в этом случае. Это называется генетической рекомбинацией. Часть ДНК (очень редко вся ДНК) клетки-донора переносится в клетку-реципиент, ДНК которой генетически отличается от ДНК донора. При этом перенесённая ДНК замещает часть ДНК реципиента. В процессе замещения ДНК участвуют ферменты, расщепляющие и вновь соединяющие цепи ДНК. При этом образуется ДНК, которая содержит гены обеих родительских клеток. Такую ДНК называют рекомбинантной. У потомства, или рекомбинан-

тов, наблюдается заметное разнообразие признаков, вызванное смещением генов. Такое разнообразие признаков очень важно для эволюции и является главным преимуществом полового процесса.

Известны 3 способа получения рекомбинантов. Это — в порядке их открытия — трансформация, конъюгация и трансдукция.

Генетический аппарат

Гены, необходимые для жизнедеятельности и определяющие видовую специфичность, расположены у бактерий чаще всего в единственной ковалентно замкнутой молекуле ДНК — хромосоме (иногда для обозначения бактериальных хромосом, чтобы подчеркнуть их отличия от эукариотических, используют термин генофор (англ. *genophore*)). Область, где локализована хромосома, называется нуклеоид и не окружена мембраной. В связи с этим новосинтезированная мРНК сразу доступна для связывания с рибосомами, а транскрипция и трансляция сопряжены.

Отдельная клетка может содержать лишь 80 % от суммы генов, имеющих во всех штаммах её вида (т. н. «коллективный геном»).

Помимо хромосомы, в клетках бактерий часто находятся плазмиды — также замкнутые в кольцо ДНК, способные к независимой репликации. Они могут быть настолько велики, что становятся неотличимы от хромосомы, но содержат дополнительные гены, необходимые лишь в специфических условиях. Специальные механизмы распределения обеспечивают сохранение плазмиды в дочерних клетках так что они теряются с частотой менее 10^{-7} в пересчёте на клеточный цикл. Специфичность плазмид может быть весьма разнообразной: от присутствия лишь у одного вида-хозяина до плазмиды RP4, встречающейся почти у всех грамотрицательных бактерий. В плазидах кодируются механизмы устойчивости к антибиотикам, разрушения специфических веществ и т. д., *nit*-гены, необходимые для азотфиксации также находятся в плазидах. Ген плазмиды может включаться в хромосому с частотой около 10^{-4} — 10^{-7} .

В ДНК бактерий, как и в ДНК других организмов, выделяются транспозоны — мобильные сегменты, способные перемещаться из одной части хромосомы к другой, или во внехромосомные ДНК. В отличие от плазмид, они неспособны к авто-

номной репликации и содержат IS-сегменты — участки, которые кодируют свой перенос внутри клетки. IS-сегмент может выступать в роли отдельной транспозоны.

Горизонтальный перенос генов

У прокариот может происходить частичное объединение геномов. При конъюгации клетка-донор в ходе непосредственного контакта передаёт клетке-реципиенту часть своего генома (в некоторых случаях весь). Участки ДНК донора могут обмениваться на гомологичные участки ДНК реципиента. Вероятность такого обмена значима только для бактерий одного вида.

Аналогично бактериальная клетка может поглощать и свободно находящуюся в среде ДНК, включая её в свой геном в случае высокой степени гомологии с собственной ДНК. Данный процесс носит название трансформация. В природных условиях протекает обмен генетической информацией при помощи умеренных фагов (трандукция). Кроме этого, возможен перенос нехромосомных генов при помощи плазмид определённого типа, кодирующих этот процесс, процесс обмена другими плазмидами и передачи транспозон.

При горизонтальном переносе новых генов не образуется (как то имеет место при мутациях), однако осуществляется создание разных генных сочетаний. Это важно по той причине, что естественный отбор действует на всю совокупность признаков организма.

Клеточная дифференциация

Клеточная дифференциация — изменение набора белков (обычно также проявляющееся в изменении морфологии) при неизменном генотипе.

Образование покоящихся форм



Расположение эндоспор: 1, 4 — центральное, 2, 3, 5 — терминальное, 6 — латеральное.

Образование особо устойчивых форм с замедленным метаболизмом, служащих для сохранения в неблагоприятных условиях и распространения (реже для размножения) является наиболее распространённым видом дифференциации у бактерий. Наиболее устойчивыми из них являются эндоспоры, формируемые представителями *Bacillus*, *Clostridium*, *Sporohalobacter*, *Anaerobacter* (образует 7 эндоспор из одной клетки и может размножаться с их помощью^[6]) и *Heliobacterium*. Образование этих структур начинается как обычное деление и на первых стадиях может быть превращено в него некоторыми антибиотиками. Эндоспоры многих бактерий способны выдерживать 10-минутное кипячение при 100 °С, высушивание в течение 1000 лет и, по некоторым данным, сохраняются в почвах и горных породах в жизнеспособном состоянии миллионы лет.

Менее устойчивыми являются экзоспоры, цисты (*Azotobacter*, скользящие бактерии и др.), акинеты (цианобактерии) и миксоспоры (миксобактерии).

Другие типы морфологически дифференцированных клеток

Актиномицеты и цианобактерии образуют дифференцированные клетки, служащие для размножения (споры, а также гормогонии и бaeоциты соответственно). Необходимо также отметить структуры, подобные бактериодам клубеньковых бактерий и гетероцистам цианобактерий, служащие для защиты нитрогеназы от воздействия молекулярного кислорода.

Классификация

Наибольшую известность получила фенотипическая классификация бактерий, основанная на строении их клеточной стенки, включённая, в частности, в IX издание Определителя бактерий Берджи (1984—1987). Крупнейшими таксономическими группами в ней стали 4 отдела: *Gracilicutes* (грамотрицательные), *Firmicutes* (грамположительные), *Tenericutes* (микоплазмы) и *Mendosicutes* (археи).

В последнее время всё большее развитие получает филогенетическая классификация бактерий (и именно она используется в Википедии), основанная на данных молекулярной биологии. Одним из первых методов оценки родства по сходству ге-

нома был предложенный ещё в 1960-х годах метод сравнения содержания гуанина и цитозина в ДНК. Хотя одинаковые значения их содержания и не могут дать никакой информации об эволюционной близости организмов, их различия на 10 % означают, что бактерии не принадлежат к одному роду. Другим методом, произведшим в 1970-е настоящую революцию в микробиологии, стал анализ последовательности генов в 16s рРНК, который позволил выделить несколько филогенетических ветвей зубактерий и оценить связи между ними. Для классификации на уровне вида применяется метод ДНК-ДНК гибридизации. Анализ выборки хорошо изученных видов позволяет считать, что 70 % уровень гибридизации характеризует один вид, 10—60 % — один род, менее 10 % — разные рода.

Филогенетическая классификация отчасти повторяет фенотипическую, так, группа *Gracilicutes* присутствует и в той и в другой. В то же время систематика грамтрицательных бактерий была полностью пересмотрена, архебактерии и вовсе выделены в самостоятельный таксон высшего ранга, часть таксономических групп разбита на части и перегруппирована, в одни группы объединены организмы с совершенно разными экологическими функциями, что вызывает ряд неудобств и недовольство части научного сообщества. Объектом нареканий становится и то, что проводится фактически классификация молекул, а не организмов.

Происхождение, эволюция, место в развитии жизни на Земле

Бактерии наряду с археями были одними из первых живых организмов на Земле, появившись около 3,9—3,5 млрд лет назад. Эволюционные взаимоотношения между этими группами ещё до конца не изучены, есть как минимум три основные гипотезы: Н. Пэйс предполагает наличие у них общего предка протобактерии, Заварзин считает архей тупиковой ветвью эволюции зубактерий, освоившей экстремальные местообитания; наконец, по третьей гипотезе археи— первые живые организмы, от которых произошли бактерии. Эукариоты возникли в результате симбиогенеза из бактериальных клеток намного позже: около 1,9—1,3 млрд лет назад. Для эволюции бактерий характерен ярко выраженный физиолого-биохимический уклон: при

относительной бедности жизненных форм и примитивном строении, они освоили практически все известные сейчас биохимические процессы. Прокариотная биосфера имела уже все существующие сейчас пути трансформации вещества. Эукариоты, внедрившись в неё, изменили лишь количественные аспекты их функционирования, но не качественные, на многих этапах циклов элементов бактерии по-прежнему сохраняют монопольное положение. Одними из древнейших бактерий являются цианобактерии. В породах, образованных 3,5 млрд лет назад, обнаружены продукты их жизнедеятельности— строматолиты, бесспорные свидетельства существования цианобактерий относятся ко времени 2,2—2,0 млрд лет назад. Благодаря им в атмосфере начал накапливаться кислород, который 2 млрд лет назад достиг концентраций, достаточных для начала аэробного дыхания. К этому времени относятся образования, свойственные облигатно аэробной *Metallogenium*. Появление кислорода в атмосфере (кислородная катастрофа) нанесло серьёзный удар по анаэробным бактериям. Они либо вымирают, либо уходят в локально сохранившиеся бескислородные зоны. Общее видовое разнообразие бактерий в это время сокращается. Предполагается, что из-за отсутствия полового процесса, эволюция бактерий идёт по совершенно иному механизму, нежели у эукариот. Постоянный горизонтальный перенос генов приводит к неоднозначностям в картине эволюционных связей, эволюция протекает крайне медленно (а, возможно, с появлением эукариот и вовсе прекратилась), зато в изменяющихся условиях происходит быстрое перераспределение генов между клетками при неизменном общем генетическом пуле.

Экология

Многие бактерии вызывают болезни человека, животных и растений, другие играют исключительно важную роль в функционировании биосферы, например, лишь бактерии способны ассимилировать азот атмосферы. Бактерии являются одними из наиболее просто устроенных живых организмов (кроме вирусов). Полагают, что они — первые организмы, появившиеся на Земле.

Экологические и биосферные функции

Количество клеток прокариот оценивается в $(4—6) \cdot 10^{30}$, их суммарная биомасса составляет 350—550 млрд т, в ней запасено 60—100 % от углерода всех растений, а запас азота и фосфора в виду их большего относительного содержания в бактериях существенно превосходит запас этих элементов в фитомассе Земли. В то же время бактерии характеризуются коротким жизненным циклом и высокой скоростью обновления биомассы. Уже на основании этого можно оценить их вклад в функционирование основных биогеохимических циклов.

Бактерии способны расти как в присутствии свободного кислорода (аэробы), так и при его отсутствии (анаэробы). Участвуют в формировании структуры и плодородия почв, в образовании полезных ископаемых и разрушении растительной и животной мёртвмассы; поддерживают запасы углекислого газа и кислорода в атмосфере.

Патогенные бактерии

В XIV веке от пандемии бубонной чумы (чёрная смерть) скончалось 75 млн человек, в том числе 15—35 млн в Европе, что составило 1/4—1/2 её населения. Патогенными называются бактерии, паразитирующие на других организмах. Бактерии вызывают большое количество заболеваний человека, таких как чума (*Yersinia pestis*), сибирская язва (*Bacillus anthracis*), лепра (проказа, возбудитель: *Mycobacterium leprae*), дифтерия (*Corynebacterium diphtheriae*), сифилис (*Treponema pallidum*), холера (*Vibrio cholerae*), туберкулёз (*Mycobacterium tuberculosis*), листериоз (*Listeria monocytogenes*) и др. Открытие патогенных свойств у бактерий продолжается: в 1976 обнаружена болезнь легионеров, вызываемая *Legionella pneumophila*, в 1980-е—1990-е было показано, что *Helicobacter pylori* вызывает язвенную болезнь и даже рак желудка, а также хронический гастрит. Бактериальным инфекциям подвержены также растения и животные. Многие бактерии, являющиеся в норме безопасными для человека или даже обычными обитателями его кожи или кишечника, в случае нарушения иммунитета или общего ослабления организма могут выступать в качестве патогенов. Многие патогенные бактерии образуют скопление в организме в виде биоплёнок, скреплённых и защищённых слизью, что делает их

недоступными для проникновения антибиотиков. Опасность бактериальных заболеваний была сильно снижена в конце XIX века с изобретением метода вакцинации, а в середине XX века с открытием антибиотиков.

Бактерии и человек

Тысячелетиями человек использовал молочнокислых бактерий для производства сыра, йогурта, кефира, уксуса, а также квашения. В настоящее время разработаны методики по использованию фитопатогенных бактерий в качестве безопасных гербицидов, энтомопатогенных— вместо инсектицидов. Наиболее широкое применение получила *Bacillus thuringiensis*, выделяющая токсины (Сгу-токсины), действующие на насекомых. Помимо бактериальных инсектицидов, в сельском хозяйстве нашли применение бактериальные удобрения. Бактерии, вызывающие болезни человека, используются как биологическое (бактериологическое) оружие; кроме того, в качестве такого оружия могут использоваться бактериальные токсины. Благодаря быстрому росту и размножению, а также простоте строения, бактерии активно применяются в научных исследованиях по молекулярной биологии, генетике, геной инженерии и биохимии. Самой хорошо изученной бактерией стала *Escherichia coli*. Информация о процессах метаболизма бактерий позволила производить бактериальный синтез витаминов, гормонов, ферментов, антибиотиков и др. Перспективным направлением является обогащение руд с помощью сероокисляющих бактерий, очистка бактериями загрязнённых нефтепродуктами или ксенобиотиками почв и водоёмов. В кишечнике человека в норме обитает от 300 до 1000 видов бактерий общей массой до 1 кг, а численность их клеток на порядок превосходит численность клеток человеческого организма. Они играют важную роль в переваривании углеводов, синтезируют витамины, вытесняют патогенные бактерии. Можно образно сказать, что микрофлора человека является дополнительным «органом», который отвечает за пищеварение и защиту организма от инфекций.

Бактерии в повседневной жизни

По данным южнокорейского Бюро защиты прав потребителей, количество бактерий на ручках (без антибактериального покрытия) тележек крупных магазинов достигает 1100 колоний

на 10 см²]]. Второе место занимают компьютерные «мышки» в интернет-кафе (690 колоний на ту же площадь). Ручки кабинок общественных уборных содержат лишь 340 колоний вредных микроорганизмов на 10 см². Для того, чтобы уберечься от всех видов микроорганизмов, которые были обнаружены на предметах общественного пользования в ходе исследования, достаточно регулярно мыть руки.

Вопрос 2. Вирусы

Вирус — неклеточный инфекционный агент, который может воспроизводиться только внутри живых клеток. Вирусы поражают все типы организмов, от растений и животных до бактерий и архей(вирусы бактерий обычно называют бактериофагами). Обнаружены также вирусы, поражающие другие вирусы (вирусы-сателлиты). Со времени публикации в 1892 году статьи Дмитрия Ивановского, описывающей небактериальный патоген растений табака, и открытия в 1898 году Мартином Бейеринком вируса табачной мозаики были детально описаны более 5 тысяч видов вирусов, хотя предполагают, что их существуют миллионы. Вирусы обнаружены почти в каждой экосистеме на Земле, являясь самой многочисленной биологической формой. Изучением вирусов занимается наука вирусология, раздел микробиологии. Вирусные частицы (вирионы) состоят из двух или трёх компонентов: генетического материала в виде ДНК или РНК (некоторые, например мимивирусы, имеют оба типа молекул); белковой оболочки (капсида), защищающей эти молекулы, и, в некоторых случаях, — дополнительных липидных оболочек. Наличие капсида отличает вирусы от вирусоподобных инфекционных нуклеиновых кислот— вириодов. В зависимости от того, каким типом нуклеиновой кислоты представлен генетический материал, выделяют ДНК-содержащие вирусы и РНК-содержащие вирусы; на этом принципе основана классификация вирусов по Балтимору. Ранее к вирусам также ошибочно относили прионы, однако впоследствии оказалось, что эти возбудители представляют собой особые инфекционные белки и не содержат нуклеиновых кислот. Форма вирусов варьирует от простой спиральной и икосаэдрической до более сложных структур. Размеры среднего вируса составляют около одной

сотой размеров средней бактерии. Большинство вирусов слишком малы, чтобы быть отчётливо различимыми под световым микроскопом. Вирусы являются облигатными паразитами, так как не способны размножаться вне клетки. Вне клетки вирусные частицы не проявляют признаки живого и ведут себя как частицы биополимеров. От живых паразитарных организмов вирусы отличаются полным отсутствием основного и энергетического обмена и отсутствием сложнейшего элемента живых систем— аппарата трансляции (синтеза белка), степень сложности которого превышает такую самих вирусов. Появление вирусов на эволюционном древе жизни неясно: некоторые из них могли образоваться из плазмид, небольших молекул ДНК, способных передаваться от одной клетки к другой, в то время как другие могли произойти от бактерий. В эволюции вирусы являются важным средством горизонтального переноса генов, обуславливающего генетическое разнообразие. Вирусы распространяются многими способами: вирусы растений часто передаются от растения к растению насекомыми, питающимися растительными соками, к примеру, тлями; вирусы животных могут распространяться кровососущими насекомыми, такие организмы известны как переносчики. Вирус гриппа распространяется воздушно-капельным путём при кашле и чихании. Норовирус и ротавирус, обычно вызывающие вирусные гастроэнтериты, передаются фекально-оральным путём при контакте с заражённой пищей или водой. ВИЧ является одним из нескольких вирусов, передающихся половым путём и при переливании заражённой крови. Каждый вирус имеет определённую специфичность к хозяевам, определяющуюся типами клеток, которые он может инфицировать. Круг хозяев может быть узок или, если вирус поражает многие виды, широк. У животных вирусные инфекции вызывают иммунный ответ, который чаще всего приводит к уничтожению болезнетворного вируса. Иммунный ответ также можно вызвать вакцинами, дающими активный приобретённый иммунитет против конкретной вирусной инфекции. Однако некоторым вирусам, в том числе и возбудителям СПИДа и вирусных гепатитов, удаётся ускользнуть от иммунного ответа, вызывая хроническую болезнь. Антибиотики не действуют на вирусы, однако было разработано несколько противовирусных препаратов.

Этимология названия

Слово «вирус» образовано от лат. *vīrus* — «яд»^[2]. Для обозначения агента, способного вызывать инфекционную болезнь, оно впервые было применено в 1728 году до открытия вирусов Дмитрием Ивановским в 1892 году, им был введён термин **фильтрующий вирус** как обозначение небактериального болезнетворного агента, способного проходить сквозь бактериальные фильтры — фильтроваться. Термин «вирион», создание которого датируется 1959 годом, применяется для обозначения единичной стабильной вирусной частицы, покинувшей клетку и способной инфицировать другие клетки того же типа.

Происхождение

Вирусы найдены везде, где есть жизнь, и, вероятно, вирусы существуют с момента появления первых живых клеток. Происхождение вирусов неясно, поскольку они не оставляют каких бы то ни было ископаемых останков и их родственные связи можно изучать только методами молекулярной филогенетики.

Гипотезы о происхождении вирусов

Существует три основные гипотезы происхождения вирусов:

- регрессивная гипотеза;
- гипотеза клеточного происхождения;
- гипотеза коэволюции.

Регрессивная гипотеза

Согласно этой гипотезе, вирусы когда-то были мелкими клетками, паразитирующими в более крупных клетках. С течением времени эти клетки предположительно утратили гены, которые были «лишними» при паразитическом образе жизни. Эта гипотеза основывается на наблюдении, что некоторые бактерии, а именно риккетсии и хламидии, представляют собой клеточные организмы, которые, тем не менее, подобно вирусам могут размножаться только внутри другой клетки. Эту гипотезу также называют гипотезой дегенерации или гипотезой редукции.

Гипотеза клеточного происхождения

Некоторые вирусы могли появиться из фрагментов ДНК или РНК, которые «высвободились» из генома более крупного организма. Такие фрагменты могут происходить от плазмид (молекул ДНК, способных передаваться от клетки к клетке) или от транспозонов (молекул ДНК, реплицирующихся и переме-

щающихся с места на место внутри генома) Транспозоны, которые раньше называли «прыгающими генами», являются примерами мобильных генетических элементов, возможно, от них могли произойти некоторые вирусы. Транспозоны были открыты Барбарой Мак-Клинтон в 1950 году в кукурузе. Эту гипотезу также называют гипотезой кочевания или гипотезой побега.

Гипотеза коэволюции

Эта гипотеза предполагает, что вирусы возникли из сложных комплексов белков и нуклеиновых кислот в то же время, что и первые на Земле живые клетки, и зависят от клеточной жизни вот уже миллиарды лет. Помимо вирусов, существуют и другие неклеточные формы жизни. Например, вириды— это молекулы РНК, которые не рассматриваются как вирусы, потому что у них нет белковой оболочки. Тем не менее, ряд характеристик сближает их с некоторыми вирусами, а потому их относят к субвирусным частицам. Вириды являются важными патогенами растений. Они не кодируют собственные белки, однако взаимодействуют с клеткой-хозяином и используют её для осуществления репликации своей РНК. Вирус гепатита D имеет РНК-геном, схожий с геномом виридов, однако сам не способен синтезировать белок оболочки. Для формирования вирусных частиц он использует белок капсида вируса гепатита В и может размножаться только в клетках, заражённых этим вирусом. Таким образом, вирус гепатита D является дефектным вирусом. Вирофагспутник схожим образом зависит от мимивируса, поражающего простейшее *Acanthamoeba castellanii*. Эти вирусы зависят от присутствия в клетке-хозяине другого вируса и называются вирусами-сателлитами. Подобные вирусы демонстрируют, как может выглядеть промежуточное звено между вирусами и виридами.

Каждая из этих гипотез имеет свои слабые места: регрессивная гипотеза не объясняет, почему даже мельчайшие клеточные паразиты никак не походят на вирусы. Гипотеза побега не даёт объяснения появлению капсида и других компонентов вирусной частицы. Гипотеза коэволюции противоречит определению вирусов как неклеточных частиц, зависимых от клеток-хозяев.

Тем не менее, в настоящее время многие специалисты признают вирусы древними организмами, появившимися, пред-

положительно, ещё до разделения клеточной жизни на три домена. Это подтверждается тем, что некоторые вирусные белки не обнаруживают гомологии с белками бактерий, архей и эукариот, что свидетельствует о сравнительно давнем обособлении этой группы. В остальном же достоверно объяснить происхождение вирусов на основании трёх закрепившихся классических гипотез не удаётся, что делает необходимыми пересмотр и доработку этих гипотез.

РНК

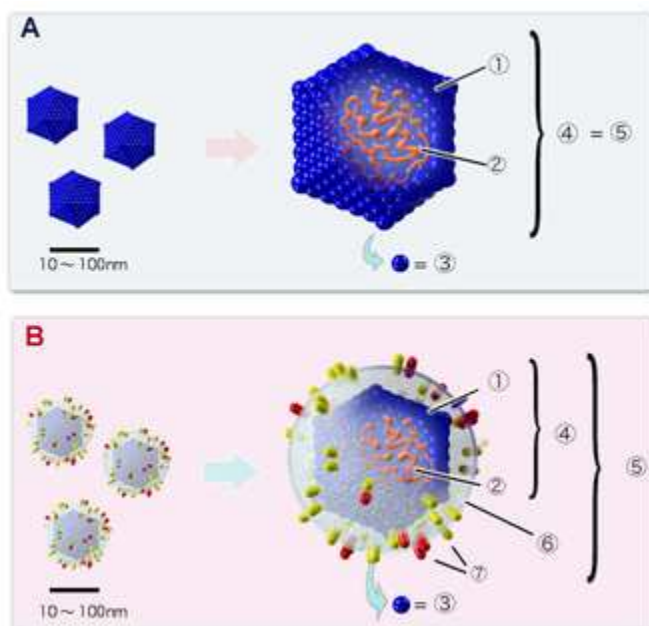
Гипотеза мира РНК и компьютерный анализ последовательностей вирусной ДНК и ДНК хозяина дают лучшее понимание эволюционных взаимоотношений между различными группами вирусов и могут помочь определить предков современных вирусов. До настоящего времени такие исследования пока не прояснили, какая из трёх основных гипотез верна. Однако представляется маловероятным, чтобы все современные вирусы имели общего предка, и, возможно, в прошлом вирусы независимо возникали несколько раз по одному или нескольким механизмам, так как между различными группами вирусов имеются значительные различия в организации генетического материала.

Вирусы как форма жизни

Согласно одному из определений вирусы представляют собой форму жизни, согласно другому вирусы являются комплексами органических молекул, взаимодействующими с живыми организмами. Вирусы характеризуют как «организмы на границе живого». Вирусы похожи на живые организмы в том, что они имеют свой набор генов и эволюционируют путём естественного отбора, а также в том, что способны размножаться, создавая собственные копии путём самосборки. Вирусы имеют генетический материал, однако лишены клеточного строения, а именно эту черту обычно рассматривают как фундаментальное свойство живой материи. У вирусов нет собственного обмена веществ, и для синтеза собственных молекул им необходима клетка-хозяин. По этой причине они не способны размножаться вне клетки. В то же время такие бактерии, как риккетсии и хламидии, несмотря на то, что не могут размножаться вне клеток хозяина, считаются живыми организмами. Общепризнанные формы жизни размножаются делением клетки, в то время как

вирусные частицы самопроизвольно собираются в инфицированной клетке. От роста кристаллов размножение вирусов отличается тем, что вирусы наследуют мутации и находятся под давлением естественного отбора. Самосборка вирусных частиц в клетке даёт дополнительное подтверждение гипотезы, что жизнь могла зародиться в виде самособирающихся органических молекул. Опубликованные в 2013 году данные о том, что некоторые бактериофаги обладают собственной иммунной системой, способной к адаптации, являются дополнительным доводом в пользу определения вируса как формы жизни.

Структура



Примеры структур

икосаэдрических

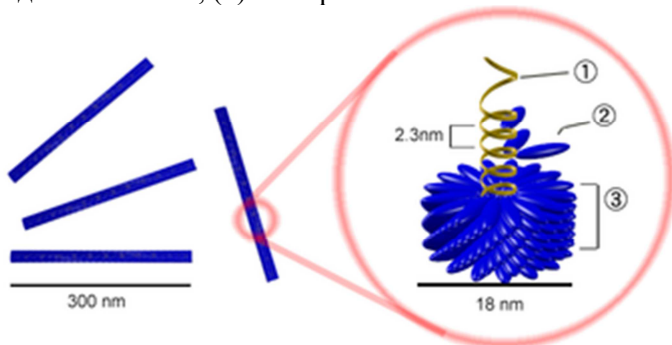
вирионов:

А. Вирус, не имеющий липидной оболочки (пикорнавирус).

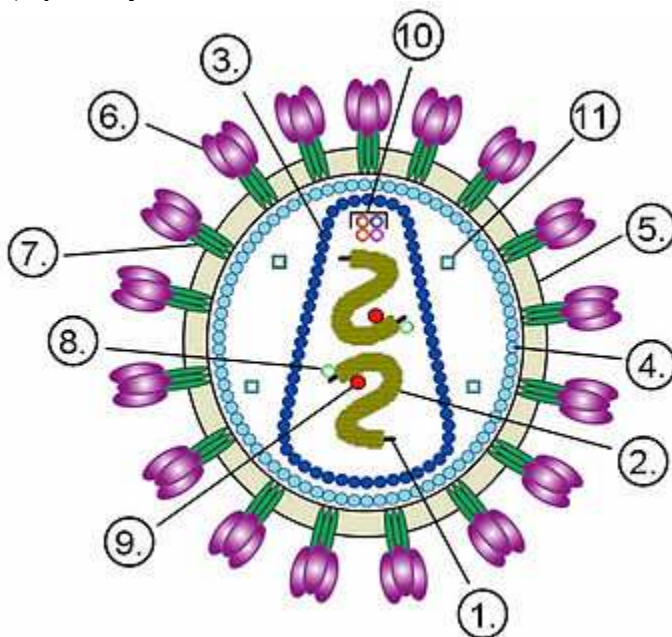
В. Оболочечный вирус

(например, герпесвирус). Цифрами обозначены: (1) капсид, (2) геномная нуклеиновая кислота, (3) капсомер,

- (4) нуклеокапсид, (5) вирион,
 (6) липидная оболочка, (7) мембранные белки оболочки



Палочковидный вирион вируса табачной мозаики.
 Цифрами обозначены: (1) РНК-геном вируса,
 (2) капсомер, состоящий всего из одного протомера,
 (3) зрелый участок капсида



Структура вириона неикосаэдрического оболочечного
 вируса на примере ВИЧ. Цифрами обозначены:

(1) РНК-геном вируса, (2) нуклеокапсид, (3) капсид, (4) белковый матрикс, подстилающий (5) липидную мембрану, (6) гликопротеин, с помощью которого происходит связывание вируса с клеточной мембраной, (7) гликопротеин.

Цифрами 8—11 обозначены белки, входящие в состав вириона и необходимые вирусу на ранних стадиях инфекции: (8)— интегразы, (9) — обратная транскриптаза, (10)— Vif, Vpr, Nef и p7, (11)— протеаза

Вирусы демонстрируют огромное разнообразие форм и размеров. Как правило, вирусы значительно мельче бактерий. Большинство изученных вирусов имеют диаметр в пределах от 20 до 300 нм. Некоторые филовирусы имеют длину до 1400 нм, но их диаметр составляет лишь 80 нм. В 2013 году самым крупным из известных вирусов считался Pandoravirus размерами 1 мкм × 0,5 мкм, однако в 2014 году из многолетней мерзлоты из Сибири был описан Pithovirus, достигающий 1,5 мкм в длину и 0,5 мкм в диаметре. В настоящий момент он считается крупнейшим из известных вирусов. Большинство вирионов невозможно увидеть в световой микроскоп, поэтому используют электронные— как сканирующие, так и просвечивающие. Чтобы вирусы резко выделялись на окружающем фоне, применяют электронноплотные «красители». Они представляют собой растворы солей тяжёлых металлов, таких как вольфрам, которые рассеивают электроны на покрытой ими поверхности. Однако обработка такими веществами ухудшает видимость мелких деталей. В случае негативного контрастирования «окрашивается» только фон.

Зрелая вирусная частица, известная как вирион, состоит из нуклеиновой кислоты, покрытой защитной белковой оболочкой— капсидом. Капсид складывается из одинаковых белковых субъединиц, называемых капсомерами. Вирусы могут также иметь липидную оболочку поверх капсида (суперкапсид), образованную из мембраны клетки-хозяина. Капсид состоит из белков, кодируемых вирусным геномом, а его форма лежит в основе классификации вирусов по морфологическому признаку.

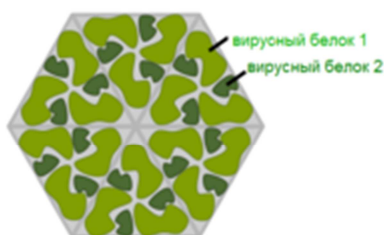
Сложноорганизованные вирусы, кроме того, кодируют специальные белки, помогающие в сборке капсида. Комплексы белков и нуклеиновых кислот известны как нуклеопротеины, а комплекс белков вирусного капсида с вирусной нуклеиновой кислотой называется нуклеокапсидом. Форму капсида и вириона в целом можно механически (физически) исследовать при помощи сканирующего атомно-силового микроскопа.

Капсид

Классифицируют четыре морфологических типа капсидов вирусов: спиральный, икосаэдрический, продолговатый и комплексный.

Спиральный

Эти капсиды состоят из одного типа капсомеров, уложенных по спирали вокруг центральной оси. В центре этой структуры может находиться центральная полость или канал. Такая организация капсомеров приводит к формированию палочковидных и нитевидных вирионов: они могут быть короткими и очень плотными или длинными и очень гибкими. Генетический материал, как правило, представлен одноцепочечной РНК (в некоторых случаях одноцепочечной ДНК) и удерживается в белковой спирали ионными взаимодействиями между отрицательными зарядами на нуклеиновых кислотах и положительными зарядами на белках. В целом, длина спирального капсида зависит от длины окружённой им нуклеиновой кислоты, а диаметр определяется размером и расположением капсомеров. Примером спирального вируса может служить вирус табачной мозаики.



Вирус с капсомером типа гексон. Эта иллюстрация показывает, что вирусный капсид может быть выстроен из множества копий всего лишь двух белков

Икосаэдрический

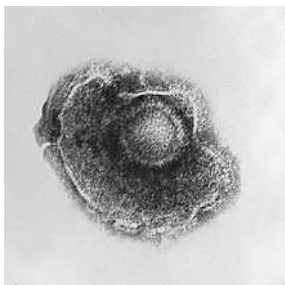
Большинство вирусов животных имеют икосаэдрическую или почти шарообразную форму с икосаэдрической симметрией. Правильный икосаэдр является оптимальной формой для закрытого капсида, сложенного из одинаковых субъединиц. Минимальное необходимое число одинаковых капсомеров— 12, каждый капсомер состоит из пяти идентичных субъединиц. Многие вирусы, такие как ротавирус, имеют более двенадцати капсомеров и выглядят круглыми, но сохраняют икосаэдрическую симметрию. Капсомеры, находящиеся в вершинах, окружены пятью другими капсомерами и называются пентонами. Капсомеры треугольных граней имеют 6 соседей-капсомеров и называются гексонами. Гексоны, по существу, являются плоскими, а пентоны, образующие 12 вершин,— изогнутыми. Один и тот же белок может выступать субъединицей и пентомеров, и гексамеров, или же они могут состоять из различных белков.

Продолговатый

Продолговатыми называют икосаэдрические капсиды, вытянутые вдоль оси симметрии пятого порядка. Такая форма характерна для головок бактериофагов.

Комплексный

Форма этих капсидов ни чисто спиральная, ни чисто икосаэдрическая. Они могут нести дополнительные наружные структуры, такие как белковые хвосты или сложные наружные стенки. Некоторые бактериофаги, такие как фаг T4, имеют комплексный капсид, состоящий из икосаэдрической головки, соединённой со спиральным хвостом, который может иметь шестигранное основание с отходящими от него хвостовыми белковыми нитями. Этот хвост действует наподобие молекулярного шприца, прикрепляясь к клетке-хозяину и затем впрыскивая в неё генетический материал вируса.



Вирус герпеса, окружённый липидной оболочкой (суперкапсидом).

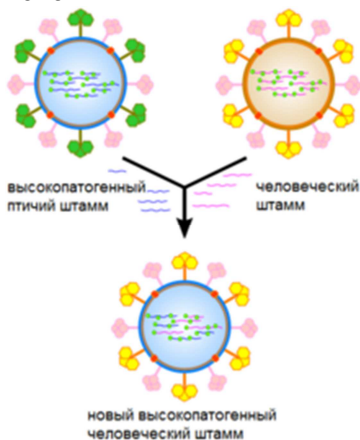
Оболочка

Некоторые вирусы окружают себя дополнительной оболочкой из модифицированной клеточной мембраны (плазматической или внутренней, такой как ядерная мембрана или мембрана эндоплазматического ретикулума). Этот дополнительный билипидный слой называется суперкапсидом. Липидная оболочка вируса испещрена белками, кодируемыми вирусными геномом и геномом хозяина; сама же мембрана, а также любые её углеводные компоненты происходят целиком из клетки-хозяина. Таким образом формируют свою оболочку вирус гриппа и ВИЧ. Инфекционность большинства вирусов, имеющих оболочку, зависит именно от этой оболочки.

Поксвирусы представляют собой крупные сложноорганизованные вирусы с необычной морфологией. Генетический материал вируса связан с белками в центральной дисковидной структуре, известной как нуклеоид. Нуклеоид окружён мембраной и двумя боковыми телами неизвестной функции. Вирус имеет наружную оболочку с большим количеством белков на её поверхности. Весь вирион слегка плейоморфен (то есть способен изменять форму и размер в зависимости от условий) и может принимать форму от овальной до блоковидной. Мимивирус является одним из крупнейших описанных вирусов и имеет икосаэдрический капсид диаметром 400—500 нм. Белковые филаменты, отходящие от поверхности вириона, достигают 100 нм в длину. В 2011 году исследователи обнаружили ещё более крупный вирус на океаническом дне вблизи побережья Чили. Вирус,

которому было дано временное название *Megavirus chilensis*, можно увидеть даже в обычный оптический микроскоп.

Геном



Реассортимент может стать причиной появления нового высокопатогенного штамма человеческого гриппа

Вирусы демонстрируют огромное количество вариантов организации генома; в этом смысле они более разнообразны, чем растения, животные, археи и бактерии. Существуют миллионы различных типов вирусов, но только примерно 5000 из них были детально описаны. Генетический материал вируса может быть представлен либо ДНК, либо РНК, соответственно, вирусы подразделяют на ДНК-содержащие и РНК-содержащие. Подавляющее большинство вирусов являются РНК-содержащими. Вирусы растений чаще всего содержат одноцепочечную РНК, а бактериофаги, как правило, обладают двухцепочечными ДНК.

Вирусный геном может быть кольцевым, как у полиомавирусов, или линейным, как у аденовирусов. Форма генома не зависит от типа нуклеиновой кислоты. У многих РНК-содержащих вирусов и некоторых ДНК-содержащих вирусов геном часто представлен несколькими молекулами (частями), в связи с чем он называется сегментированным. У РНК-содержащих вирусов каждый сегмент часто кодирует только один белок, и обычно эти сегменты упаковываются в один капсид. Однако присутствие всех сегментов не всегда обязательно

для инфекционности вируса, как это демонстрируют вирус мозаики кофты и некоторые другие вирусы растений.

Вирусные геномы независимо от типа нуклеиновой кислоты практически всегда бывают либо одноцепочечным, либо двухцепочечным. Двухцепочечный геном включает пару комплементарных цепей нуклеиновой кислоты, а одноцепочечный — только одну цепь. Геном вирусов некоторых семейств (например, *Hepadnaviridae*) частично одноцепочечный и частично двухцепочечный.

Для большинства РНК-содержащих вирусов и некоторых вирусов с одноцепочечной ДНК определяют полярность нуклеиновой кислоты в зависимости от того, комплементарна ли она вирусной мРНК. Молекула РНК с положительной полярностью (плюс-цепь) имеет ту же последовательность нуклеотидов, что и мРНК, поэтому, по крайней мере, какая-то её часть может незамедлительно начать транслироваться клеткой-хозяином. РНК с отрицательной полярностью (минус-цепь) комплементарна мРНК, поэтому до начала трансляции на ней должна быть синтезирована положительная РНК при помощи фермента РНК-зависимой-РНК-полимеразы. Названия цепей ДНК для вирусов, содержащих одноцепочечную ДНК, сходны с таковыми для РНК: кодирующая цепь комплементарна мРНК (-), а не кодирующая является её копией (+). Однако геномы нескольких типов ДНК- и РНК-содержащих вирусов представлены молекулами, имеющими различную полярность, то есть транскрипция может подвергаться любая цепь. Таковы, например, геминивирусы — вирусы растений, содержащие одноцепочечную ДНК, — и аренавирусы — вирусы животных с одноцепочечной РНК.

Размер генома широко варьирует у различных видов. Самым маленьким одноцепочечным ДНК-геномом обладает цирковирус из семейства *Circoviridae*: его геном кодирует лишь два белка и содержит всего 2000 нуклеотидов. Один из самых крупных геномов обнаружен у мимивируса: он содержит свыше 1,2 млн. пар оснований и кодирует более тысячи белков. Как правило, РНК-содержащие вирусы имеют меньший геном, чем ДНК-содержащие — размер их генома ограничен из-за большей вероятности ошибок во время репликации. При большем размере генома ошибки, произошедшие во время его репликации, сдела-

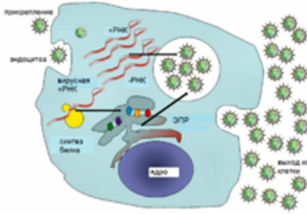
ли бы вирус нежизнеспособным или неконкурентоспособным. Чтобы преодолеть это ограничение, РНК-вирусы часто имеют сегментированный геном— это уменьшает вероятность того, что ошибка в одном из сегментов окажется фатальной для всего генома. Напротив, ДНК-содержащие вирусы обычно имеют более крупные геномы благодаря большей точности их репликативных ферментов. Однако вирусы, содержащие одноцепочечные ДНК, являются исключением из этого правила— скорость накопления мутаций в их геномах приближается к таковой для вирусов, содержащих одноцепочечные РНК.

Генетические изменения происходят у вирусов по разным механизмам. В их число входят случайные замены отдельных оснований в РНК или ДНК. В большинстве случаев эти точечные мутации являются «молчащими»— они не изменяют структуру белков, кодируемых мутантными генами, но иногда в результате таких изменений вирус может приобрести эволюционные преимущества, такие как устойчивость к противовирусным препаратам. Дрейф антигенов имеет место тогда, когда в геноме вируса происходят масштабные изменения. Это может быть результатом рекомбинации или реассортимента. Когда это случается с вирусом гриппа, результатом может стать пандемия. РНК-вирусы часто существуют как квазивиды или смесь вирусов одного вида, но с чуть различающимися нуклеотидными последовательностями генома. Такие квазивиды являются главной мишенью для естественного отбора.

Сегментированный геном даёт эволюционные преимущества: различные штаммы вируса с сегментированным геномом могут обмениваться генами и производить потомков с уникальными характеристиками. Это явление называется реассортиментом.

Генетическая рекомбинация— это процесс внесения разрыва в молекулу нуклеиновой кислоты с последующим «сшиванием» её с другими молекулами нуклеиновой кислоты. Рекомбинация может происходить между геномами двух вирусов, когда они заражают клетку одновременно. Исследования эволюции вирусов показали, что у изученных видов рекомбинация широко распространена. Рекомбинация характерна как для РНК-, так и для ДНК-содержащих вирусов.

Жизненный цикл



Типичный жизненный цикл вируса на примере вируса гепатита С.

Вирусы не размножаются клеточным делением, поскольку не имеют клеточного строения. Вместо этого они используют ресурсы клетки-хозяина для образования множественных копий самих себя, и их сборка происходит внутри клетки.

Условно жизненный цикл вируса можно разбить на несколько взаимоперекрывающихся этапов (обычно выделяют 6 этапов):

- **Прикрепление** представляет собой образование специфичной связи между белками вирусного капсида и рецепторами на поверхности клетки-хозяина. Это специфичное связывание определяет круг хозяев вируса. Например, ВИЧ поражает только определённый тип человеческих лейкоцитов. Это связано с тем, что оболочечный гликопротеин вируса gp120 специфично связывается с молекулой CD4— хемокиновым рецептором, который обычно встречается на поверхности CD4-положительных Т-лимфоцитов. Этот механизм обеспечивает инфицирование вирусом только тех клеток, которые способны осуществить его репликацию. Связывание с рецептором может вызвать конформационные изменения белка оболочки (или белка капсида в случае безоболочечного вируса), что в свою очередь служит сигналом к слиянию вирусной и клеточной мембран и проникновению вируса в клетку.

- **Проникновение в клетку.** На следующем этапе вирусу необходимо доставить внутрь клетки свой генетический материал. Некоторые вирусы также переносят внутрь клетки собствен-

ные белки, необходимые для её реализации (особенно это характерно для вирусов, содержащих негативные РНК). Различные вирусы для проникновения в клетку используют разные стратегии: например, пикорнавирусы впрыскивают свою РНК через плазматическую мембрану, а вирионы ортомиксовирусов захватываются клеткой в ходе эндоцитоза и попадают в кислую среду лизосом, где происходит депротеинизация вирусной частицы, после чего РНК в комплексе с вирусными белками преодолевает лизосомальную мембрану и попадает в цитоплазму. Вирусы также различают по тому, где происходит их репликация: часть вирусов (например, те же пикорнавирусы) размножается в цитоплазме клетки, а часть (например, ортомиксовирусы) в её ядре. Процесс инфицирования вирусами клеток грибов и растений отличается от инфицирования клеток животных. Растения имеют прочную клеточную стенку, состоящую из целлюлозы, а грибы — из хитина, так что большинство вирусов могут проникнуть в них только после повреждения клеточной стенки. Однако почти все вирусы растений (включая вирус табачной мозаики) могут перемещаться из клетки в клетку в форме одноцепочечных нуклеопротеиновых комплексов через плазмодесмы. Бактерии, как и растения, имеют крепкую клеточную стенку, которую вирусу, чтобы попасть внутрь, приходится повредить. Но в связи с тем, что клеточная стенка бактерий намного тоньше таковой у растений, некоторые вирусы выработали механизм впрыскивания генома в бактериальную клетку через толщу клеточной стенки, при котором капсид остаётся снаружи.

- **Лишение оболочек** представляет собой процесс потери капсида. Это достигается при помощи вирусных ферментов или ферментов клетки-хозяина, а может быть и результатом простой диссоциации. В конечном счёте вирусная геномная нуклеиновая кислота освобождается.

- **Репликация** вирусов подразумевает, прежде всего, репликацию генома. Репликация вируса включает синтез мРНК ранних генов вируса (с исключениями для вирусов, содержащих положительную РНК), синтез вирусных белков, возможно, сборку сложных белков и репликацию вирусного генома, которая запускается после активации ранних или регуляторных генов. Вслед за этим может последовать (у комплексных вирусов с

крупными геномами) ещё один или несколько кругов дополнительного синтеза мРНК: «поздняя» экспрессия генов приводит к синтезу структурных или вирионных белков.



Отпочковывание вируса от клетки-хозяина

- Вслед за этим происходит **сборка** вирусных частиц, позже происходят некоторые модификации белков. У вирусов, таких как ВИЧ, такая модификация (иногда называемая созреванием) происходит после выхода вируса из клетки-хозяина.

- **Выход из клетки.** Вирусы могут покинуть клетку после лизиса, процесса, в ходе которого клетка погибает из-за разрыва мембраны и клеточной стенки, если такая есть. Эта особенность есть у многих бактериальных и некоторых животных вирусов. Некоторые вирусы подвергаются лизогенному циклу, где вирусный геном включается путём генетической рекомбинации в специальное место хромосомы клетки-хозяйки. Тогда вирусный геном называется провирусом, или, в случае бактериофага, профагом. Когда клетка делится, вирусный геном также удваивается. В пределах клетки вирус в основном не проявляет себя; однако в некоторый момент провирус или профаг может вызвать активацию вируса, который может вызвать лизис клеток-хозяев.

Активно размножающийся вирус не всегда убивает клетку-хозяина. Оболочечные вирусы, в том числе ВИЧ, обычно отделяются от клетки путём отпочковывания. В ходе этого процесса вирус обзаводится своей оболочкой, которая представляет собой модифицированный фрагмент клеточной мембраны хозяина или другой внутренней мембраны. Таким образом, клетка может продолжать жить и продуцировать вирус.

Особенности жизненного цикла различных групп

Генетический материал внутри вирусных частиц и способ его репликации, значительно отличается у различных вирусов.

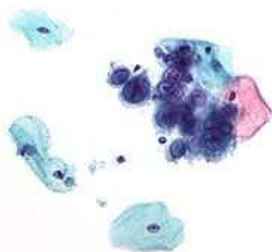
- **ДНК-содержащие вирусы.** Репликация генома у большинства ДНК-содержащих вирусов происходит в клеточном ядре. Если клетка имеет соответствующий рецептор на своей поверхности, эти вирусы проникают в клетку либо путём непосредственного слияния с клеточной мембраной (напр. герпесвирусы), либо— что бывает чаще— путём рецептор-зависимого эндоцитоза. Большинство ДНК-содержащих вирусов полностью полагаются на синтетический аппарат клетки-хозяина для производства их ДНК и РНК, а также последующего процессинга РНК. Однако вирусы с крупными геномами (например, поксвирусы) могут сами кодировать большую часть необходимых для этого белков. Геному вируса эукариот необходимо преодолеть ядерную мембрану для того, чтобы получить доступ к ферментам, синтезирующим ДНК и РНК, в случае же бактериофагов ему достаточно просто проникнуть в клетку.

- **РНК-содержащие вирусы.** Репликация таких вирусов обычно происходит в цитоплазме. РНК-содержащие вирусы можно подразделить на 4 группы в зависимости от способа их репликации. Механизм репликации определяется тем, является ли геном вируса одноцепочечным или двухцепочечным, вторым важным фактором в случае одноцепочечного генома является его полярность (может ли он непосредственно служить матрицей для синтеза белка рибосомами). Все РНК-вирусы используют собственную РНК-репликазу для копирования своих геномов.

- **Вирусы, использующие обратную транскрипцию.** Эти вирусы содержат одноцепочечную РНК (Retroviridae, Metaviridae, Pseudoviridae) или двухцепочечную ДНК (Caulimoviridae и Hepadnaviridae). РНК-содержащие вирусы, способные к обратной транскрипции (ретровирусы, например, ВИЧ), используют ДНК-копию генома как промежуточную молекулу при репликации, а содержащие ДНК (параретровирусы, например, вирус гепатита В)— РНК. В обоих случаях используется обратная транскриптаза, или РНК-зависимая-ДНК-полимераза. Ретровирусы встраивают ДНК, образующуюся в процессе обратной транскрипции, в геном хозяина, такое состо-

яние вируса называется провирусом. Параретровирусы же этого не делают, хотя встроенные копии их генома могут давать начало инфекционным вирусам, особенно у растений. Вирусы, использующие обратную транскрипцию, восприимчивы к противовирусным препаратам, ингибирующим обратную транскриптазу, в том числе к зидовудину и ламивудину.

Действие на клетки



Микрофотография, показывающая цитопатические эффекты, вызванные вирусом простого герпеса первого типа. Тест Папаниколау.

Диапазон структурных и биохимических эффектов, оказываемых вирусом на инфицированную клетку, очень широк. Они называются цитопатическими эффектами. Большинство вирусных инфекций приводят к гибели клеток-хозяев. Причинами гибели могут быть лизис клетки, изменения клеточной мембраны и апоптоз. Часто причиной гибели клетки является подавление её нормальной активности белками вируса, не все из которых входят в состав вирусной частицы.

Некоторые вирусы не вызывают никаких видимых изменений в поражённой клетке. Клетки, в которых вирус находится в латентном состоянии и неактивен, имеют мало признаков инфекции и нормально функционируют. Это является причиной хронических инфекций, и вирус при них может никак себя не проявлять многие месяцы или годы. Так часто бывает, например, с вирусом герпеса. Некоторые вирусы, например вирус Эпштейна-Барр, могут вызывать быстрое размножение клеток без появления злокачественности, в то время как другие, такие как папилломавирусы, могут вызвать рак.

Диапазон хозяев

Вирусы, несомненно, являются самыми многочисленными биологическими объектами на Земле, и по этому показателю они превосходят все организмы, вместе взятые и грибы. Тем не менее различные типы вирусов могут поражать только ограниченный круг хозяев, многие вирусы видоспецифичны. Некоторые, как, например, вирус оспы, могут поражать только один вид— людей, в подобных случаях говорят, что вирус имеет узкий диапазон хозяев. Напротив, вирус бешенства может поражать различные виды млекопитающих, то есть он имеет широкий диапазон хозяев. Вирусы растений безвредны для животных, а большинство вирусов животных безопасны для человека. Диапазон хозяев некоторых бактериофагов ограничивается одним штаммом бактерий, и они могут использоваться для определения штаммов, вызывающих вспышки инфекционных заболеваний методом фагового типирования.

Классификация

Главной задачей классификации является описание разнообразия вирусов и группировка их на основании общих свойств. В 1962 году Андре Львов, Роберт Хорн и Пауль Турнье были первыми, кто разработал основные принципы классификации вирусов на основании Линнеевской иерархической системы. Основными таксонами в этой системе являются отдел, класс, порядок, семейство, род и вид. Вирусы были разделены на группы по общим свойствам (но не таковым у их хозяев) и типу нуклеиновых кислот в геномах. Позднее был создан Международный комитет по таксономии вирусов. Однако в таксономии вирусов не применяются понятия «отдел» и «царство», поскольку их малый размер генома и высокая частота мутаций затрудняет выяснение родства групп старше порядка. По существу, классификация вирусов по Балтимору является дополнением более традиционной классификации.

Систематику и таксономию вирусов в настоящий момент кодифицирует и поддерживает Международный Комитет по Таксономии Вирусов. Международный комитет по таксономии вирусов разработал современную классификацию вирусов и выделил основные свойства вирусов, имеющие больший вес для классификации с сохранением единообразия семейств.

Была разработана объединённая таксономия (универсальная система для классификации вирусов). Седьмой отчёт ICTV закрепил для первых пор понятие о виде вируса как о низшем таксоне в иерархии вирусов. Однако к настоящему моменту была изучена лишь небольшая часть от общего разнообразия вирусов, анализ образцов вирусов из человеческого организма выявил, что около 20 % последовательностей вирусных нуклеиновых кислот ещё не было рассмотрено ранее, а образцы из окружающей среды, например, морской воды и океанского дна, показали, что подавляющее большинство последовательностей являются совершенно новыми.

Основными таксономическими единицами являются:

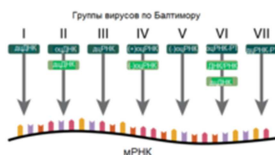
Отряд (-virales) Семейство (-viridae)

Подсемейство (-virinae) Род (-virus)

Вид (-virus)

Современная классификация ICTV (2012) включает 7 отрядов вирусов: Caudovirales, Herpesvirales, Ligamenvirales, Mononegavirales, Nidovirales, Picornavirales и Tymovirales. Существование восьмого порядка (Megavirales) пока ещё было только предположено. Классификация не выделяет подвиды, штаммы и изоляты. Всего насчитывается 6 порядков, 87 семейств, 19 подсемейств, 349 родов, около 2284 видов и свыше 3000 ещё неклассифицированных вирусов.

Классификация по Балтимору



Группы вирусов по Балтимору. Условные обозначения: оц— одноцепочечная, дц— двуцепочечная, РТ— ретровирус или ретроидный вирус.

Лауреат Нобелевской премии биолог Дейвид Балтимор разработал классификацию вирусов по Балтимору. Классификация

ICTV в настоящее время объединяется с классификацией по Балтимору, составляя современную систему классификации вирусов.

Классификация вирусов по Балтимору основывается на механизме образования мРНК. Вирусы должны синтезировать мРНК из собственных геномов для образования белков и репликации своей нуклеиновой кислоты, однако каждое семейство вирусов имеет собственный механизм осуществления этого. Вирусные геномы могут быть одноцепочечные (оц) или двухцепочечные (дц), ДНК- или РНК-содержащие, могут использовать или не использовать обратную транскриптазу. Кроме того, одноцепочечные РНК-вирусы могут иметь положительную (+) или отрицательную (-) цепь РНК в составе своего генома.

Эта система включает в себя семь основных групп:

- (I) Вирусы, содержащие двуцепочечную ДНК и не имеющие РНК-стадии (например, герпесвирусы, поксвирусы, папавирусы, мимивирус).

- (II) Вирусы, содержащие одноцепочечную молекулу ДНК (например, парвовирусы). В этом случае ДНК всегда положительной полярности.

- (III) Вирусы, содержащие двуцепочечную РНК (например, ротавирусы).

- (IV) Вирусы, содержащие одноцепочечную молекулу РНК положительной полярности (например, пикорнавирусы, флавивирусы).

- (V) Вирусы, содержащие одноцепочечную молекулу РНК негативной или двойной полярности (например, ортомиксовирусы, филовirusy).

- (VI) Вирусы, содержащие одноцепочечную положительную молекулу РНК и имеющие в своем жизненном цикле стадию синтеза ДНК на матрице РНК, ретровирусы (например, ВИЧ).

- (VII) Вирусы, содержащие двуцепочечную ДНК и имеющие в своём жизненном цикле стадию синтеза ДНК на матрице РНК, ретроидные вирусы (например, вирус гепатита В).

Дальнейшее деление производится на основе таких признаков как структура генома (наличие сегментов, кольцевая или линейная молекула), генетическое сходство с другими вируса-

ми, наличие липидной оболочки, таксономическая принадлежность организма-хозяина и так далее.

Вопрос 4 Болезни

Примерами наиболее известных вирусных заболеваний человека могут служить простуда (она может иметь и бактериальную этиологию), грипп, ветряная оспа и простой герпес. Многие серьёзные болезни, например, геморрагическая лихорадка Эбола, СПИД, птичий грипп и тяжёлый острый респираторный синдром вызываются вирусами. Относительная способность вируса вызывать заболевание характеризуется термином вирулентность. Некоторые заболевания исследуются на наличие вирусов в числе вызывающих агентов, например, возможна связь между человеческим герпесвирусом 6 типа и неврологическими заболеваниями, такими как рассеянный склероз и синдром хронической усталости. Идут споры по поводу того, что борнавирус, ранее считавшийся возбудителем неврологических заболеваний у лошадей, возможно, вызывает психические расстройства у людей.

Вирусы имеют различные механизмы, вызывающие болезнь у хозяина, и эти механизмы сильно зависят от вида. Такой механизм на клеточном уровне включает, прежде всего, лизис клеток, приводящий к их смерти. У многоклеточных организмов, при гибели большого числа клеток, начинает страдать организм в целом. Хотя вирусы подрывают нормальный гомеостаз, приводя к заболеванию, они могут существовать внутри организма и относительно безвредно. В качестве примера можно привести способность вируса простого герпеса первого типа пребывать в состоянии покоя внутри тела человека. Такое состояние называется латентностью. Оно характерно для вирусов герпеса, в том числе вируса Эпштейна-Барр, вызывающего инфекционный мононуклеоз, а также вируса, вызывающего ветрянку и опоясывающий лишай. Большинство людей переболели по крайней мере одним из этих типов вируса герпеса. Однако такие латентные вирусы могут и принести пользу, поскольку присутствие этих вирусов может вызвать иммунный ответ против бактериальных патогенов, например, чумной палочки (*Yersinia pestis*).

Некоторые вирусы могут вызывать пожизненные или хронические инфекции, при которых вирус продолжает размножаться в теле организма, несмотря на его защитные механизмы. Так происходит, например, при инфекциях, вызванных вирусами гепатита В и С. Хронически больные люди известны как носители, поскольку они выступают в роли резервуара для разного вируса. Если в популяции имеется высокая доля носителей, то в этом случае говорят об эпидемии.

Эпидемиология

Вирусная эпидемиология является частью медицинской науки, изучающей передачу и контроль вирусных инфекций среди людей. Передача вирусов может осуществляться вертикально, то есть от матери к ребёнку, или горизонтально, то есть от человека к человеку. Примерами вертикальной передачи могут служить вирус гепатита В и ВИЧ, при которых малыш рождается уже заражённым. Другим, более редким, примером служит вирус ветрянки и опоясывающего лишая, который, хотя и вызывает относительно слабые инфекции среди взрослых людей, может оказаться смертельным для эмбрионов и новорождённых малышей.

Горизонтальная передача является наиболее распространённым механизмом распространения вируса в популяции. Передача может осуществляться: при передаче жидкостей организма при половом акте, например, у ВИЧ; через кровь при переливании заражённой крови или использовании грязным шприцом, например, у вируса гепатита С; передаче слюны губами, например, у вируса Эпштейна-Барр; проглатывании заражённой воды или пищи, например, у норовируса; при вдыхании воздуха, в котором находятся вирионы, например, вирус гриппа; насекомыми, например, комарами, повреждающими кожу хозяина, например, лихорадка денге. Скорость передачи вирусной инфекции зависит от нескольких факторов, к которым относят плотность популяции, количество чувствительных людей (то есть не имеющих иммунитета)¹, качество здравоохранения и погоду.

Эпидемиология используется, чтобы приостановить распространение инфекции в популяции во время вспышки вирусного заболевания. Предпринимаются контрольные меры, основанные на знании того, как распространяется вирус. Важно найти источник

(или источники) вспышки и идентифицировать вирус. Когда вирус определён, бывает возможным остановить инфекцию при помощи вакцин. Если вакцины недоступны, могут быть эффективными санация и дезинфекция. Часто заражённых людей изолируют от остального общества, то есть вирус помещается в карантин. Чтобы взять под контроль вспышки ящура в Великобритании в 2001 году, были зарезаны тысячи коров. У большинства инфекций человека и животных есть инкубационный период, в течение которого не проявляется никаких симптомов инфекции. Инкубационный период вирусных заболеваний может длиться от нескольких дней до недель. Часто перекрывающийся с ним, но в основном следующий после инкубационного периода — период передачи инфекции, когда заражённый человек или животное является заразным и может заразить других людей или животных. Этот период также известен для многих инфекций, и знание длины обоих периодов является важным для контролирования вспышек. Если вспышка приводит к необычно высокому числу случаев заболевания в популяции или регионе, то она называется эпидемией. Если вспышки имеют широкое распространение, то говорят о пандемии¹

Эпидемии и пандемии

Просвечивающая электронная микроскопия воссозданного вируса испанского гриппа

Численность коренного населения Америки была сильно уменьшена заразными заболеваниями, в частности, оспой, завезёнными в Америку европейскими колонизаторами. По некоторым оценкам, инородными болезнями после прибытия Колумба в Америку, было убито около 70 % от всего коренного населения. Урон, нанесённый этими болезнями аборигенам, помог европейцам вытеснить и покорить их.

Пандемия— это эпидемия всемирного масштаба. Эпидемия испанского гриппа 1918 года, продолжавшаяся до 1919 года, относится к 5 категории пандемий вируса гриппа. Она была вызвана чрезвычайно агрессивным и смертоносным вирусом гриппа А. Его жертвами часто становились здоровые взрослые люди, в отличие от большинства вспышек гриппа, которые поражали в основном детей и подростков, людей старшего поколения и других ослабленных людей. По старым оценкам, испанский грипп унёс 40—50

млн. жизней, а по современным оценкам эта цифра приближается к 100 млн, то есть 5 % тогдашнего населения Земли.

Большинство исследователей полагают, что ВИЧ появился в Африке южнее Сахары в течение XX столетия. Сейчас эпидемия СПИД имеет масштаб пандемии. По оценкам, сейчас 38,6 миллионов людей на земле заражено ВИЧ. По оценкам Объединённой программы Организации Объединённых Наций по ВИЧ/СПИД и Всемирной Организации Здравоохранения, от СПИДа (последней стадии ВИЧ-инфекции) умерло более 25 миллионов человек с момента регистрации первого случая заболевания 5 июня 1981 года, что делает его одной из наиболее разрушительных эпидемий за всю документированную историю. В 2007 году было зарегистрировано 2,7 млн случаев заражения ВИЧ и 2 млн смертей от связанных с ВИЧ заболеваний.

Несколько высоколетальных вирусных патогенов относятся к семейству филовирусов (Filoviridae). Филовирусы представляют собой филаментовидные вирусы, которые вызывают геморрагическую лихорадку, к ним также относят возбудителя геморрагической лихорадки Эбола и марбургский вирус. Марбургский вирус привлёк широкое внимание прессы в апреле 2005 года из-за вспышки в Анголе. Продолжавшаяся с октября 2004 года и вплоть до 2005 года, эта вспышка вошла в историю как наиболее ужасная эпидемия любой геморрагической лихорадки.



Марбургский вирус

Рак

Вирусы могут вызывать рак у человека и других видов, хотя он возникает лишь у небольшой части инфицированных. Раковые вирусы относятся к различным семействам; они включают и РНК-, и ДНК-содержащие вирусы, поэтому единого типа

«онковирус» не существует (устаревший термин, первоначально применявшийся для быстро трансформирующихся ретровирусов). Развитие рака определяется множеством факторов, такими как иммунитет хозяина и его мутации. К вирусам, способным вызывать рак у человека, относят некоторых представителей папилломавируса человека, вируса гепатита В и С, вируса Эпштейна-Барр, герпесвируса саркомы Капоши и человеческого Т-лимфотропного вируса. Совсем недавно открытым вирусом рака человека является полиомавирус (полиомавирус клеток Меркеля), который в большинстве случаев вызывает редкую форму рака кожи, называемого карциномой клеток Меркеля. Вирусы гепатита могут вызвать хроническую вирусную инфекцию, которая приводит к раку печени. Заражение человеческим Т-лимфотрофным вирусом может привести к тропическому спастическому парапарезу и зрелой лейкемии Т-клеток. Человеческие папилломавирусы могут вызывать рак шейки матки, кожи, ануса и полового члена. Из герпесвирусов герпесвирус саркомы Капоши вызывает саркому Капоши и лимфому полости тела, вирус Эпштейна-Барр — лимфому Беркитта, лимфогранулематоз, нарушения В-лимфопротиферации и назофарингеальную карциному. Полиомавирус клеток Меркеля близок к вирусу SV40 и полиомавирусам мышей, которые более 50 лет использовались как животные модели для изучения вирусного рака¹.

Защитная реакция хозяина



Два ротавируса: правый покрыт антителами, останавливающими его прикрепление к клеткам и заражение их

Первой защитной линией организма против вируса является врождённый иммунитет. Он включает клетки и другие механизмы, обеспечивающие неспецифическую защиту. Это значит, что клетки врождённого иммунитета распознают и реаги-

руют на патогены общими способами, одинаково по отношению ко всем патогенам, но, в отличие от приобретённого иммунитета, врождённый иммунитет не даёт продолжительной и надёжной защиты хозяину.

Важным врождённым способом защиты организма эукариот против вирусов является РНК-интерференция. Стратегия репликации многих вирусов предполагает наличие стадии двуцепочечной РНК. Для борьбы с подобными вирусами, клетка имеет систему неспецифической деградации одно- и двуцепочечных РНК. Когда подобный вирус попадает в клетку и освобождает геномную РНК в цитоплазму, белковый комплекс Dicer связывает и вирусную РНК на короткие фрагменты. Активируется биохимический путь, называемый RISC, который разрушает вирусную РНК, и препятствует размножению вируса. Ротавирусам удаётся избежать РНК-интерференции, сохраняя часть капсида даже внутри клетки и выпуская новообразованные мРНК через поры во внутреннемкапсиде. Геномная двуцепочечная РНК же остаётся внутри него.

Когда система приобретённого иммунитета у позвоночных сталкивается с вирусом, она образует специфические антитела, присоединяющиеся к вирусу и часто делающие его безопасным. Это называется гуморальным иммунитетом. Наиболее важными являются два типа антител. Первый, называемый IgM, обладает высокой эффективностью в нейтрализации вирусов, но образуется клетками иммунной системы лишь в течение нескольких недель. Синтез второго — IgG — продолжается неопределённо долго. Присутствие IgM в крови хозяина говорит о наличии острой инфекции, в то время IgG свидетельствует об инфекции, перенесённой в прошлом. Именно количество IgG измеряется при тестах на иммунитет. Антитела могут продолжать оставаться эффективным защитным механизмом даже тогда, когда вирусу удаётся проникнуть в клетку. Клеточный белок TRIM21 может прикреплять антитела к поверхности вирусных частиц. Это вызывает последующее разрушение вирусной частицы ферментами клеточной протеосомной системы.

Второй защитный механизм позвоночных против вирусов называется клеточным иммунитетом и включает иммунные клетки, известные как Т-лимфоциты. Клетки тела постоянно несут ко-

роткие фрагменты собственных белков на своих поверхностях, и, если Т-лимфоциты распознают здесь подозрительные вирусные фрагменты, клетка-хозяин разрушается клетками, называемыми Т-киллерами, и начинается образование специфичных к вирусу Т-лимфоцитов. Такие клетки, как макрофаги, специализируются на презентации антигенов. Важной защитной реакцией хозяина является продукция интерферона. Интерферон — это гормон, образуемый организмом в ответ на присутствие вируса. Его роль в иммунитете — комплексная, в конце концов он останавливает вирус, прекращая образование новых вирусов поражёнными клетками, убивая их и их близких соседей.

Не против всех вирусов образуется такой защитный иммунный ответ. ВИЧ удаётся избежать иммунного ответа, постоянно меняя последовательность аминокислот поверхностных белков вириона. Такие устойчивые вирусы уходят от иммунной системы, изолируясь от иммунных клеток, блокируя презентацию антигенов, благодаря устойчивости к цитокинам, уклоняясь от естественных киллеров, останавливая апоптоз клеток-хозяев, а также за счёт антигенной изменчивости. Другие вирусы, называемые нейротропными вирусами, распространяются среди нервных клеток, то есть там, где иммунная система не в состоянии добраться до них.

Профилактика и лечение

Так как вирусы используют для размножения естественные метаболические пути клеток-хозяев, их сложно уничтожить без применения препаратов, токсичных для самих клеток-хозяев. Наиболее эффективными медицинскими мерами против вирусных инфекций являются вакцинации, создающие иммунитет к инфекции, и противовирусные препараты, избирательно ингибирующие репликацию вирусов.

Вакцины

Вакцинация представляет собой дешёвый и эффективный способ предотвращения вирусных инфекций. Вакцины для предотвращения вирусных инфекций применялись ещё задолго до открытия самих вирусов. Их применение вызвано тяжёлым перенесением и смертностью от вирусных инфекций, таких как полиомиелит, корь, свинка и краснуха, поэтому лучше сделать прививку, чем переболеть. С помощью вакцинации оспа была

искоренена С помощью вакцин можно предотвратить более 30 вирусных инфекций у человека, а ещё больше вакцин используется для предотвращения вирусных заболеваний животных. Вакцины могут включать ослабленные и убитые вирусы, а также вирусные белки (антигены). Живые вакцины содержат ослабленные формы вирусов, которые не вызывают болезни, но тем не менее вызывают иммунный ответ. Такие вирусы называются аттенуированными. Живые вакцины могут быть опасны для людей со слабым иммунитетом (то есть имеющих иммунодефицит), так как даже ослабленный вирус у них может вызвать исходное заболевание. Для производства т. н. субъединичных вакцин используются биотехнологии и генная инженерия. В таких вакцинах используются только капсидные белки вирусов. Примером такой вакцины может служить вакцина против вируса гепатита В. Субъединичные вакцины безвредны для людей с иммунодефицитом, так как они не могут вызвать заболевание. Вакцина против вируса жёлтой лихорадки, содержащая ослабленный штамм 17D, пожалуй, является наиболее эффективной и безопасной из когда-либо созданных вакцин.

Вирусные заболевания у других организмов

Вирусы поражают всю клеточную жизнь, но, несмотря на повсеместное распространение вирусов, каждый вид клеточных организмов имеет свой ряд поражающих вирусов, часто поражающих только этот вид. Некоторые вирусы, называемые сателлитами, могут размножаться только в клетках, уже заражённых другим вирусом. Вирусы являются важными патогенами домашнего скота. Такие заболевания, как ящур и «синий язык» (англ. bluetongue) вызываются вирусами. Домашние животные, например, кошки, собаки и лошади, если их не вакцинировать, являются чувствительными к серьёзным вирусным болезням. Собачий парвовирус— это маленький ДНК-содержащий вирус, часто оказывается смертельным для щенков. Как и все беспозвоночные, медоносная пчела чувствительна ко многим вирусным инфекциям. Однако большинство вирусов безвредно сосуществуют со своими хозяевами, не подавая никаких признаков или симптомов болезни.

Вирусы беспозвоночных

На долю беспозвоночных приходится около 80 % всех известных видов животных, поэтому нет ничего удивительного в том, что они скрывают в себе огромное множество вирусов различных типов. Наиболее изучены вирусы, поражающие насекомых, но даже здесь доступная по ним информация носит фрагментарный характер. Впрочем, в последнее время были описаны вирусные заболевания и у других беспозвоночных. Эти вирусы остаются малоизученными, и некоторые сообщения об открытии следует принимать с осторожностью, пока вирусная природа этих болезней не будет окончательно доказана. Кроме того, необходимо также проверить инфективность изолированных вирусов по отношению к неинфицированным хозяевам того же вида, у кого эти вирусы были обнаружены.

В настоящее время выделено отдельное семейство вирусов, поражающих главным образом членистоногих, в особенности— насекомых, обитающих в водных и влажных средах: иридовирусы (лат. Iridoviridae от англ. Invertebrate iridescent viruses— «радужные вирусы беспозвоночных»); такой цвет наблюдается у образцов поражённых насекомых). Они представляют собой икосаэдрические частицы 120—180 нм в диаметре, содержащие внутреннюю липидную мембрану и геном в виде двуцепочечной ДНК, содержащей 130—210 тыс. пар нуклеотидов.

Другие вирусы, поражающие насекомых: семейство *Baculoviridae*, подсемейство *Entomopoxvirinae* семейства *Poxviridae*, род *Densovirus* семейства *Parvoviridae*, некоторые вирусы семейств *Rhabdoviridae*, *Reoviridae*, *Picornaviridae*.

Вирусы растений



Перцы, поражённые вирусом пятнистости

Существует много типов вирусов растений, но чаще всего они вызывают только снижение урожайности, и пытаться контролировать их экономически невыгодно. Вирусы растений часто распространяются от растения к растению организмами, известными как переносчики. Обычно ими выступают насекомые, но ими могут быть также грибы, черви-нематоды и одноклеточные организмы. Если контроль вируса растений признаётся экономически выгодным, например, в случае многолетних фруктовых деревьев, усилия направляются на устранение переносчиков или альтернативных хозяев, к примеру, сорняков. Вирусы растений не могут поражать человека и других животных, так как они могут размножаться лишь в живых растительных клетках¹.

Растения имеют сложные и эффективные механизмы защиты от вирусов. Наиболее эффективным механизмом является наличие так называемого гена устойчивости (R от англ. resistance — «устойчивость»). Каждый R-ген отвечает за устойчивость к отдельному вирусу и вызывает гибель клеток, соседних с поражённой, что невооружённым глазом видно как большое пятно. Это останавливает развитие болезни вследствие остановки распространения вируса. Другим эффективным методом является РНК-интерференция. Будучи поражёнными вирусом, растения часто начинают вырабатывать природные противовирусные вещества, такие как салициловая кислота, оксид азота NO и активные формы кислорода.

Вирусы растений и вирусоподобные частицы (VLPs) нашли применение в биотехнологиях и нанотехнологиях. Капсиды большинства вирусов растений имеют простую и устойчивую структуру, и вирусные частицы могут производиться в огромных количествах как поражённым растением, так и различными гетерологичными системами. Вирусы растений могут изменяться химически и генетически, заключая в оболочку инородные частицы, а также способны встраиваться в надмолекулярные структуры, что делает возможным их применение в биотехнологиях.

Вирусы грибов

Вирусы грибов называются миковирусами. В настоящий момент вирусы выделены у 73 видов из 57 родов, относящихся к 5 классам¹, но, предположительно, в безвредном состоянии ви-

русы существуют у большинства грибов. В общем эти вирусы представляют собой круглые частицы 30—45 нм диаметром, состоящие из множества субъединиц единственного белка, сложенных вокруг генома, представленного двуцепочечной РНК. Как правило, вирусы грибов относительно безвредны. Некоторые грибные штаммы могут поражаться многими вирусами, но большинство миковирусов тесно связаны со своим единственным хозяином, от которого передаются его потомкам. Классификацией вирусов грибов сейчас занимается специально созданный комитет в составе ICTV. В данный момент он признаёт 3 семейства вирусов грибов, а наиболее изученные миковирусы относятся к семейству Totiviridae

Установлено, что антивирусная активность пенициллиновых грибов вызвана индукцией интерферона двухцепочечной РНК от вирусов, поражающих грибы.

Если же вирус, попадая в гриб, проявляет свою вирулентность, то реакция гриба на это может быть различной: снижение или повышение вирулентности у патогенных видов, дегенерация мицелия и плодовых тел, изменение окраски, подавление спороношения. Некапсидированные вирусные РНК передаются через анастомозы независимо от митохондрий.

Вирусные заболевания могут наносить ущерб грибоводческим предприятиям, например, вызывать побурение плодовых тел шампиньона, изменение окраски у зимнего опёнка, что снижает их коммерческую ценность. Вирусы, вызывающие гиповирулентность грибов-патогенов, могут использоваться для борьбы с заболеваниями растений.

Вирусы протистов

К вирусам протистов относят вирусы, поражающие одноклеточных эукариот, не включённых в царство животные, растения или грибы. Некоторые из известных на данный момент вирусов протистов:

Вопрос 3. Передача микробов

При одном рукопожатии передается 32 миллиона микробов! В повседневной жизни происходит обмен микробами меж-

ду людьми. Приведем три примера такого обмена, расцениваемые как безобидные.

Рукопожатие. Число микробов на стерильно чистых или чистых по внешнему виду руках - 100 000 на 1 см². Следовательно, при обмене рукопожатием 16 миллионов микробов на вашей ладони вступают в контакт с 16 миллионами микробов ладони человека, которого вы приветствуете. И эта величина возрастает еще больше, если руки одного из здоровающихся грязные.

Поцелуй приводит к аналогичным результатам, так как популяция микробов во рту имеет концентрацию порядка 1 миллиона на 1 см². Следовательно, соприкосновение губ и языка приводит к контакту с 42 миллионами микробов.

Однако следует отметить, что микробы жизненно необходимы и существуют полезные (например, расщепляющие продукты в пищеварительном тракте) и вредные, болезнетворные. Происходит взаимообмен полезных и вредных микробов, и если иммунитет слабый, то человек заболевает.

Тема 25: Индивидуальное развитие организма

Вопросы:

1. Постэмбриональное развитие.
2. Старение и смерть организмов.

Вопрос 1. Постэмбриональное развитие

Может быть прямым или непрямым (сопровождается метаморфозом (превращение)).

При прямом развитии вновь появившийся организм по строению похож на родительский и отличается от него только размерами и неполным развитием органов.

Прямое постэмбриональное развитие:

Прямое развитие свойственно человеку и другим млекопитающим, птицам, пресмыкающимся, некоторым насекомым.

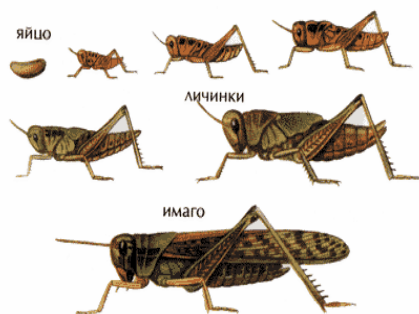
В развитие человека выделяют следующие периоды: детство, отрочество, юность, молодость, зрелость, старость. Каждый период характеризуется рядом изменений в организме.

Старение и смерть – последние этапы индивидуального развития. Старение характеризуется многими морфологическими и физиологическими изменениями, ведущими к общему понижению жизненных процессов и устойчивости организма. Причины и механизмы старения до конца не изучены.

Смерть завершает индивидуальное существование. Она может быть физиологической, если наступает в результате старения, и патологической, если вызвана преждевременно каким-нибудь внешним фактором (ранение, болезнь).

Непрямое постэмбриональное развитие:

Неполный метаморфоз.



Метаморфоз представляет собой глубокие преобразования в строении организма, в результате которых личинка превращается во взрослое насекомое. В зависимости от характера постэмбрионального развития у насекомых различают два типа метаморфоза:

неполный (гемиметаболия), когда развитие насекомого характеризуется прохождением только трех стадий - яйца, личинки и взрослой фазы (имаго);

полный (голометаболия), когда переход личинки во взрослую форму осуществляется на промежуточной стадии - куколочной.

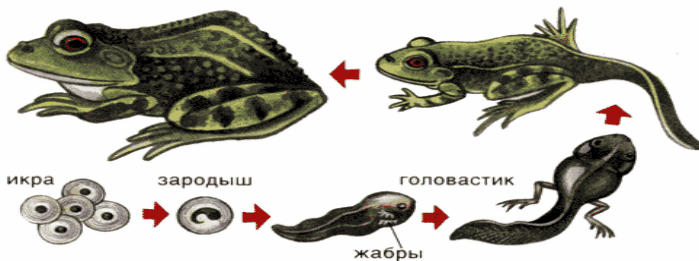
Вылупившийся из яйца цыпленок или родившийся котенок похож на взрослых животных соответствующего вида. Однако у других животных (например, земноводные, большинство насекомых) развитие протекает с резкими физиологическими изменениями.

ми и сопровождается образованием личиночных стадий. При этом все части тела личинки претерпевают значительные изменения. Меняются также физиология и поведение животных. Биологическое значение метаморфоза в том, что на стадии личинки организм растет и развивается не за счет запасных питательных веществ яйца, а она может питаться самостоятельно.

Из яйца выходит личинка, обычно устроенная проще взрослого животного, со специальными личиночными органами, отсутствующими во взрослом состоянии. Личинка питается, растет, и, со временем личиночные органы заменяются органами, свойственными взрослому животным. При неполном метаморфозе замена личиночных органов происходит постепенно, без прекращения активного питания и перемещения организма. Полный метаморфоз включает стадию куколки, в которой личинка преобразовывается во взрослое животное.

У асцидий (тип хордовые, подтип личиночно-хордовые) образуется личинка, обладающая всеми основными признаками хордовых животных: хордой, нервной трубкой, жаберными щелями в глотке. Личинка свободно плавает, затем прикрепляется к какой-либо твердой поверхности на дне моря и совершает метаморфоз: хвост исчезает, хорда, мышцы, нервная трубка распадаются на отдельные клетки, большая часть которых фагоцитируются. От нервной системы личинки остается лишь группа клеток, дающая начало нервному узлу. Строение взрослой асцидии, ведущей прикрепленный образ жизни, несколько не напоминает обычные черты организации хордовых животных. Только знание особенностей онтогенеза позволяет определить систематическое положение асцидий. Строение личинки указывает на происхождение их от хордовых животных, которые вели свободный образ жизни. В процессе метаморфоза асцидии переходят к сидячему образу жизни, в связи с чем упрощается их организация.

Непрямое развитие характерно для земноводных



Непрямое развитие у земноводных.

Личинка лягушки – головастик - напоминает рыбку. Он плавает у дна, проталкивая себя вперед хвостом, обрамленным плавником и дышит сначала наружными жабрами, торчащими пучками по бокам головы, а позднее внутренними жабрами. У него один круг кровообращения, двухкамерное сердце, есть боковая линия. Все это – черты строения рыб.

1 неделя, длина тела 7 мм – вылупляется из слизистой капсулы. Имеются наружные жабры, хвост, рот с роговыми челюстями; под ротовым отверстием слизистые железы.

2 неделя, длина тела 9мм – Наружные жабры начинают атрофироваться, над внутренними жабрами образуется жаберная крышка. Глаза хорошо развиты.

4 неделя, длина тела 12 мм – Утрата наружных жабр и слизистых желез. Развивается брызгальце. Хвост расширяется и помогает плавать.

7 неделя, длина тела 28 мм – Появляются почки задних конечностей.

9 неделя, длина тела 35 мм – Задние конечности вполне сформированы, но не используются при плавании. Голова начинает расширяться.

11-12 неделя, длина тела 35 мм – Левая передняя конечность выходит через брызгальце, а правая прикрыта жаберной крышкой. Задние конечности используются при плавании.

13 неделя, длина тела 25 мм – Глаза увеличиваются, рот расширяется.

14 неделя, длина тела 20 мм – Хвост начинает рассасываться.

16 неделя, длина тела 15мм – Все внешние личиночные признаки исчезли. Лягушка выходит на сушу.

Земноводные растут всю жизнь, но чем старше, тем медленнее.

У рыбы из икринки появляется малёк, который растёт и превращается во взрослую особь.

Скорость метаморфоза зависит от количества пищи, температуры и внутренних факторов. Например, личинка лягушки – головастик питается растениями, а взрослая лягушка – насекомыми. Головастик и гусеница отличается от взрослых форм по строению, внешнему виду, образу жизни, питанию.



Личинки бабочек, называемые гусеницами, имеют вытянутое, насеченное туловище, напоминая червей с обрубленными концами тела. Ротовой аппарат у гусениц в отличие от такого взрослых насекомых – грызущий. На нижней губе открываются прядильные железы, выделяющие секрет, застывающий на воздухе в шелковые нити. На груди у личинок, как и взрослых, имеются три пары членистых ножек, но они пользуются ими лишь для захвата пищи и для опоры. Для передвижения гусеницы применяют нечленистые мясистые брюшные ложноножки, на подошвах которых

имеются мелкие крючочки. Подавляющее большинство гусениц питается растительной пищей. По образу жизни они очень разнообразны. Развитие с полным превращением.

Вопрос 2. Старение и смерть организмов

Понятие развитие в широком смысле означает все изменения, происходящие с организмом в течении жизни, в том числе и процессы снижения его функциональных возможностей при достижении определенного возраста - старения.

Старость - закономерная стадия индивидуального развития. По классификации ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения), пожилыми считаются мужчины 61-74 лет, женщины 56-74 лет, старыми - мужчины и женщины 75-90 лет, долгожителями - старше 90 лет.

В процессе старения организма все системы и органы подвергаются необратимым изменениям, снижающим их функциональные возможности.

Причины старения и возможности его замедления интересовали людей с давних времен. Имеется более 200 теорий старения, которые в настоящее время классифицируют на две группы:

-негенетические, согласно которым старение - это структурные изменения клеток и тканей под действием факторов среды;

-генетические, согласно которым старение - генетически запрограммированный процесс, согласно которой в организме имеются специальные гены, отвечающие за старение; оно связано с изменением в строении и функционировании наследственного аппарата - ДНК, РНК.

В более ранних, негенетических теориях причинами старения считали "изнашивание" отдельных тканей и органов, накопление в них токсинов, изменение гидратации тканей, что ведет к нарушению их строения, механической прочности и функций.

В 1908 г. И. И. Мечников выдвинул теорию, согласно которой старение наступает как результат самоотравления токсинами, вырабатываемыми в толстом кишечнике, и "борьбы тканей".

В 1940 г. академик А. А. Богомолец обосновал теорию, определяющую первичными в процессе старения изменения в структуре и функциях соединительной ткани.

Позднее, с развитием молекулярной генетики, внимание стали акцентировать на генетических факторах: ДНК, РНК, процессов репликации, репарации (восстановления при повреждениях), транскрипции, трансляции, приводящих к появлению аномальных белков и других веществ.

В настоящее время с учетом положений многих теорий старение считают многофакторным процессом, в котором ведущую роль играют изменения генетического аппарата, в разной степени модифицированного под действием факторов среды.

Изменения, составляющие содержание процесса старения, затрагивают все органы и системы.

Кровь.

Здесь возрастные изменения затрагивают главным образом процессы образования форменных элементов (клеток крови) в красном костном мозге. У молодых людей объем активного красного костного мозга составляет 1500 мл, тогда как у старых в два раза меньше, поскольку значительная его часть замещается жиром. В результате число производимых клеток эритроцитов и лейкоцитов резко снижается. Снижение числа лейкоцитов приводит к снижению возможностей иммунной системы.

Сердце.

У пожилых людей мышечные волокна частично замещаются соединительной тканью и происходят изменения сосудов сердца - коронарный атеросклероз. Нарушаются процессы генерации и передачи возбуждения по ткани сердца.

Сосуды.

Основные признаки старения сосудов - снижение их упругости в результате замещения эластических волокон коллагеновыми и отложения холестериновых бляшек в стенке сосудов. Это является причиной многих патологических процессов в пожилом возрасте: инсультов, тромбозов, эмболий, варикозного расширения вен.

Органы дыхания.

У пожилых людей происходит расширение просветов альвеол из-за частичного разрушения перегородок между ни-

ми, уменьшается число легочных капилляров и эластических волоков. Это приводит к снижению растяжимости легких, уменьшению их жизненной емкости, нарушению снабжения тканей кислородом.

Желудочно-кишечный тракт.

Начиная со среднего возраста, снижаются способности желудочно-кишечного тракта к перистальтике (сократительным движениям, способствующим продвижению пищи), секреторная активность пищеварительных желез, процессы всасывания питательных веществ.

Печень. После сорока лет масса печени, объем протекающей через неё крови, активность печеночных ферментов снижаются. при этом многие токсичные вещества и лекарственные препараты разрушаются медленнее, чем у молодых людей.

Почки. После 70 лет у пожилых людей остается в работе лишь 70% ранее активных нефронов.

Кожа. Изменения кожи - наиболее заметный признак старения. Кожа становится дряблой, морщинистой, на ней появляются пигментные пятна. Волосы седеют.

Половые органы. У женщин последняя менструация (менопауза) происходит в возрасте около 50 лет после этого гормональная активность яичников прекращается. У мужчин процесс производства сперматозоидов продолжается до самой смерти, но после 55 лет у них часто наблюдается увеличение предстательной железы (аденома простаты), что сдавливает мочеиспускательный канал и нарушается мочеиспускание.

Нервная система. В результате изменений мозговых сосудов - атеросклероз - у пожилых людей значительно снижен объём мозгового кровообращения, что приводит к нарушению снабжения мозга кислородом и нарушению его работы. Дополнительную опасность при этом имеют возможности кровоизлияний в мозг - инсультов.

Органы чувств. С возрастом ухудшаются слух (старческая тугоухость), зрение - из-за нарушения прозрачности хрусталика (катаракта) и нарушений в сетчатке. При нарушении оттока внутриглазной жидкости повышается внутриглазное давление с последующей атрофией глазного нерва (глаукома).

Сам по себе процесс старения не приводит к смерти. Смерть, как правило, наступает в результате болезней пожилого возраста - инсультов, инфарктов, онкологических заболеваний и т. д.

Смерть как биологическое явление. Смерть - это естественный этап онтогенеза всех организмов. Без смерти не было бы смены поколений и биологической эволюции организмов на Земле.

Различают биологическую и клиническую смерть.

Биологическая смерть необратима. Она состоит в полном прекращении функционирования всех органов и систем организма.

Клиническая смерть выражается в потере сознания, остановке сердечной деятельности, дыхания, в то время как большинство клеток и тканей организма остаются живыми: некоторое время происходит самообновление клеток, перистальтика кишечника и др. Клиническая смерть является обратимой: при восстановлении сердечной и дыхательной деятельности возможно "возвращение" организма к жизни. В этом заключается цель реанимационных мероприятий.

Однако способность восстановления нормальной функции у разных клеток неодинакова: первой (через 5 мин) гибнет кора головного мозга, затем - клетки кишечника, легких, печени, мышц и сердца.

Вопросы для повторения:

1. Когда начинается постэмбриональное развитие?
2. Назовите виды постэмбрионального развития.
3. В чем суть прямого развития?
4. В чем суть непрямого развития?
5. Приведите примеры продолжительности жизни у животных.
6. Приведите примеры продолжительности жизни у растений.
7. Перечислите показатели старения организма.
8. Можно ли замедлить процесс старения?
9. Можно ли замедлить процесс старения физкультурой?

Тема 26: Влияние наркотических веществ на развитие и здоровье человека

Вопросы

1. Общий механизм действия наркотических веществ на организм.
2. Борьба с вредными привычками.

Вопрос 1. Общий механизм действия наркотических веществ на организм

Все наркотические вещества имеют общий механизм влияния на организм т.к. являются ядами. При систематическом употреблении они вызывают несколько фаз изменений в организме.

ПЕРВАЯ ФАЗА- защитная реакция. При первоначальном употреблении наркотические вещества оказывают на организм токсическое действие- это вызывает защитную реакцию: тошноту, рвоту, головокружение, головную боль и так далее, никаких приятных ощущений, как правило, при этом не бывает.

ВТОРАЯ ФАЗА- эйфория. При повторных приемах защитная реакция ослабевает, и возникает эйфория. Эйфория- это преувеличенная ощущения хорошего настроения. Она достигается возбуждением наркотиками рецепторов мозга, обладающих средством с эндорфинами. Эндорфины- это естественные внутренние стимуляторы, вызывающие чувство удовольствия. Наркотик на этой стадии действует как эндорфины.

ТРЕТЬЯ ФАЗА- психическая зависимость от наркотиков. Наркотик, вызывающий эйфорию, нарушает синтез эндорфинов в организме. Это приводит к ухудшению настроения субъекта. Человек начинает стремиться получить удовольствие от приема наркотических веществ(алкоголь, наркотики). А это еще более ухудшит синтез естественных гормонов удовольствия и усилит желание принимать наркотические вещества. Постепенно развивается навязчивое влечение человека к наркотику(это уже болезнь), которое заключается в том, что он постоянно думает о приеме наркотических средств и вызываемым им эффекте. Уже

при мысли о предстоящем приеме наркотического вещества у него повышается настроение.

Представление о наркотике и его эффект становится постоянным элементом сознания и содержания мыслей человека. О чем бы он ни думал, чем бы ни занимался, он уже не забывает о наркотике. Как благоприятные он расценивает ситуации, способствующие добыванию наркотиков, а как неблагоприятные-препятствующие этому. Вместе с тем, на этой стадии заболевания окружающие, как правило, ничего особенного в его поведение не замечают.

ЧЕТВЕРТАЯ ФАЗА- физическая зависимость от наркотиков. Систематическое употребление наркотиков приводит к полному нарушению системы, синтезирующей эндорфины. Организм перестает продуцировать эти вещества. Поскольку эндорфины обладают болеутоляющим действием, то прекращение их синтеза организмом, принимаемым наркотические вещества, вызывает физическую и эмоциональную боль. Что бы избавиться от боли, человек вынужден принимать большую дозу наркотиков. Так развивается физическая(химическая) зависимость от наркотических веществ. Решившись отказаться от приема наркотиков, привыкший к ним человек, должен пережить период приспособления, занимающий несколько дней, прежде чем мозг возобновит производство эндорфинов. Этот неприятный период называется периодом ломки или абстиненции. Она проявляется общим недомоганием, снижением работоспособности, дрожанием конечностей, ознобом, болями в различных частях тела. При этом многие болезненные симптомы различимы для окружающих. Наиболее известное и хорошо изученное состояние абстиненции, например, при приеме алкоголя- похмелье. Постепенно влечение больного к наркотику приобретает неуправляемый характер со стремлением немедленно, как можно скорее, во что бы то ни стало, вопреки всем преградам достать и принять наркотическое вещество. Это стремление подавляет все потребности зависимого и полностью подчиняет себе поведение человека. Он готов снять с себя и продать последнюю одежду, все унести из дома. Именно в таком состоянии зависимые идут на любые действия, в том числе и преступления.

На этой стадии развития болезни человеку требуются значительно более высокие дозы наркотических веществ, чем в начале заболевания, потому что при систематическом употреблении его, наступает устойчивость организма к яду(развитие толерантности). В результате для достижения желательного наркотического эффекта, больному приходится употреблять все большее количество наркотика.

ПЯТАЯ ФАЗА- психосоциальная деградация личности

Эта фаза наступает при систематическом и длительном приеме наркотиков или алкоголя. Он включает эмоциональную, волевую и интеллектуальную деградацию. Эмоциональная деградация заключается в ослаблении, а затем полном исчезновении наиболее сложных и тонких эмоций, в эмоциональной неустойчивости, проявляющейся в резких и беспричинных колебаниях в настроении, а одновременно с этим и в настроении дисфории- устойчивых нарушениях настроения. К ним относятся: постоянная озлобленность, подавленность, угнетенность. Волевая деградация проявляется в неспособности сделать над собой усилие, начатое дело довести до конца, в быстрой истошаемости намерений и побуждений. Все у этих больных мимолетно:

- 1)Верить их обещаниям нельзя.
- 2)Ждать от них адекватных действий не стоит.
- 3)Идти на поводу их мыслей нельзя ни в коем случае.

Эти больные способны проявить настойчивость только в стремлении раздобыть наркотическое вещество. Это состояние носит у него навязчивый характер. Интеллектуальная деградация проявляется в снижении сообразительности, неспособности сосредоточиться, в забывчивости, в неспособности видеть главное и существенное в разговоре, в повторении одних и тех же банальных или глупых мыслей, в стремлении рассказывать тупые, пошлые анекдоты.

Вопрос 2. Борьба с вредными привычками

В нашей стране среди вредных привычек, приводящих к тяжелым последствиям для здоровья, наибольшее распространение имеют курение табака и употребление алкоголя.

Курение табака создает медицинскую, моральную, социальную и экономическую проблемы для общества. Известен вред, наносимый курением здоровью людей, велики убытки, связанные с потерей рабочего времени, пожарами и несчастными случаями по вине курильщиков. Борьба с курением — это борьба за хорошее здоровье и долголетие населения, за высокую работоспособность и улучшение микроклимата помещений на производстве и в быту.

В основе курения лежит токсикомания с формированием психической и физической зависимости от ядовитых веществ, содержащихся в табачном дыме.

Начавшись из слепого подражания, следования моде или стремления демонстрации себя акцентированной личностью, курение вскоре становится ритуалом, закрепляющимся по типу условного рефлекса. Выработанная вначале привычка подкрепляется метаболическими механизмами с постепенным развитием потребности в поступлении никотина в организм. Для первой стадии табакомании, длящейся 1—5 лет, характерно обсессивное влечение к курению, понижение контроля за количеством потребляемого никотина и возрастание толерантности. Во второй стадии, длящейся 5—15 лет, отмечается высокая толерантность к никотину с установлением нормы его потребления; обсессивное влечение подкрепляется периодическим получением психического комфорта. Появляются астенические, вазовегетативные расстройства, признаки соматического неблагополучия. В третьей стадии на передний план выходят соматические нарушения: бронхиты, гастриты, артериальная гипертензия, предраковые и раковые заболевания. Попытка воздержания от курения вызывает появление признаков абстиненции; толерантность к никотину снижается. Характерно также снижение психического влечения и недостижение состояния комфорта.

От курения страдают не только сам курящий, но и другие люди, окружающие его. В дыме табака, кроме никотина, содержатся угарный газ, синильная кислота, аммиак, радиоактивные и смолистые вещества. При остром отравлении табачным дымом отмечаются бледность кожи, холодный пот, тахикардия, одышка, шум в ушах, рвота, желудочно-кишечные расстройства, головная боль, тонические и клонические судороги, чувство стра-

ха, нарушения сознания. Эта симптоматика бывает у лиц, начинающих курить, и у некурящих, находящихся в прокуренном помещении.

Дым табака раздражает слизистую оболочку рта, дыхательных путей, вызывает обильное отделение слюны и слизи; при хронической интоксикации развиваются риниты, стоматиты, ларингиты, бронхиты. Смолистые вещества табачного дыма являются канцерогенными и способствуют развитию рака легкого и других органов у курильщиков; риск возникновения заболевания и его сроки находятся в прямой зависимости от количества выкуриваемых сигарет. Курение вызывает повышение артериального давления, спазм мелких сосудов, питающих мышцу сердца, создает предпосылки для развития эндартериита, коронаросклероза, инфаркта миокарда, общего и церебрального атеросклероза, инсульта. Заболеваниями, сопутствующими курению, являются гастрит, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки. Хроническая интоксикация неблагоприятно сказывается на детородной функции женского организма: возможны расстройства менструального цикла, нарушения имплантации яйца в стенку матки, прерывание беременности, преждевременные роды вследствие снижения маточно-плацентарного кровообращения и эндокринных изменений, ранний климакс, предрасположенность к опухолевому поражению матки, яичников и молочных желез. Доказано, что у курильщиков по сравнению с некурящими смертность и показатели соматической заболеваемости выше.

Размеры вреда от курения настолько велики, что этим вынуждена заниматься Всемирная организация здравоохранения. XXIV Всемирная ассамблея здравоохранения приняла специальную резолюцию по вопросам борьбы с курением. По настоянию медицинской общественности продажа табачных изделий во многих странах сопровождается информацией о вреде курения. Такая информация помещается на пачках сигарет или вкладывается в каждую пачку. В ряде стран организованы центры борьбы с курением, общества; антитабачная пропаганда вводится в учебные школьные программы

В СССР борьба с курением является составной частью профилактической работы здравоохранения. Действует Поста-

новление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по усилению борьбы с курением» (от 31.12.80 г.). Создан межведомственный совет по пропаганде знаний о вреде курения. В нашей стране запрещена реклама сигарет, не разрешается курить в лечебно-профилактических учреждениях, в учреждениях общественного питания и т. Д

Радио, телевидение, кино и печать активно помогают Всесоюзному обществу «Знание» вести антитабачную пропаганду. Желающие избавиться от вредной привычки могут получить бесплатную квалифицированную медицинскую помощь.

Курение как одна из разновидностей токсикомании должно быть в поле деятельности психогигиены и психопрофилактики. В еще большей степени это относится к другой вредной привычке — пьянству, очень быстро становящемуся пристрастием, а затем и заболеванием — алкоголизмом. О вреде алкоголизации для населения и необходимых медицинских мероприятиях

Вопросы для повторения

1. Нужно ли бороться с вредными привычками.
2. Перечислите фазы изменений при употреблении наркотических веществ.

Тема 27: Беременность и роды

Вопросы

1. Диагностика беременности.
2. Дородовое наблюдение.
3. Роды.
4. Осложнения.

Вопрос 1. Диагностика беременности

Беременность и роды, важнейший период в жизни женщины, связанный с деторождением. При нормальном для человека менструальном цикле продолжительностью 28 дней овуляция, или выход яйцеклетки, происходит обычно в интервале

между 12-м и 14-м днями цикла. Яйцеклетка должна быть оплодотворена в маточной (фаллопиевой) трубе не позднее чем через 24 ч после этого, иначе она погибает и рассасывается. Средняя продолжительность беременности составляет 266 дней с момента овуляции, или 280 дней с первого дня последней менструации. Срок родов можно рассчитать, отняв три месяца от даты начала последней менструации и прибавив семь дней. Однако в большинстве случаев наступление родов не совпадает с рассчитанной датой; отклонение в пределах двух недель в обе стороны от нее считается нормальным.

Диагностика беременности. Современные пробы на беременность недороги, точны и не требуют больших затрат времени. Они основаны на выявлении хорионического гонадотропина человека (ХГ) – гормона, который на ранних стадиях беременности вырабатывается в больших количествах плацентой и выделяется с мочой будущей матери. С помощью имеющихся в продаже наборов для определения этого гормона беременность можно обнаружить не ранее чем на 42-й день от начала последней менструации. Однако с подтверждением беременности лучше подождать до 45–50-го дня и использовать для определения первую утреннюю порцию мочи.

С 12-й недели в наличии беременности можно убедиться путем выслушивания сердцебиений плода с помощью доплеровского детектора звука. Ультразвуковое исследование (с использованием звуковых волн высокой частоты и низкой энергии) позволяет получить изображение плода, а также плаценты и амниотической полости; это очень точный метод подтверждения беременности. На 16-й неделе у матери уже заметно увеличение живота и легко прощупывается матка. В течение следующего месяца мать начинает ощущать движения плода. В настоящее время во многих аптеках продаются диагностические наборы для самостоятельного определения беременности, но к полученным результатам нужно относиться с осторожностью, поскольку они не так точны, как стандартные лабораторные методы.

Признаки и симптомы беременности. Многие из них обычно появляются довольно рано, иногда и до положительных результатов пробы на беременность. Однако некоторые женщины начинают чувствовать свою беременность лишь после 3–4-го месяца. От-

сутствие менструаций, если раньше они были регулярными, с очень большой вероятностью указывает на беременность.

По-видимому, одним из наиболее ранних и самым распространенным симптомом беременности является утомляемость. Развиваются апатия и вялость, удлиняются периоды сна, возникает потребность в частом отдыхе; изменяется состояние молочных желез; у многих женщин по утрам возникает мучительная тошнота.

Физиологические изменения. При беременности меняется состояние почти всех органов. Резко увеличиваются размеры матки, ее вес возрастает примерно с 70 до 1100 г (без плода). Однако общее число мышечных волокон матки остается постоянным; они лишь растягиваются и набухают. Давление увеличивающейся матки на прилегающий к ней мочевой пузырь уменьшает его емкость и вызывает неприятные ощущения и потребность в частом мочеиспускании. Уменьшается также естественная подвижность желудочно-кишечного тракта, что нередко сопровождается запорами и изжогой. Молочные железы, которые перестраиваются для лактации, увеличиваются, и еще до родов из них может выделяться вязкая мутная жидкость (молозиво). Возросшая пигментация кожи проявляется потемнением средней линии живота, сосков и лица.

Возникают многочисленные сдвиги в работе сердца и всей системы кровообращения. Частота сердечных сокращений, размеры сердца, минутный объем и объем циркулирующей крови возрастают примерно на 50% от исходного уровня. Из-за давления увеличивающейся матки может возникать варикозное расширение вен на ногах и наружных половых органах, что иногда причиняет серьезное беспокойство.

Вопрос 2. Дородовое наблюдение

В идеале первый визит к врачу должен состояться через 1–1,5 месяца после обнаружения беременности. В это время можно наиболее точно определить ее срок и выявить имеющиеся серьезные заболевания. В предвидении беременности важно знать дату последней менструации.

Первое посещение врача. При первом посещении врач должен тщательно собрать анамнез, опросив женщину о всех перенесенных заболеваниях, операциях и предыдущих беременностях. Особого внимания требуют любые существующие в семье болезни и отклонения, такие, как повышенное кровяное давление, диабет, а также наличие двоен в предыдущих родах или врожденных нарушений, которые могут повлиять на мать или ребенка. Производят тщательный осмотр, в том числе органов таза; оценивают размеры матки, сравнивая их с ожидаемыми для данного срока, рассчитанного по последней менструации. Берут мазок для выявления рака (тест Папаниколау) и производят посев на гонорею. Врач должен также определить размеры и пропорции таза женщины для оценки возможности нормальных, вагинальных родов. Если со времени последней менструации прошло более 12 недель, можно попытаться определить сердцебиение плода с помощью детектора Допплера. После 20-й недели сердцебиения удастся прослушать с помощью модифицированного стетоскопа, т.н. фетоскопа.

Анализы крови и мочи. Помимо указанного обследования берут пробы крови и мочи. Определяют число эритроцитов, группу крови и резус-фактор, проводят серологический тест на сифилис (реакцию Вассермана), а также другие серологические пробы, в том числе чтобы выяснить, переболела ли женщина краснухой. По числу эритроцитов судят, имеется ли у будущей матери анемия и нуждается ли она в приеме препаратов железа. В последней трети беременности обычно повторно определяют число эритроцитов. Около 15% женщин резус-отрицательны, и им необходимы повторные анализы крови в течение беременности.

Реакция Вассермана позволяет выявить сифилитическую инфекцию в прошлом или настоящем. Это важно знать, так как в отсутствие лечения возбудитель сифилиса может проникнуть через плаценту и вызвать заражение плода. Краснуха во время беременности тоже относится к тем немногим инфекциям, которые оказывают повреждающее действие на плод. Лишь около 10% женщин детородного возраста не болели краснухой ранее или не были вакцинированы против нее. После родов их следует вакцинировать, чтобы предотвратить возможность этой инфекции во время следующей беременности.

Консультативная помощь. Большинству женщин рекомендуется ограничивать прибавку веса во время беременности в пределах 11–16кг. Этот дополнительный вес легко теряется при родах и в течение последующих двух-трех месяцев. После начального периода утренней тошноты у будущих матерей нередко развивается «волчий» аппетит, и, чтобы предотвратить чрезмерную прибавку в весе, часто приходится соблюдать диету. Во многих случаях необходим прием витаминов и препаратов железа. Следует поощрять физическую активность и гимнастику в той мере, в какой они не вызывают неприятных ощущений; многие женщины на последних месяцах предпочитают плавание.

Некоторые медикаменты могут представлять опасность для плода, и беременных предупреждают об этом. Прежде чем принять какое-либо лекарственное средство, нужно посоветоваться с врачом, насколько оно необходимо и перевешивает ли потенциальная польза возможный риск. Следует отказаться от курения, неумеренного потребления спиртных напитков и злоупотребления другими наркотическими средствами

Повторные посещения врача. В норме, т.е. при неосложненной беременности, до 28-й недели нужно посещать врача ежемесячно. Затем частоту посещений следует увеличить, доведя на последнем месяце до еженедельной. При каждом визите у женщины определяют кровяное давление и вес тела, делают анализ мочи на белок и сахар, прослушивают сердцебиения плода с помощью фетоскопа и регистрируют размеры матки. Обычно увеличенная матка начинает прощупываться через стенку живота на 12–14-й неделе; на 20-й она достигает уровня пупка, а к концу беременности пальпируется под самой грудной. В середине беременности будущей матери полезно начать посещение специальных занятий, а на последнем месяце – готовиться к появлению ребенка и следить за признаками приближающихся родов.

Вопрос 3. Роды

Точный механизм, запускающий процесс родов, неизвестен. Вероятнее всего, сигнал исходит от надпочечников и гипофиза плода, но важную роль могут играть и некоторые факто-

ры самого материнского организма. Преждевременные роды могут быть связаны с нарушением состояния матки и ее шейки, а также с некоторыми типами инфекции у матери.

Протекание родов. Процесс родов традиционно разделяют на три периода. Первый наступает с началом родов и заканчивается полным раскрытием (расширением) и сглаживанием шейки матки. За начало родов принимают момент, когда сила и частота маточных сокращений (схваток) становятся достаточными для сглаживания и раскрытия шейки. В начале первого периода схватки могут быть нерегулярными и разной силы. Однако позднее они становятся более регулярными, возникая с двух-трехминутными интервалами и продолжаясь по 45–60с. Первые роды обычно самые долгие.

Второй период начинается с момента полного раскрытия шейки и заканчивается рождением ребенка. Как и первый, второй период при первых родах продолжается дольше, в среднем 50 мин, а при последующих оказывается более коротким – в среднем 20мин. Сокращения матки сохраняют ту же частоту и силу, что и в первый период, но матери приходится прилагать дополнительные усилия для изгнания плода.

Третий период родов начинается с рождения ребенка и заканчивается отделением и выходом последа (плаценты). В среднем это происходит за два-четыре дополнительных сокращения матки после рождения младенца. После этого в течение нескольких минут матка продолжает ритмически, но с меньшей частотой и силой сокращаться, что ускоряет последующее восстановление прежних ее размеров.

Ложные схватки. За несколько недель до начала родов женщина может отмечать ряд изменений. Иногда нарастает частота т.н. ложных схваток. В отличие от истинных схваток эти сокращения кратковременны, нерегулярны, менее сильны и легче переносятся. Неприятные ощущения часто удается ослабить ходьбой или теплой ванной. Роль таких сокращений неизвестна.

Признаки приближающихся родов. Нередко за две недели до родов появляется ощущение «облегчения» и изменяется форма живота. Чаще всего это связано с опущением головки плода в тазовую полость матери; при этом может увеличиться давление на органы таза, в частности на мочевой пузырь, но в то

же время ослабевает давление на диафрагму, и женщине становится легче дышать.

Другим, более поздним признаком приближающихся родов являются слизистые или с примесью крови выделения из шейки матки на ранних этапах ее растяжения. Если такие выделения не спровоцированы вагинальным исследованием, они довольно надежно предвещают наступление родов в ближайшие часы или дни.

Начало родов. Маточные сокращения в начале родов трудно отличить от ложных схваток, однако роды протекают гораздо тяжелее. Схватки сначала идут с интервалами в 5–20 мин, затем постепенно учащаются. Когда сокращения возникают каждые 10 мин и сила их нарастает, необходимо отправить роженицу в родильный дом.

Здесь женщину помещают в предродовое отделение, где собирают краткий анамнез и измеряют вес и кровяное давление. Осматривают шейку матки и оценивают степень опущения головки плода в тазовую полость матери. Здесь же обычно ставят клизму и сбривают или коротко состригают волосы на лобке.

В начале родов мать может продолжать ходить или сидеть в кресле, но в дальнейшем она, как правило, лучше всего чувствует себя лежа в постели. У нее регулярно измеряют кровяное давление и прослушивают сердцебиения плода. По мере развития процесса все чаще проверяют состояние шейки матки. Если это первые роды, врач и акушерка должны обучить женщину методике правильного дыхания и расслабления. В настоящее время в ряде клиник приветствуется присутствие во время родов мужа и других близких роженице людей, которые могут оказать ей поддержку.

Обезболивание. При желании роженицы врач рассматривает возможность применения того или иного способа обезболивания (анестезии). Если роды протекают нормально, допустимо введение умеренных доз наркотических анальгетиков. Хотя почти все такие средства проходят через плаценту и в той или иной степени поступают к плоду, они быстро разрушаются в организме матери и к моменту появления на свет ребенка практически уже отсутствуют.

Другой распространенный способ обезболивания родов – инъекции местных анестетиков, в частности новокаина. Новокаиновая блокада шейки матки и промежности на поздней стадии родов обезболивает шейку и влагалище. Такой подход обеспечивает местный, т.е. более локализованный, эффект обезболивания и сопряжен с меньшим общим воздействием на организм по сравнению с введением наркотиков.

Третий часто используемый в акушерстве метод обезболивания сводится к введению анестетиков под оболочки спинного мозга. Существуют разные варианты этого метода (спинальная, эпидуральная или каудальная блокада), но все они почти полностью снимают болевые ощущения в процессе родов, не меняя его нормального течения.

После полного раскрытия шейки матки женщина должна помогать изгнанию плода, напрягая мышцы живота (натуживаясь) одновременно с сокращениями матки. Если это первые роды, врач и акушерка могут оказать роженице значительную помощь. Незадолго до появления ребенка женщину переводят в родильное отделение.

Родоразрешение. В родильном отделении, как в операционной, находится все необходимое не только для самих родов, но и для неотложной помощи новорожденному. Врач участвует в процессе, помогая прохождению головки и плеч ребенка по родовым путям. Нередко для ускорения родов и предотвращения разрывов мягких тканей таза у матери производят эпизиотомию (короткий разрез промежности). После родов этот разрез тщательно ушивают рассасывающимся шовным материалом.

При родах легкие плода расправляются, из носа и рта новорожденного отсасывают слизь и кровь. Затем пережимают и разрезают пуповину, и дают матери поддержать ребенка. В первые же минуты его обтирают и осматривают с целью обнаружения каких-либо отклонений от нормы, требующих неотложных лечебных мероприятий, а также навешивают опознавательную бирку. На первой и пятой минуте оценивают ребенка по шкале, разработанной Вирджинией Апгар и названной ее именем. Эта шкала позволяет оценить состояние новорожденного в баллах от одного до десяти с учетом частоты сердцебиений, цвета кожных покровов, мышечной активности и громкости крика. Ребенок, получивший по шкале

Апгар очень низкий балл, нередко нуждается в дополнительной помощи сразу же после рождения и попадает в группу повышенного риска в отношении дальнейшего развития.

Как правило, после 2–4 маточных сокращений, следующих за рождением ребенка, отходит и плацента. После этого мать некоторое время наблюдают, а затем переводят в палату, где она остается до выписки. В зависимости от условий ребенок может либо все время находиться с матерью, либо содержаться в отделении для новорожденных.

Вопрос 4. Осложнения

Возникающие в процессе беременности осложнения связаны как с уже имевшимися у женщины заболеваниями, так и с самой беременностью. Ранние осложнения могут приводить к выкидышу(самопроизвольному аборту). Выкидышем заканчивается примерно 15% известных зачатий, и при тщательном исследовании таких абортированных зародышей больше чем у половины из них обнаруживаются те или иные отклонения от нормы. Другая серьезная проблема ранних стадий беременности – прикрепление оплодотворенной яйцеклетки не к стенке матки, а к стенке маточной трубы. Такая трубная, или внематочная, беременность встречается приблизительно в одном из 200 случаев беременности и обычно требует срочного хирургического удаления трубы во избежание ее разрыва и кровотечения.

Преждевременные роды. В середине беременности осложнения возникают редко, но ближе к ее концу их частота возрастает. Главная опасность в течение трех последних месяцев – преждевременное начало родов, что наблюдается примерно в одном из 20 случаев и служит основной причиной смерти новорожденных. В настоящее время не существует надежных методов остановки преждевременных родов, однако ряд лекарственных средств приносит некоторую пользу и часто применяется.

Токсемия (токсикоз беременных) – патологическое состояние, присущее только беременности. Развиваясь ближе к ее завершению или во время родов, она характеризуется повышением кровяного давления, появлением белка в моче и выражен-

ными отеками кистей, стоп и лица. В отсутствие лечения возможны тяжелые последствия для матери и новорожденного

Токсемия чаще встречается при первой беременности, при многоплодии, а также при наличии у матери артериальной гипертензии или сахарного диабета.

Стимуляция родов. При тяжелой токсемии нередко приходится прибегать к искусственной стимуляции родов. Этого можно достичь внутривенным введением синтетического окситоцина (гормона гипофиза). В прошлом стимуляцию родов часто применяли для ускорения процесса, затем было установлено, что такой подход представляет некоторую опасность, и в настоящее время его используют гораздо реже. Необходимость в искусственной стимуляции родов возникает не только при токсемии, но и при других отклонениях. К ним относятся разрыв плодных оболочек до начала родового процесса, переношенная беременность, а также резус-конфликт.

Кесарево сечение. Родоразрешение путем кесарева сечения производят все чаще, и в настоящее время таким способом рождается на свет приблизительно 10–15% детей. По большей части кесарево сечение производят для того, чтобы предохранить плод от травм, с которыми может быть сопряжено его прохождение по естественным родовым путям и которые могут привести к необратимым физическим или психическим нарушениям. Влагалищные роды представляют опасность в случае несоответствия размеров таза матери головке плода, при неправильном положении плода в матке, а также при появлении признаков гипоксии плода (недостатке кислорода). Кесарево сечение показано и при других состояниях, угрожающих здоровью матери. Например, аномальное прикрепление плаценты или ее преждевременное отслоение от стенки матки может вызвать смертельно опасное кровотечение. У перенесшей кесарево сечение женщины и последующие беременности обычно требуют такого же способа родоразрешения. Операцию проводят в сроки, близкие к рассчитанной дате родов. Однако в некоторых случаях женщине, ранее перенесшей кесарево сечение, позволяют рожать естественным путем (через влагалище).

При кесаревом сечении ребенка извлекают через разрез в нижнем сегменте матки.

Операция занимает примерно 1 ч и, хотя считается серьезным хирургическим вмешательством, обычно не дает осложнений. После кесарева сечения назначают больше болеутоляющих средств, чем после влагалищных родов, а пребывание в больнице затягивается до 5–7 дней после родов вместо обычных 2–3.

Наблюдение за плодом. Во многих случаях, особенно если до или во время родов выявляется опасность осложнений, используют ряд методов оценки состояния плода. Если дата родов неизвестна или ожидаются преждевременные роды, проводят ультразвуковое исследование. По диаметру головки плода срок беременности определяется с точностью до 2 недель. С помощью ультразвука можно также установить расположение плаценты в матке и определить позицию плода. Биохимическое исследование проб амниотической жидкости (околоплодных вод) позволяет оценить зрелость легких плода.

Недавно был разработан метод мониторинга (непрерывной регистрации) сердцебиений плода, дающий возможность следить за его состоянием во время родов. Для этого используется электронный прибор, записывающий изменения частоты сердечных сокращений по времени на медленно движущейся бумажной ленте. Мониторинг позволяет своевременно обнаружить изменения сердечной деятельности у плода в случаях сдавления его головки, пережатия пуповины или недостаточности функции плаценты и предвидеть развитие угрожающего состояния новорожденного.

Генетическое консультирование. Возможность выявления врожденных пороков на ранних стадиях беременности – одно из самых выдающихся достижений медицины. Приблизительно у 3% новорожденных имеются психические или физические нарушения (или то и другое вместе), которые обусловлены сочетанием внешних воздействий и наследственных особенностей. Хотя в настоящее время до родов удается диагностировать лишь немногие из врожденных нарушений, возможности такого прогноза быстро увеличиваются. Для пренатальной (дородовой) диагностики используют ультразвуковое и рентгеновское исследования, а также анализы амниотической жидкости и крови плода. Разрабатывается и метод прямого осмотра плода через вводимый в матку световод размером немногим больше иглы. В настоящее время невозможно

и практически нецелесообразно обследовать таким образом всех беременных, однако у женщин с отягощенным семейным анамнезом или определенными особенностями (например, при возрасте беременной старше 35 лет) следует проводить пренатальную диагностику состояния плода.

Тема 28: Понятие биогеоценоза, экосистемы и биосферы

Вопросы

1. Понятие биогеоценоза.
2. Понятие экосистемы.
3. Понятие биосферы.

Вопрос 1. Понятие биогеоценоза

Понятие о биогеоценозе ввел в научный обиход в 1942 году академик Владимир Николаевич Сукачёв (1880-1967). Согласно его представлениям, биогеоценоз — это совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, растительности, животного мира и мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий), имеющая специфику взаимодействия этих слагающих ее компонентов и определенный тип обмена веществом и энергией их между собой и другими явлениями природы.

Биогеоценоз — открытая биокосная (т. е. состоящая из живого и неживого вещества) система, основным источником внешней энергии для которой является энергия солнечного излучения. Эта система состоит из двух основных блоков. Первый блок, экотоп, объединяет все факторы неживой природы (абиотической среды). Эту косную часть системы образуют аэротоп — совокупность факторов надземной среды (тепло, свет, влажность и т. д.) и эдафотоп — совокупность физических и химических свойств почвенно-грунтовой среды. Второй блок, биоценоз, представляет собой совокупность всех видов организмов. В функциональном отношении биоценоз состоит из автотрофов — организмов, способных на основе использования энергии солнечных лучей создавать органическое вещество из неорганиче-

ского, и гетеротрофов — организмов, использующих в качестве источника вещества и энергии созданное автотрофами органическое вещество.

Очень важную функциональную группу составляют диазотрофы — прокариотические организмы-азотфиксаторы. Они определяют достаточную автономность большинства природных биогеоценозов в обеспечении растений доступными соединениями азота. Сюда относятся как автотрофные, так и гетеротрофные бактерии, цианобактерии и актиномицеты.

В литературе, особенно зарубежной, вместо термина биогеоценоз или наряду с ним, используют понятие экосистема, предложенное английским геоботаником Артуром Тэнсли и немецким гидробиологом Вольтереком. Экосистема и биогеоценоз по существу представления идентичные. Однако экосистема понимается как безразмерное образование. Как экосистему, например, рассматривают гниющий пень в лесу, отдельные деревья, лесной фитоценоз, в котором эти деревья и пень расположены; лесной массив, в который входит ряд фитоценозов; лесную зону и т. д. Биогеоценоз же всегда понимают как хорологическую (топографическую) единицу, имеющую определенные границы, очерченные границами входящего в его состав фитоценоза. «Биогеоценоз — это экосистема в границах фитоценоза» — афоризм одного из единомышленников В. Н. Сукачёва. Экосистема — более широкое понятие, чем биогеоценоз. Экосистемой может быть не только биогеоценоз, но и зависящие от биогеоценозов биокосные системы, в которых организмы представлены лишь гетеротрофами, а также такие созданные человеком биокосные системы, как зернохранилище, аквариум, корабль с населяющими его организмами и др.

Консорции как структурно-функциональные единицы биоценозов

Представление о консорциях в современном понимании их как структурно-функциональных элементов биоценозов было сформировано в начале 50-х годов XX в. отечественными учеными — зоологом Владимиром Николаевичем Беклемишевым и геоботаником Леонтием Григорьевичем Раменским.

Консорции состоят из центрального ядра (детерминанта консорции), образованного ценотической популяцией автотрофно-

го неэпифитного вида растений, и связанных с ней прямыми или опосредованными (косвенными) связями организмов, образующих ряд уровней взаимодействия — концентров. В первый из них «ходят» организмы, непосредственно связанные с популяцией земского растения или только трофически (т. е. пищевыми отношениями; большинство животных — фитофаги), или только топически (т. е. условиями местообитания; эпифиты, лианы, животные, гнездящиеся на автотрофных растениях), или и трофически и топически (паразитные организмы, животные эндобионты, симбионты). Трофически связанные с автотрофным растением организмы получают от него вещество и энергию. Животные эндобионты, фитопаразиты, а также симбионты, контактно связанные зелеными растениями, не только получают от них энергию и вещества, но и выделяют в их ткани свои метаболиты.

Организмы, входящие в состав второго центра, используют в качестве источника энергии и веществ организмы, образующие первый центр (фитофаги, фитопаразиты, сапрофиты), как в живом, так и в отмершем состоянии, а также экскременты животных — фитофагов и сапрофагов. В соответствии с этим в состав второго центра входят зоофаги (хищники), зоопаразиты, микофаги (питающиеся грибами), сапротрофы второго порядка и др. Аналогична структура последующих концентров консорциев.

Консорсии популяций некоторых видов растений могут состоять из многих десятков или даже сотен видов растений, животных, грибов и прокариот. В составе только первых трех концентров в консорции березы бородавчатой (*Betula verrucosa*) известно более 900 видов организмов.

Общая характеристика природных сообществ и их структуры

Основной единицей природных сообществ является биоценоз. Биоценоз — сообщество растений, животных, грибов и других организмов, населяющих одну и ту же территорию, взаимно связанных в цепи питания и оказывающих друг на друга определенное влияние.

Биоценоз состоит из растительного сообщества и организмов, сопутствующих этому сообществу.

Растительное сообщество — совокупность растений, произрастающих на данной территории, составляющих основу конкретного биоценоза.

Растительное сообщество образовано автотрофными фотосинтезирующими организмами, которые являются источником питания для гетеротрофных организмов (фитофагов и детритофагов).

Исходя из экологической роли, организмы, образующие биоценоз, разделяют на продуценты, консументы, редуценты и детритофаги различных порядков.

С понятием «биоценоз» тесно связано понятие «биогеоценоз». Существование организма невозможно без среды его обитания, поэтому на состав флоры и фауны данного сообщества организмов большое влияние оказывает субстрат (его состав), климат, особенности рельефа данной конкретной местности и т. д. Все это делает необходимым введение понятия «биогеоценоз».

Биогеоценоз — устойчивая саморегулирующаяся экологическая система, находящаяся на данной конкретной территории Земли, в которой органические компоненты тесно и неразрывно связаны с неорганическими.

Биогеоценозы многообразны, они определенным образом взаимосвязаны друг с другом, могут быть устойчивыми длительное время, однако под влиянием изменяющихся внешних условий или в результате деятельности человека могут изменяться, погибать, заменяться на другие сообщества организмов.

Биогеоценоз состоит из двух составных частей: биоты и биотопа.

Биотоп — относительно однородное по абиотическим факторам пространство, занятое биогеоценозом (биотой) (иногда под биотопом понимают местообитание вида или отдельной его популяции).

Биота — совокупность различных организмов, населяющих данную территорию и входящую в состав данного биогеоценоза. Она образована двумя группами организмов, отличающихся по способу питания — автотрофами и гетеротрофами.

Автотрофными организмами (автотрофами) называют такие организмы, которые способны усваивать энергию, поступающую извне в виде отдельных порций (квантов) с помощью хлорофилла

или других веществ, при этом данные организмы синтезируют органические вещества из неорганических соединений.

Среди автотрофов различают фототрофы и хемотрофы: к первым относят растения, ко вторым — хемосинтезирующие бактерии, например серобактера.

Гетеротрофными организмами (гетеротрофами) называют организмы, которые питаются готовыми органическими веществами, при этом последние являются и источником энергии (она выделяется при их окислении), и источником химических соединений для синтеза собственных органических веществ.

К гетеротрофам относят животных, грибы, бактерии (паразиты, сапрофиты

Вопрос 2. Понятие экосистемы

Термин “экосистема” впервые был предложен английским экологом.

А. Тенсли в 1935 году. Но само представление об экосистеме возникло значительно раньше. Упоминание, о единстве организмов и среды, есть в самых ранних работах. Прежде, чем дать определение экосистемы, приведем понятие самого слова “система”.

Система – это реальный или мыслимый объект, целостные свойства которого, могут быть представлены как результат взаимодействия слагающих его частей. Основные свойства системы – это единство, целостность и взаимосвязи между ее компонентами.

Экосистема – совокупность совместно обитающих разных видов организмов и условий их существования, находящихся в закономерной взаимосвязи. Экосистема – это широкое понятие: луг, лес, река, океан, ствол гниющего дерева, биологические пруды очистки сточных вод.

Одним из видов экосистемы является биогеоценоз – это сугубо наземная экосистема, т.е. природная экосистема на поверхности Земли (река, луг, лес и т.д.). Любой биогеоценоз является экосистемой, но не всякая экосистема может являться биогеоценозом.

Биогеоценоз (в дальнейшем будем называть экосистема) состоит из экотопа и биоценоза. Экотоп – это совокупность абиотических факторов (почва, вода, атмосфера, климат и др.). Биоценоз – совокупность живых организмов (растительность, животные, микроорганизмы).

Главное свойство экосистемы – взаимосвязь и взаимозависимость всех ее компонентов. Стрелки на схеме показывают эту взаимосвязь.

Рассмотрим на примере лесной экосистемы взаимосвязь составляющих ее компонентов.

От климата зависит водный, воздушный, температурный режимы почв, тип растительности, темпы создания органического вещества, активность микроорганизмов.

Почва оказывает влияние на климат; в атмосферу из почвы выделяется углекислый газ, азот, соединения серы, метан, сероводород и другие газы.

Растительность из почвы берет воду, биогенные вещества, гумус; из атмосферы – углекислый газ, солнечную энергию, выделяет в атмосферу кислород, а после ее отмирания в почву поступает детрит.

Растительность является питанием для животных; почва – местообитанием; продукты жизнедеятельности животных поступают в почву, почвенные микроорганизмы перерабатывают их до исходных углекислого газа, воды, гумуса и других минеральных соединений.

Экосистема – это целостная, функционирующая, саморегулирующаяся система.

Для специалиста существует не природа, а экосистема, человек вырубает не лес, а экосистему, выбрасывает отходы не в окружающую среду, а в экосистемы.

На первый взгляд может показаться, что между разными экосистемами нет связи, например между лугом, лесом и прудом. Но если внимательно посмотреть, можно отметить следующее: поверхностным стоком осадков с соседнего луга в пруд вымываются частички почв, гумус, отмершая растительность; осенью часть опавших листьев из леса ветром переносится в пруд; где она разлагается и является пищей для некоторых водных организмов.

В пруду живут личинки насекомых, но взрослые особи покидают водную среду и поселяются на лугу или в лесу.

Крупные наземные экосистемы называют биомами (тундра, тайга, дождевые тропические леса, саванны и др.). Каждый биом состоит из множества экосистем, связанных между собой.

Глобальная экосистема Земли – биосфера.

Вопрос 3. Понятие биосферы

Биосфера- глобальная экологическая система планеты, включающая в себя все живые организмы вместе со средой их обитания.

Биосфера представляет собой совокупность частей земных оболочек (лито-, гидро- и атмосферы), которая заселена живыми организмами, находится под их влиянием и занята продуктами их жизнедеятельности.

В 20-е годы XX- го столетия учение о биосфере было развито и преобразовано выдающимся естествоиспытателем академиком В.И. Вернадским. Он впервые подчеркнул исключительную роль живых организмов в образовании биосферы. По его определению, биосфера -структурная оболочка Земли, созданная самой жизнью, где не только живут, но которая преобразована живыми организмами и связана с их жизнедеятельностью. Таким образом, биосфера - это и среда жизни, и результат жизнедеятельности организмов.

Размеры биосферы. По учению В.И. Вернадского, биосфера - это область нашей планеты, в которой существует или когда-либо существовала жизнь и которая постоянно подвергается воздействию живых организмов. Поэтому биосфера представляет собой область существования не только современных экосистем, но и включает области, где находятся вещества, возникшие в результате жизнедеятельности живых организмов. Такие вещества называют биогенными. Почти весь кислород атмосферы имеет биогенное происхождение. Биогенными являются также многие полезные ископаемые (нефть, уголь, газ и др.).

Благодаря такому подходу В.И. Вернадский существенно расширил границы биосферы, включив в нее всю гидросферу(глубиной до11 км), нижние слои атмосферы (до озонового

слоя, высотой 25-35 км), где сосредоточен практически весь кислород, и часть литосферы до глубины залегания полезных ископаемых биогенного происхождения (8-10 м, реже 3 км).

Структура биосферы. Биосфера имеет иерархическую структуру. Традиционно в структуре биосферы выделяют атмосферу, гидросферу и литосферу. Атмосфера делится на слои в зависимости от температуры воздуха: ниже 0°C - альтобиосфера, выше 0°C - тропобиосфера. Гидросфера включает в себя океанобиосферу и аквабиосферу, т.е. солоно- и пресноводную среду, и также делится на слои в зависимости от освещенности: фото-, дисфото- и афотосферы. Гео(био)сфера состоит из террабиосферы (твёрдо-водной среды) и литобиосферы (твёрдо-воздушной среды). Выделенные подсферы включают экосистемы различного иерархического уровня.

Состав биосферы включает 7 глубоко разнородных частей:

живое вещество;

биогенное вещество;

косное вещество;

биокосное вещество;

вещество в радиоактивном распаде;

вещество рассеянных атомов, не связанных химическими реакциями;

вещество космического происхождения.

Живое вещество - совокупность организмов на планете (растительный и животный мир, микроорганизмы).

Биогенное вещество - совокупность веществ, возникших в результате жизнедеятельности организмов (торф, нефть, мел, природный газ и др.).

Косное вещество - совокупность веществ, в образовании которых живые организмы не участвуют, т.е. горные породы магматического, неорганического происхождения, вода,

Биокосное вещество - продукты распада и переработки горных и осадочных пород живыми организмами (почва, природные воды).

Основные функции биосферы

Благодаря способности трансформировать солнечную энергию в энергию химических связей, растения и другие орга-

низмы выполняют ряд фундаментальных биологических функций планетарного масштаба.

Газовая функция. Живые существа постоянно обмениваются кислородом и углекислым газом с окружающей средой в процессах фотосинтеза и дыхания. Растения сыграли решающую роль в формировании состава современной атмосферы. Они строго контролируют концентрации кислорода и углекислого газа, оптимальные для современной биоты.

Концентрационная функция. В процессе эволюции организмы научились извлекать из разбавленного водного раствора и других компонентов природной среды необходимые для них вещества, многократно увеличивая их концентрацию в своем теле.

Таким образом, пропуская через свое тело большие объемы воздуха и природных растворов, живые организмы осуществляют биогенную миграцию и концентрирование химических элементов и их соединений.

Окислительно-восстановительная функция. Многие вещества в природе крайне устойчивы и не подвергаются окислению при обычных условиях. Живые клетки обладают настолько эффективным катализатором- ферментами, что способны осуществлять многие окислительно-восстановительные реакции в миллионы раз быстрее, чем это может происходить в абиотической среде. Благодаря этому живые организмы существенно ускоряют процессы миграции химических элементов в биосфере.

Информационная функция. С появлением первых живых существ на планете появилась и активная("живая") информация, отличающаяся от той "мертвой" информации, которая является простым отражением структуры. Организмы оказались способными к получению информации путем соединения потока энергии с активной молекулярной структурой, играющей роль программы. Способность воспринимать, хранить и передавать молекулярную информацию совершила опережающую эволюцию в природе и стала важнейшим экологическим системообразующим фактором.

Перечисленные функции живого вещества образуют мощную средообразующую функцию биосферы. Деятельность живых организмов обусловила современный состав атмосферы. Растительный покров существенно определяет водный баланс,

распределение влаги и климатические особенности больших пространств. Живые организмы играют ведущую роль в самоочищении воздушной и водной сред. Благодаря растениям, животным и микроорганизмам создается почва и поддерживается ее плодородие. Таким образом, биота биосферы формирует и контролирует состояние окружающей среды.

Следует четко представлять, что окружающая нас среда - это не возникшая когда-то фиксированная и непреходящая физическая должность, а живое дыхание природы, каждое мгновение создаваемое работой множества живых существ.

Биогеохимические круговороты веществ в биосфере

Круговорот веществ - закономерный процесс многократного участия веществ в явлениях, протекающих в биосфере планеты. Вещество, вовлеченное в круговорот, не только перемещается, но и испытывает трансформацию и нередко меняет свое физическое и химическое состояния. Особенно активную роль в ускорении круговорота и трансформации играют живые организмы.

Солнечная энергия на Земле вызывает два вида круговоротов веществ:

большой (биогеохимический) - в пределах биосферы;

малый (биотический) - в пределах элементарных экологических систем.

Большой круговорот веществ - это безостановочный планетарный процесс закономерного циклического, неравномерного во времени и пространстве перераспределения вещества, энергии и информации, многократно входящих в непрерывно обновляющиеся экологические системы биосферы.

Малый круговорот веществ развивается на основе большого и заключается в круговой циркуляции веществ между почвой, растениями, микроорганизмами и животными.

Оба круговорота взаимосвязаны и представляют собой единый процесс, который обеспечивает воспроизводство живого вещества и оказывает активное влияние на облик биосферы.

На нашей планете всегда существовал геохимический круговорот веществ, но с появлением жизни на Земле геохимические связи стали биогеохимическими - более сложными и разнообразными. Поэтому говорят о биогеохимическом круговороте веществ или биогеохимическом цикле.

Различают три основных типа биогеохимических круговоротов:

1) круговорот воды;

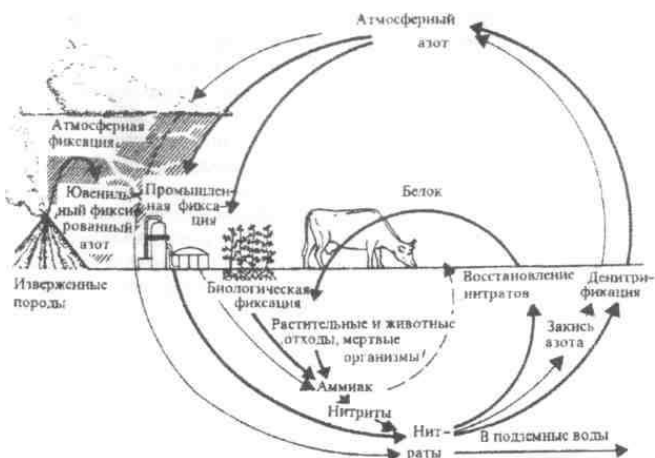
круговорот элементов преимущественно в газовой фазе (кислорода, углерода, азота и др.);

круговорот элементов преимущественно в твердой и жидкой фазах (фосфора и др.).

Круговорот углерода на суше начинается с фиксации углекислого газа растениями в процессе фотосинтеза.

Из CO_2 и H_2O образуются углеводы и высвобождается кислород. Фиксированный в растениях углерод в некоторой степени потребляется животными. Отжившие животные и растения разлагаются микроорганизмами, в результате чего углерод мертвого органического вещества окисляется до углекислого газа и снова попадает в атмосферу. Кроме того, углерод частично выделяется на всех стадиях круговорота в составе CO_2 во время дыхания растений и животных. Подобный круговорот углерода совершается и в океане.

Круговорот азота (рис.5). Азот, которого очень много в атмосфере, усваивается растениями лишь после соединения его с водородом или кислородом. Это, как правило, происходит в результате различных физических явлений, протекающих в атмосфере (атмосферная фиксация) и производстве (промышленная фиксация), а также в результате действия азотфиксирующих бактерий или водорослей (биофиксация). Соединения азота используются растениями и через них по пищевым цепям попадают к животным. Растительные и животные отходы, мертвые организмы разлагаются, и с помощью денитрифицирующих бактерий происходит восстановление азота и возвращение его в атмосферу.



Круговорот азота

В настоящее время сельское хозяйство и промышленность дают почти на 60% больше фиксированного азота, чем естественные наземные экосистемы, что приводит к накоплению нитратов в почве и далее в трофических цепях.

Биогеохимические круговороты веществ и связанные с ними превращения энергии являются основой динамического равновесия и устойчивости биосферы. Нормальные, ненарушенные биогеохимические циклы имеют почти круговой, почти замкнутый характер. Этим поддерживается известное постоянство и равновесие состава, количества и концентрации компонентов в биосфере, например состава атмосферного воздуха, концентрации солей в воде океанов и т.п. В свою очередь, подобное постоянство обуславливает генетическую и физиологическую приспособленность живых организмов к существованию на Земле.

Эволюция биосферы. Понятие ноосферы. Понятие техносферы

Возникновение и существование всех экологических систем в биосфере обусловлено эволюцией. Самоподдерживающиеся динамические системы эволюционируют в сторону усложнения организации и возникновения системной иерархии, Первопричиной, источником движущей силы последовательных

качественных изменений экологических систем служит поток энергии через систему и отбор наиболее эффективных преобразователей энергии, вещества и информации.

Эволюция биосферы состоит из добиотической фазы, в ходе которой химическая эволюция подготовила возникновение жизни и, собственно, биотической эволюции.

Добиотическая эволюция.

1. Образование планеты (около 4,5 млрд. лет назад). Первичная атмосфера имела высокую температуру и содержала водород, азот, пары воды, метан, аммиак, инертные газы и другие простые соединения.

2. Возникновение абиотического круговорота веществ в атмосфере за счет ее постепенного остывания и энергии солнечного излучения. Появляется жидкая вода, формируются гидросфера, круговорот воды, водная миграция элементов и многофазные химические реакции в растворах. Происходит отбор и рост молекул.

3. Образование органических соединений в процессах конденсации и полимеризации простых соединений С, Н, О, N за счет энергии ультрафиолетового излучения Солнца, радиоактивности, электрических разрядов и других энергетических импульсов. Аккумуляция лучистой энергии в органических веществах.

4. Возникновение круговорота органических соединений углерода. Дальнейшее усложнение органических веществ и появление устойчивых комплексов макромолекул; возникновение молекулярных систем самовоспроизведения.

Биотическая эволюция.

Возникновение жизни (около 3,5 млрд. лет назад). Структуризация белков и нуклеиновых кислот с участием биомембран приводит к появлению вирусоподобных тел и первичных клеток, способных к делению. Возникает биотический круговорот, и формируются функции живого вещества.

5. Развитие фотосинтеза и обусловленное им изменение состава среды: увеличение количества кислорода. Ускоряется биогенная миграция элементов.

6. Появление многоклеточных организмов, наземных растений и животных приводит к дальнейшему усложнению биогеохимического круговорота. Возникают сложные экологиче-

ские системы, содержащие все уровни трофической организации. Достигается высокая степень замкнутости биогеохимического круговорота.

7. Увеличение биотического разнообразия и усложнение строения и функциональной организации живых существ и биосферы в целом. Организмами заняты все экологические ниши на планете.

8. Появление человека - лидера эволюции. Возникновение и развитие человеческого общества, вовлечение в техногенез непропорционально больших потоков вещества и энергии нарушают замкнутость биогеохимических круговоротов, вызывают антропогенные экологические кризисы и становятся негативным фактором эволюции биосферы.

Хозяйственная деятельность человека вызвала появление на Земле качественно новой среды обитания -техносферы. Техносфера- часть биосферы, преобразованной людьми с помощью прямого или косвенного действия технических средств и занятая продуктами его деятельности. Некоторые ученые считают техносферу синонимом ноосферы, другие- признают техносферу как переходное состояние от биосферы к ноосфере.

В переводе с греческого "ноосфера"- это сфера разума, С научной точки зрения, ноосфера- это коллективное сознание, которое станет контролировать направление будущей эволюции планеты. Развивая концепцию ноосферы, В.И, Вернадский определил ее как этап эволюции биосферы, который характеризуется ведущей ролью разумной и сознательной деятельности человеческого общества в развитии биосферы. Разумная деятельность человека должна стать главным фактором развития биосферы.

Ноосфера, по В.И. Вернадскому,- это биосфера, разумно управляемая человеком. "...Все человечество, вместе взятое, представляет ничтожную массу вещества планеты, Мощь его связана не с его материей, но с его мозгом, разумом и направленным этим разумом его трудом". Человек должен понять, "что он не есть случайное, независимое от окружающего свободно действующее природное явление. Он составляет неизбежное проявление большого природного процесса, закономерно длящегося в течение, по крайней мере, 2-х миллионов лет.

Согласно закону ноосферы В.И. Вернадского: биосфера неизбежно превратится в ноосферу, т.е. сферу, где разум человека будет играть доминирующую роль в развитии системы человек-природа. Иными словами, хаотичное саморазвитие, основанное на процессах естественной саморегуляции, будет заменено разумной стратегией, базирующейся на прогнозно-плановых началах, регулировании процессов естественного развития.

Если ноосфера - это будущее гармоничное единство человека и природы при главенствующем положении в этой системе человеческого разума, то техносфера- это то окружение, в котором мы сейчас живем.

Тема 29: Воздействие экологических факторов на организм человека и влияние деятельности человека на окружающую среду

Вопросы

1. Комплексное воздействие факторов среды на организм.
2. Влияние природно –экологических факторов на здоровье человека.
3. Влияние деятельности человека на окружающую среду.

Вопрос 1.Комплексное воздействие факторов среды на организм

Несмотря на разнообразие экологических факторов, в характере их воздействия на организм и в ответных реакциях живых существ можно выявить ряд общих закономерностей. У всех организмов в процессе их эволюции выработались приспособления к восприятию факторов в определенных количественных пределах, которые являются пределами положительного влияния на организм, его жизнедеятельность.

Все факторы среды в природе воздействуют на организм одновременно, причем не каждый сам по себе, т.е. в виде простой суммы, а как сложный взаимодействующий комплекс. При этом наблюдается усиление или ослабление силы одного фактора под влиянием другого, в результате чего абсолютная сила

фактора, которую можно измерить с помощью соответствующих приборов, не будет равна силе воздействия фактора, которую можно определить по ответной реакции организма. Например, жару легче переносить при сухом, а не влажном воздухе, угроза замерзания выше при морозе с сильным ветром, чем в безветренную погоду. Таким образом, один и тот же фактор в сочетании с другими оказывает неодинаковое экологическое воздействие. И наоборот, один и тот же экологический эффект может быть достигнут разными путями. Например, компенсация недостатка влаги может быть осуществлена поливом или снижением температуры.

На современного человека воздействует большое количество факторов, обусловленных научно-техническим прогрессом. Это вредные агенты, связанные с развитием атомной и химической промышленности, отходы производства, возрастание темпов жизни, умственных нагрузок и т.д. Воздействие упомянутых факторов на человека коренным образом изменило структуру заболеваемости и смертности. Если в начале XX века ведущими были, главным образом, эпидемические болезни, то в настоящее время на передний план вышли сердечно-сосудистые, онкологические, нервно-психические заболевания и травматизм.

В начале 80-х гг. И. И. Брехманом предложен новый термин валеология, который включает совокупность знаний о генетических, физиологических резервах организма, обеспечивающих устойчивость физического, биологического, психологического, социокультурного развития и сохранения здоровья в условиях влияния на организм меняющихся факторов внешней и внутренней среды.

Валеология предполагает учет генофонда индивида, его психофизиологических характеристик, образа жизни, среды обитания, экологии, профессиональной деятельности.

Ускорение технического прогресса, прогрессирующее загрязнение окружающей среды, значительный рост стрессогенности современного образа жизни увеличивают риск развития заболеваний и делают каждого потенциальным пациентом медицинских учреждений (или целителей). Учение о здоровье и болезни, несмотря на свою тысячелетнюю историю, до настоя-

щего времени все еще не сформировалось как единая научная дисциплина.

Как известно, в последние десятилетия происходит интенсивное изменение окружающей среды за счет резкого расширения промышленного производства, роста количества отходов, загрязняющих окружающую среду. Все это непосредственно влияет на здоровье населения, наносит огромный ущерб экономике, резко уменьшает трудовые ресурсы, а также потенциально создает канцерогенную и мутагенную опасность не только для здоровья настоящих, но и будущих поколений.

Здоровый организм постоянно обеспечивает оптимальное функционирование всех своих систем в ответ на любые изменения окружающей среды, например, перепады температуры, атмосферного давления, изменение содержания кислорода в воздухе, влажности и т.д. Сохранение оптимальной жизнедеятельности человека при взаимодействии с окружающей средой определяется тем, что для его организма существует определенный физиологический предел выносливости по отношению к любому фактору среды и за границей предела этот фактор неизбежно будет оказывать угнетающее влияние на здоровье человека.

Неблагоприятное воздействие факторов окружающей среды на организм зависит от природы и интенсивности факторов, от «готовности» организма и его защитно-приспособительных возможностей противостоять им. С этой позиции выделяют 3 группы факторов:

- 1) факторы, в отношении которых хорошо известна их этиологическая роль в развитии определенных заболеваний;
- 2) факторы среды, которые, не являясь непосредственной причиной болезни, служат условиями для их развития;
- 3) факторы, которые опосредованно влияют на организм, снижая его защитные, приспособительные возможности.

Вопрос 2. Влияние природно –экологических факторов на здоровье человека

Изначально Homo sapiens был подвержен тем же факторам регуляции и саморегуляции экосистемы, что и весь животный мир.

Главными из ограничивающих факторов были гипердинамия и недоедание. Среди причин смертности на первом месте стояли патогенные (вызывающие болезни) воздействия природного характера. Особое значение среди них имели инфекционные болезни, отличающиеся, как правило, природной очаговостью.

Суть природной очаговости в том, что возбудители болезней, ее переносчики и хранители существуют в данных природных условиях (очагах) вне зависимости от того, обитает здесь человек или нет. Человек может заразиться от диких животных (грызунов, птиц, насекомых и др.), проживая в этой местности постоянно или случайно оказавшись здесь. Природно-очаговые болезни являлись основной причиной гибели людей вплоть до начала XX в. Наиболее страшной из таких болезней была чума, возбудителем которой является чумной микроб. Смертность от чумы во много раз превосходила гибель людей в бесконечных войнах средневековья и более позднего времени. С XIV в. чума неоднократно отмечалась в России, в том числе и в Москве, и даже в начале XX в. наблюдалась в портовых городах Черного моря, в том числе и в Одессе. В XX в. крупные эпидемии были зарегистрированы в Индии.

Заболевания, связанные с окружающей человека природной средой, существуют и в настоящее время, хотя с ними ведется постоянная борьба. Это объясняется, в частности, причинами сугубо экологической природы, например, резистентностью (выработкой сопротивления к различным факторам воздействия) носителей возбудителей и самих возбудителей болезней. Характерным примером влияния этих процессов является борьба с малярией.

Малярия – заболевание, вызываемое заражением паразитами рода *Plasmodium*, передаваемое укусом зараженного малярийного комара. Это заболевание – экологическая и социально-экономическая проблема. В 1955 г., по данным ЮНЕП, умирало ежегодно примерно 2 млн. человек. Против комаров в 1943 г. начали применять ДДТ, особенно интенсивно – с 1956 г. ДДТ и другие пестициды – мощные и стойкие, но уже к 70-м гг. число популяций комаров, стойких к ДДТ, возросло настолько, что число заболеваний, например, только в Индии возросло до 6 млн. уже в 1976 г., в то время как в 1966 г. их было всего

40тысяч. Другой фактор, препятствующий ликвидации малярии, – у ее паразита появилась устойчивость к лекарствам от малярии (хлорохину).

Сейчас, чтобы не отравлять окружающую среду пестицидами, все чаще пользуются экологически оправданными методами борьбы с малярией. Это методы управления жизненной средой – осушение заболоченных территорий, уменьшение солености воды и др., и биологические методы – использование других организмов для ликвидации комара, для чего культивируются не менее 265 видов личиноядных рыб, а также микробы, вызывающие болезни и гибель комаров.

Высокая смертность людей от инфекционных болезней обусловила достаточно медленный рост численности населения – первый миллиард жителей на Земле появился лишь в 1860 г. Развитие профилактической медицины резко улучшило санитарно-гигиенические условия жизни, привело к значительному снижению заболеваемости природно-очаговыми болезнями, а некоторые из них в XX в. практически исчезли.

Вопрос 3. Влияние деятельности человека на окружающую среду

Загрязнение атмосферы

Атмосфера - внешняя оболочка биосферы. Ее роль в природных процессах биосферы огромна: она определяет общий тепловой режим поверхности нашей планеты, защищает ее от вредных воздействий космического и ультрафиолетового излучений. Циркуляция атмосферы оказывает влияние на местные климатические условия, а через них - на режим рек, почвенно-растительный покров.

Для того чтобы жить, человеку нужно готовить пищу, иметь тёплое жилище, поэтому он вынужден сжигать топливо. Сначала горели обычные костры, но с развитием технологий и производства появились «научно – технические костры» - топки паровозов, пароходов, металлургических заводов, электростанций. А ещё прибавить к этому миллионы двигателей внутреннего сгорания, реактивные двигатели, атомные реакторы. К тому

же, чтобы «костёр» горел, его нужно постоянно «подкармливать». А «ест» такой костёр как раз атмосферный кислород.

Основная причина загрязнения атмосферы - сжигание природного топлива. Из печей, топок, выхлопных труб автомобилей в воздух попадает целый ряд загрязняющих веществ. Один из самых страшных пожирателей кислорода – автомобиль. За одну только поездку он может поглотить кислорода столько, что хватит одному человеку на целый день. В результате сжигания различного топлива в атмосферу ежегодно выбрасывается около 20 миллиардов тонн углекислого газа, поэтому его содержание в атмосфере постепенно возрастает. За последние 100 лет оно увеличилось более чем на 10%. Углекислый газ препятствует тепловому излучению в космическое пространство, создавая там так называемый «парниковый эффект». Из-за него увеличивается средняя температура атмосферы на несколько градусов в год, что способно вызвать таяние ледников полярных областей, повышение уровня Мирового океана, изменение его солёности, температуры и другие неблагоприятные последствия.

В процессе своей деятельности человек загрязняет окружающую среду. Над городами и промышленными районами в атмосфере возрастает концентрация газов, выделяемых в атмосферу различными промышленными предприятиями. Загрязнённый воздух вреден для здоровья не только человека, но и для здоровья живых организмов суши, воды и почвы. Кроме того, вредные газы, соединяясь с атмосферной влагой и выпадая в виде кислотных дождей, ухудшают качество почвы и снижают урожай.

Особую опасность представляет разрушение озонового слоя, которое наблюдается в последние годы. Большинство учёных связывают это с деятельностью человека.

Таким образом, изменение содержания углекислого газа в атмосфере в значительной мере влияет на климат Земли.

Для того чтобы сжечь топливо, его нужно получить. Для этого вырубается леса – «лёгкие нашей планеты».

Загрязнение воды

Вода - основа жизненных процессов в биосфере. Вода - самое распространенное неорганическое соединение на планете. Вода - основа всех жизненных процессов.

С появлением жизни на Земле круговорот воды стал относительно сложным, т.к. к простому явлению испарения добавились более сложные процессы, связанные с жизнедеятельностью живых организмов, особенно человека.

Масштабы использования водных ресурсов быстро увеличиваются. Это связано с ростом населения и улучшением санитарно-гигиенических условий жизни человека, развития промышленности и орошаемого земледелия. Суточное потребление воды на хозяйственно-бытовые нужды в сельской местности составляет 50 л на 1 человека, в городах - 150 л. Огромное количество воды используется в промышленности. Промышленность поглощает 85% всей воды, расходуемой в городах, оставляя на хозяйственно-бытовые цели около 15%.

Еще больше воды необходимо для орошения. В нашей стране ежегодно расходуется на орошение более 150 км³. При сохранении таких темпов потребления и с учетом прироста населения и объемов производства к 2100 году человечество может исчерпать все запасы пресной воды.

Кроме высокого уровня расхода воды вызывается ее растущее загрязнение вследствие сброса в реки отходов промышленности и особенно химического производства и коммуникационных сточных вод. Это приводит к омертвлению водоемов. Вредные вещества, поступающие в воды – это нефть, нефтепродукты, токсичные синтетические вещества, металлы. В реки и озера поступают и вымываемые из почвы дождями минеральные удобрения - нитраты и фосфаты, которые в больших концентрациях способны резко изменить вид и состав водоёмов, а также различные ядохимикаты, используемые в сельском хозяйстве для борьбы с насекомыми-вредителями. Одним из видов загрязнения является тепловое загрязнение. Электростанции, промышленные предприятия часто сбрасывают подогретую воду в водоем, что уменьшает количество кислорода, увеличивает токсичность примесей, нарушает биологическое равновесие. В теплой воде кислород плохо растворяется, и его дефицит местами приводит многие организмы к гибели.

Значительному загрязнению подвергаются воды морей и океанов. С речным стоком, а также от морского транспорта, в моря поступают болезнетворные отходы, нефтепродукты, тяже-

лые металлов, яды. Загрязнение морей и океанов достигает таких масштабов, что в ряде случаев выловленные рыбы и моллюски оказываются непригодными для употребления в пищу.

Антропогенные преобразования вод континентов уже достигли глобальных масштабов, нарушая естественный режим даже крупнейших озер и рек земного шара. По данным Международной организации труда, 70% населения земного шара пользуется некачественной водой. Эта проблема особенно остро стоит в развивающихся странах. Приблизительно 90% всех сельских жителей постоянно пользуются для питья и купания загрязненной водой. По оценкам Всемирной организации здравоохранения 80% заболеваний в мире обусловлены недостаточным качеством и антисанитарным состоянием воды. Из-за этого возникают такие заболевания, как холера, тиф, малярия. От заболеваний, связанных с антисанитарным состоянием воды, на земном шаре страдает около 500 млн. людей.

Загрязнение почвы

Почва - важная составляющая часть биосферы, одно из великих чудес Земли. Почва - верхний слой суши, образовавшийся под влиянием растений, животных, микроорганизмов и климата из материнских горных пород, на которых он находится. Это важный и сложный компонент биосферы, тесно связанный с другими ее частями.

Растения поглощают из почвы необходимые минеральные вещества, но после смерти растительных организмов изъятые элементы возвращаются в почву.

В нормальных естественных условиях все процессы, происходящие в почве, находятся в равновесии. Но нередко в нарушении состояния почвы повинен человек. В результате развития хозяйственной деятельности человека происходит загрязнение, изменение состава почвы и даже ее уничтожение.

Наибольшее воздействие на земную поверхность и недра оказывает горное производство, особенно при открытом способе добычи полезных ископаемых. При этом способе изымаются значительные площади земельных угодий, происходит загрязнение окружающей среды различными тяжелыми металлами. Антропогенные изменения земной поверхности также связаны со строительством крупных гидротехнических сооружений.

Уничтожение лесов и естественного травянистого покрова, многократная распашка земли без соблюдения правил агротехники приводит к возникновению эрозии почвы - разрушению и смыву плодородного слоя водой и ветром. Эрозия в настоящее время стала всемирным злом.

Одним из способов интенсивного загрязнения почвенного покрова выступают металлы и их соединения, радиоактивные элементы, а также удобрения и ядохимикаты, применяемые в сельском хозяйстве. К наиболее опасным загрязнителям почв относят ртуть и свинец. Ртуть поступает в окружающую среду с ядохимикатами, с отходами промышленных предприятий, содержащими металлическую ртуть и различные ее соединения. Еще более массовый и опасный характер носит загрязнение почв свинцом. Известно, что при выплавке одной тонны свинца в окружающую среду с отходами выбрасывается его до 25 кг. Соединения свинца используются в качестве добавок к бензину, поэтому автотранспорт является серьезным источником свинцового загрязнения. Особенно много свинца в почвах вдоль крупных автострад.

Радиоактивные элементы могут попадать в почву и накапливаться в ней в результате выпадения осадков от атомных взрывов или при удалении жидких и твердых отходов промышленных предприятий, АЭС или научно-исследовательских учреждений, связанных с изучением и использованием атомной энергии. Радиоактивные вещества из почв попадают в растения, затем в организмы животных и человека, накапливаются в них и приводят к различным заболеваниям и даже к летальному исходу.

Значительное влияние на химический состав почв оказывает современное сельское хозяйство, широко использующее удобрения и различные химические вещества для борьбы с вредителями, сорняками и болезнями растений. При этом с каждым годом производство и применение удобрений и ядохимикатов в сельском хозяйстве возрастает. Неумелое и бесконтрольное использование их приводит к нарушению круговорота веществ в биосфере.

Влияние человека на живые организмы

Воздействие человека на живую природу складывается из прямого влияния на изменения природной среды. Одна из форм

прямого воздействия на растения и животных - вырубка леса. Оказавшись внезапно в условиях открытого местообитания, растения нижних ярусов леса испытывают неблагоприятное влияние солнечного излучения. У теплолюбивых растений травянистых и кустарничковых ярусов разрушается хлорофилл, угнетается рост, некоторые виды исчезают. На местах вырубок поселяются светолюбивые растения, устойчивые к повышенной температуре и недостатку влаги. Меняется и животный мир: виды, связанные с древостоем, исчезают или мигрируют в другие места.

Срубленные деревья используются в качестве топлива.

Прямое влияние человека на животный мир заключается в истреблении видов, представляющих для него пищевую или другую материальную пользу. Считается, что с 1600 года человеком было истреблено более 160 видов и подвидов птиц и не менее 100 видов млекопитающих. Многие виды животных находятся на грани вымирания или сохранились только в заповедниках.

Однако в последние годы на животном мире отрицательно сказывается чрезмерное применение минеральных удобрений в сельском хозяйстве, загрязнение Мирового океана и другие антропогенные факторы. Поэтому при возрастающей антропогенной нагрузке многие виды животных нуждаются в дальнейшей охране и воспроизводстве.

Исчезновение сравнительно небольшого числа видов животных и растений может показаться не очень существенным. Однако главная ценность живущих ныне видов заключается не в их единственном значении. Каждый вид занимает определенное место в биоценозе, в цепи питания, и заменить его не может никто. Исчезновения того или иного вида ведет к уменьшению устойчивости биоценозов.

Как же защитить природу от деятельности человека?

Защита атмосферы

Основные пути снижения и полной ликвидации загрязнения атмосферы следующие: разработка и внедрение очистных фильтров, применение экологически безопасных источников энергии, безотходной технологии производства, борьба с выхлопными газами автомобилей, озеленение, а также правовая охрана.

Очистные фильтры являются основным средством борьбы с промышленным загрязнением атмосферы. Очистка выбросов в атмосферу осуществляется путем пропускания их через различные фильтры (механические, электрические, магнитные, звуковые и др.), воду и химически активные жидкости. Все они предназначены для улавливания пыли, паров и газов. Очистка промышленных отходов не только предохраняет атмосферу от загрязнений, но и дает дополнительное сырье и прибыли предприятиям до 300тыс. долларов в год.

Решить проблему охраны атмосферы только при помощи очистных сооружений невозможно. Необходимо применение комплекса мероприятий, и прежде всего внедрение безотходных технологий.

Один из способов предохранения атмосферы от загрязнения— **переход на использование новых экологически безопасных источников энергии**. Например, строительство станций, использующих энергию приливов и отливов, использование и ветряных двигателей.

Безотходная технология эффективна в том случае, если она строится по аналогии с процессами, происходящими в биосфере: отходы одного звена в экосистеме используются другими звеньями. Цикличное безотходное производство, сопоставимое с циклическими процессами в биосфере, — это будущее промышленности, идеальный путь сохранения чистоты окружающей среды.

В качестве частных решений **защиты воздуха от выхлопных газов автомобилей** можно указать на установку фильтров, организацию движения транспорта, которая уменьшит и исключит частую смену режимов работы двигателей (дорожные развязки, расширение дорожного полотна, строительство переходов и т.д.). Кардинально проблема может быть решена при замене двигателей внутреннего сгорания на электрические. Для уменьшения токсических веществ в выхлопных газах автомобилей предлагается замена бензина другими видами горючего, например смесью различных спиртов. Перспективны газобаллонные автомобили.

Озеленение городов и промышленных центров: зеленые насаждения за счет фотосинтеза освобождают воздух от вредных

веществ и обогащают его кислородом. На листьях деревьев и кустарников оседает до 72% взвешенных частиц пыли. Поэтому в парках, скверах и садах в воздухе содержится пыли в десятки раз меньше, чем на открытых улицах и площадях. Многие виды деревьев и кустарников выделяют фитонциды, убивающие бактерии.

Принятие законов о защите атмосферного воздуха называется правовой охраной атмосферы. Нарушители караются штрафом.

Для поддержания чистоты воздуха большое значение имеет планировка города. Фабрики и заводы, транспортные магистрали должны зоной, состоящей из зеленых насаждений. Необходимо учитывать розу ветров, рельеф местности и наличие водоемов, располагать жилые кварталы с подветренной стороны и на возвышенных участках. Промышленные зоны лучше размещать вдали от жилых кварталов или за пределами города.

Защита воды

Главной защитой водоёмов от загрязнения являются **очистные сооружения**. Они предназначены для удаления из водоёма промышленных и хозяйственных стоков.

Улучшение качества воды и восстановление ее чистоты происходит под влиянием **разбавления** (перемешивания загрязнённой струи со всей массой воды) и минерализации органических веществ с отмиранием внесённых в реку чуждых ей бактерий – собственно самоочищения.

На насосных станциях перед двухъярусными установками устанавливаются **решётки**. Считается, что задержанный на решетках мусор не должен попадать на очистные сооружения, так как он практически не поддаётся биологическому окислению и только перегружает сооружения.

Для очистки сточных вод от небольших объектов применяются фильтрующие колодцы.

Защита почвы

Для предотвращения загрязнения почв вредными веществами используют **экологические методы защиты растений**. Они повышают природную способность почв к самоочищению, не применяют особо опасные и стойкие препараты и др. Например, широко используется **разведение и выпуск насекомых-хищников** — божьей коровки, жужелицы, муравьев и др.

Изъятие пахотных земель для капитального строительства и других целей может происходить лишь в исключительных случаях. Для сохранения продуктивности земель необходимо расширять использование для строительства условно непригодных для сельского хозяйства земель, прокладывать коммуникации под землей, повышать этажность застройки городов и населенных пунктов и т. д.

При проведении строительных и иных работ, связанных с механическим нарушением почвенного покрова, **предусматривается снятие, сохранение и нанесение плодородного почвенного слоя на нарушенные земли.** Плодородный слой вывозится и складывается в специальных временных отвалах — буртах. Нанесение почвенного плодородного слоя на нарушенные земли производится не позднее одного года с момента окончания подготовительных работ по формированию рельефа.

Защита живых организмов

Для защиты живых организмов от деятельности человека **создаются заповедники, заказники и национальные парки.** Здесь животные находятся в безопасности, для животных, численность видов которых очень мала, создаются условия для увеличения популяции. Заповедники, заказники и национальные парки борются как против жестокого обращения с животными в целом, так и проводит отдельные кампании против конкретных видов жестокого и негуманного обращения.

Здесь животные, как и люди, приобретают свои права, схожие с правами человека. Например, у животных есть право на то, чтобы не быть голодным и жаждущим, что животных нельзя рассматривать как частную собственность и использовать для получения пищи, одежды, в индустрии развлечений и научных экспериментах, а некоторые права, например, право на жизнь и защиту от страданий, должны быть юридически закреплены за животными. Сторонники этих прав животных зачастую предлагают полный отказ о использования в пищу продуктов мяса животных и рыбы и предпочитают пользоваться синтетической или изготовленной из растительных материалов одеждой.

Литература

1. Биология. Общая биология. 10-11 классы. Базовый уровень. Под ред. Беляева Д.К., Дымшица Г.М. 2012 г, 304 с.
2. Биология. Биологические системы и процессы. 10 класс. (профильный уровень) Теремов А.В., Петросова Р.А. 2012 г, 400.
3. Биология. 10 класс. Профильный уровень. Пономарева И.Н. и др. 2013 г, 400 с.
4. Биология. 11 класс. Базовый уровень. Пономарева И.Н. и др. 2013 г. 240 с.
5. Биология. Общая биология. 10-11 классы. Профильный уровень. В 2 ч. Под ред. Шумного В.К., Дымшица Г.М. 2012 г., Ч1 303 с, Ч2 287 с.
6. Биология 10-11 класс Бородин П. М., Воронцов Н. Н. и др. Академический школьный учебник. Просвещение 306 с, 2012 г.
7. Биология. Общая биология. 10–11 классы В.В. Пасечник 2014 г.
8. Биология. Каменский А. А., Пасечник В. В, Криксунов Е. А. 2-е издание Издательство: Дрофа, 2014 г. 368 с.
9. Естествознание. 10 класс. Базовый уровень. Габриелян О.С., Остроумов И.Г. и др. Издательство Дрофа 2013,(332с.).
10. Естествознание. 11 класс. Базовый уровень. Габриелян О.С., Остроумов И.Г. и др. (2014, 336с.).
11. Естествознание. 10 класс. Базовый уровень. Мансуров А.Н., Мансуров Н.А. (2013, 272с.)
12. Естествознание. 11 класс. Базовый уровень. Мансуров А.Н., Мансуров Н.А. (2013, 232с.).
13. Физика: учебник / А.А. Пинский, Г.Ю. Граковский; под общ.ред. Ю.И. Дика, Н.С. Пурышевой. – 4-е изд., испр. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014. – 560с.: ил.
14. Физика. 10 класс: учеб. Для общеобразоват. учреждений с прил. на электрон. Носителе: базовый и профил. уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин; под ред. В.И. Николаева, Н.А. Парфентьевой. – 20-е изд. – М.: Просвещение, 2011. – 366 с.
15. Физика. Задачник. 10-11 кл.: Пособие для общеобразоват. Учреждений. – 8-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2004. – 192 с.: ил.

Учебное издание

Хеззиева Т.П.

Естествознание

Часть 2
учебное пособие

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 17.11.2015 г. Формат 60x84 1/16
Бумага печатная. Усл. п.л. 19,06. Тираж 25 экз. Изд. № 3840.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ