

Министерство образования Республики Беларусь  
Белорусский государственный университет  
Факультет доуниверситетского образования  
Кафедра доуниверситетской подготовки

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ И. А. Бируля

«27» июня 2019 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

\_\_\_\_\_ В. М. Молофеев

«27» июня 2019 г.

СОГЛАСОВАНО

Председатель

учебно-методической комиссии факультета

\_\_\_\_\_ Т. Н. Кузьмина

«25» мая 2019 г.

Биология

Электронный учебно-методический комплекс  
для слушателей подготовительного отделения и подготовительных курсов  
факультета доуниверситетского образования

Регистрационный № 0308/04-90

Автор: Селивёрстова Алла Викторовна, старший преподаватель кафедры доуниверситетской подготовки факультета доуниверситетского образования.

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического совета БГУ  
25.09.2019 г., протокол № 1.

Минск 2019

УДК 57(075.3)

С 291

Утверждено на заседании Научно-методического совета БГУ  
Протокол № 1 от 25.09.2019 г.

Решение о депонировании вынес:  
Совет факультета доуниверситетского образования  
Протокол № 9 от 27.06.2019 г.

А в т о р :

Селивёрстова Алла Викторовна, старший преподаватель кафедры доуниверситетского подготовки факультета доуниверситетского образования Белорусского государственного университета.

Рецензенты:

Веремейчик А.П., кандидат биологических наук, доцент; Кафедра оздоровительной и адаптивной физической культуры Института повышения квалификации и переподготовки кадров Белорусского государственного университета физической культуры;

Давыдов В.В., кандидат биологических наук, доцент; Кафедра биологии Белорусского государственного медицинского университета.

Селивёрстова, А. В. Биология : электронный учебно-методический комплекс для слушателей подготовительного отделения и подготовительных курсов факультета доуниверситетского образования / А. В. Селивёрстова ; БГУ, Фак. доуниверситетского образования, Каф. доуниверситетской подготовки. – Минск : БГУ, 2019. – 379 с. – Библиогр.: с. 378–379.

Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Биология» предназначен для реализации требований образовательной программы подготовки слушателей подготовительного отделения и подготовительных курсов факультета доуниверситетского образования к участию в централизованном тестировании в учреждениях высшего образования Республики Беларусь. Содержание ЭУМК предполагает изучение основных разделов курса биологии: «Вирусы», «Прокариоты», «Протисты», «Грибы», «Лишайники», «Растения», «Животные», «Человек», «Общая биология».

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	7
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	8
1.1. МНОГООБРАЗИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА .....	8
1.1.1. Классификация организмов. ....	8
1.2. НЕКЛЕТОЧНЫЕ ФОРМЫ ЖИЗНИ .....	9
1.2.1. Вирусы. ....	9
1.3. Доядерные организмы (прокариоты) .....	12
1.3.1. Бактерии. ....	12
1.4. Протисты.....	15
1.4.1. Гетеротрофные протисты.....	15
1.4.2. Автотрофные и автогетеротрофные протисты. Одноклеточные водоросли.....	16
1.4.3. Многоклеточные водоросли. ....	18
1.5. Грибы.....	20
1.5.1. Общая характеристика грибов. Плесневые грибы. Дрожжи.....	20
1.5.2. Шляпочные грибы. Грибы-паразиты. ....	21
1.6. Лишайники.....	23
1.6.1. Лишайники - симбиотические организмы. ....	23
1.7. Растения .....	24
1.7.1. Общая характеристика растений. Ткани. ....	24
1.7.2. Вегетативные органы растений. Корень. ....	25
1.7.3. Побег. Стебель. ....	27
1.7.4. Лист. Видоизменения побега.....	28
1.7.5. Вегетативное размножение растений. ....	31
1.7.6. Споровые растения. Мхи. Папоротники. ....	31
1.7.7. Семенные растения. Голосеменные.....	33
1.7.8. Покрытосеменные. Общая характеристика. ....	35
1.7.9. Цветок. Соцветия. Опыление. Оплодотворение.....	35
1.7.10. Плоды. Семя. ....	38
1.7.11. Многообразие покрытосеменных. ....	41
1.8. Животные.....	44

1.8.1. Общая характеристика животных.....	44
1.8.2. Тип Кишечнополостные.....	45
1.8.3. Тип Плоские черви. ....	48
1.8.4. Тип Круглые черви. ....	51
1.8.5. Тип Кольчатые черви. ....	53
1.8.6. Тип Моллюски. ....	57
1.8.7. Тип Членистоногие. Класс ракообразные.....	62
1.8.8. Класс Паукообразные.....	68
1.8.9. Класс насекомые.....	71
1.8.10. Тип Хордовые. Ланцетник.....	81
1.8.11. Подтип Черепные. Надкласс Рыбы.....	82
1.8.12. Класс Земноводные.....	89
1.8.13. Класс Пресмыкающиеся.....	92
1.8.14. Класс Птицы.....	95
1.8.15. Класс Млекопитающие.....	101
1.9. ЧЕЛОВЕК.....	110
1.9.1. Общий обзор организма человека.....	110
1.9.2. Регуляция функций в организме.....	114
1.9.3. Нервная система. Общие принципы организации.....	116
1.9.4. Строение и функции спинного мозга.....	118
1.9.5. Строение и функции головного мозга.....	119
1.9.6. Вегетативная нервная система.....	121
1.9.7. Эндокринная система. Железы внутренней секреции.....	124
1.9.8. Железы смешанной секреции.....	126
1.9.9. Опорно-двигательная система.....	127
1.9.10. Скелет человека.....	129
1.9.11. Строение и функции мышц.....	131
1.9.12. Внутренняя среда организма.....	133
1.9.13. Состав и функции крови.....	134
1.9.14. Иммунная система. Кровообращение.....	137
1.9.15. Строение и функции кровеносных сосудов.....	140
1.9.16. Строение и функции лимфатической системы.....	144
1.9.17. Дыхательная система.....	145
1.9.18. Дыхательные движения.....	147

1.9.19. Пищеварительная система. ....	150
1.9.20. Строение и функции органов пищеварительной системы. ....	151
1.9.21. Обмен веществ. Витамины. ....	155
1.9.22. Выделительная система.....	156
1.9.23. Мочевыделительная система. ....	157
1.9.24. Покровная система. Кожа. ....	159
1.9.25. Репродуктивная система. ....	162
1.9.26. Сенсорные системы. Строение и функции органов зрения. ....	165
1.9.27. Строение и функции органов слуха. ....	169
1.9.28. Поведение и психика. ....	170
1.9.29. Деятельность мозга и его психические функции. ....	171
1.10. ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ .....	174
1.10.1. Разнообразие живых организмов на Земле. ....	174
1.10.2. Химические компоненты живых организмов. ....	176
1.10.3. Органические вещества. Белки. ....	179
1.10.4. Углеводы. Липиды.....	185
1.10.5. Нуклеиновые кислоты. ДНК. РНК. АТФ. ....	190
1.10.6. Клетка – структурная и функциональная единица живых организмов. .....	195
1.10.7. Общий план строения клетки. ....	198
1.10.8. Гиалоплазма. Цитоскелет.....	201
1.10.9. Органеллы клетки (немембранные, одномембранные). ....	202
1.10.10. Органеллы клетки (двумембранные). Строение и функции ядра. ....	205
1.10.11. Деление клетки. Митоз. Амитоз.....	212
1.10.12. Мейоз.....	217
1.10.13. Обмен веществ и превращение энергии в организме. ....	218
1.10.14. Энергетический обмен. ....	220
1.10.15. Фотосинтез. ....	224
1.10.16. Биосинтез белка. ....	227
1.10.17. Структурная организация и регуляция функций живых организмов. .....	231
1.10.18. Размножение и индивидуальное развитие организмов. ....	242
1.10.19. Онтогенез. ....	248
1.10.20. Наследственность и изменчивость. Законы Г. Менделя. ....	254

1.10.21. Аллельное взаимодействие генов. ....	260
1.10.22. Хромосомная теория наследственности.....	263
1.10.23. Изменчивость организмов. ....	268
1.10.24. Особенности наследственности и изменчивости у человека. ....	274
1.10.25. Селекция и биотехнология.....	280
1.10.26. Биотехнология.....	282
1.10.27. Организма и среда. Экологические факторы.....	285
1.10.28. Среды жизни.....	299
1.10.29. Вид и популяция. ....	307
1.10.30. Экосистемы.....	315
1.10.31. Структура экосистемы. ....	321
1.10.32. Эволюция органического мира. ....	333
1.10.33. Синтетическая теория эволюции. ....	339
1.10.34. Макроэволюция и ее доказательства. ....	348
1.10.35. Происхождение и эволюция человека.....	354
1.10.36. Поведение как результат эволюции. ....	360
1.10.37. Биосфера - живая оболочка планеты. ....	363
1.10.38. Круговорот веществ в биосфере.....	365
2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	374
3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ.....	376
4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	377
4.1. Информационно-методический раздел .....	377
4.2. Рекомендуемая литература .....	378
4.3. Электронные ресурсы.....	379

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Настоящий электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Биология» предназначен для подготовки слушателей подготовительного отделения и подготовительных курсов, реализации требований образовательной программы – уровень абитуриента и соответствует стандартным требованиям типовой учебной программы для лиц, поступающих в учреждения высшего образования Республики Беларусь (Приказ Министерства образования РБ от 01.11.2017 г. № 677).

Структурные компоненты разделов ЭУМК представляют собой согласованный целостный комплекс, отвечающий требованиям нормативных документов (типовая программа и учебные программы) и отражающий современные подходы к обучению биологии, а также методическую концепцию авторов. Современная концепция биологического образования основывается на следующих принципах:

- принцип научности изучаемого материала, связь с высшим образованием;
- принцип соответствия содержания требуемому уровню усвоения знаний для поступления и дальнейшего обучения в УВО;
- принцип дифференцированного подхода и индивидуализации процесса образования;
- принцип логически взаимосвязанного построения учебного материала «от простого к сложному».

Такой вид обучения предполагает структурирование учебной информации в части Растения, Животные, Человек, Общая биология как логически завершенных модулей с соответствующей формой контроля знаний, умений и навыков.

Для обеспечения максимального эффекта обучения с помощью ЭУМК учебная информация представлена в различных формах и на разных носителях. ЭУМК по предметам естественнонаучного цикла включает: издания на печатной основе; электронная оболочка; оборудование и технические средства обучения.

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1. МНОГООБРАЗИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

### 1.1.1. Классификация организмов.

*Основные понятия и термины по теме:*

Принципы систематики. Основные систематические категории: вид, род, семейство, отряд, класс, тип (отдел), царство. Царства живых организмов: Бактерии, Протисты, Грибы, Растения, Животные.

*Систематика* – наука о разнообразии всех существующих и вымерших организмов, о взаимоотношениях и родственных связях их различными группами (таксонами) – видами, родами, семействами и т.д.

*Вид* – это группа организмов, сходных по строению, обитающих на определенной территории, приспособленных к сходным условиям обитания и способных давать плодовитое потомство.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Создание системы живой природы занимается *систематика*. Ее предметом является описание, обозначение, классификация и построение системы живых организмов.

Для удобства изучения и дальнейшего использования все известные виды живых организмов классифицируют – делят на группы на основании определенных признаков.

Во второй половине XX века принята классификация, по которой все известные виды живых организмов разделили на пять больших групп – царств. Это Бактерии, Протисты, Грибы, Растения, Животные.

Живые организмы, объединенные в царство Бактерии, в своих клетках не имеют ядра, и их называют *прокариотами* или *доядерными*. Организмы остальных четырех царств, в клетках содержат ядро, и их называют *эукариотами* или *ядерными*.

Основной систематической единицей является *вид*. Родственные виды объединяются в *роды*. Группы похожих родов, связанных общим происхождением, составляет *семейство*. Далее следует уровень *отряда* (животные), *порядка* (растения) – группа схожих семейств. Похожие отряды, имеющие общее происхождение, объединяются в *классы*. Сходные классы объединяются в еще более крупные категории – *типы* (животные), *отделы* (растения). Похожие типы, связанные общим происхождением объединяются в *царство*.

## 1.2. НЕКЛЕТОЧНЫЕ ФОРМЫ ЖИЗНИ

### 1.2.1. Вирусы.

*Основные понятия и термины по теме:*

Строение вирусов. Проникновение вирусов в клетку-хозяина. Размножение вирусов. Вироиды. Бактериофаги. Вирулентные и умеренные фаги.

*Капсомеры* – это субъединицы вируса или капсида.

*Нуклеокапсид* – это комплекс вирусной РНК и капсомеров.

*Вирион* – полностью сформированная инфекционная частица.

*Вироиды* – короткие одноцепочечные молекулы РНК, лишенные капсида.

*Бактериофаги* или фаги – группа вирусов бактерий, которые проникают в бактериальную клетку и разрушают ее.

*Вирулентные фаги* – бактериофаги, образующие в зараженных клетках новое поколение фаговых частиц, приводя к лизису (разрушению) бактериальной клетки.

*Умеренные фаги* или *профаги* – бактериофаги, которые внутри клетки хозяина не реплицируются, их нуклеиновая кислота включается в ДНК хозяина, образуя с ней единую молекулу, способную к репликации.

*Трансдукция* – перенос генов от одной бактерии (донора) к другой (реципиенту) с помощью умеренных бактериофагов.

*Специфическая, или ограниченная трансдукция* – от донора к реципиенту переносится строго определенный фрагмент бактериальной ДНК.

*Общая, или неспецифическая, трансдукция* – от донора к реципиенту переносится любой фрагмент ДНК.

*Вирулентность* – это степень болезнетворности (патогенности) вируса.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Вирусы (от латинского слова *virus* – яд). Открыты в 1892 г. русским ученым *Д.И. Ивановским* при исследовании мозаичной болезни листьев табака. Не имеют клеточного строения, способны жить и размножаться исключительно в клетках других организмов.

Находясь в клетке хозяина, вирус представляет собой молекулу нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК). Вирусы делятся на ДНК-содержащие и РНК-содержащие.

В свободном состоянии полностью сформированная вирусная частица, способная инфицировать клетки-хозяина, находится в форме *вириона*. Вирион имеет защитную белковую оболочку – *капсид*.

У вируса герпеса, гриппа есть еще дополнительная липопротеиновая оболочка, которая возникает из цитоплазматической мембраны клетки-хозяина (*суперкапсид*).

Большинство вирусов имеет кристаллическую форму.

Вирус *табачной мозаики* имеет форму палочковидную и представляет собой полый цилиндр. Стенка цилиндра образована молекулами белка. В полости расположена спираль РНК. Белковая оболочка защищает нуклеиновую

кислоту от неблагоприятных условий внешней среды и препятствует проникновению к ней клеточных ферментов, предотвращая ее расщепление.

Важным условием для проникновения вирусной частицы в клетку является наличие на поверхности клетки специфического белка-рецептора, который обеспечивает присоединение вируса к клеточной мембране. Специфические белки, входящие в состав белковой оболочки вируса (капсида), также выполняют рецепторную роль. Они распознают специфические структуры на поверхности клетки-хозяина. Если распознавание произошло успешно, вирусная частица связывается с рецепторами клетки-мишени посредством химических связей. Такой процесс называется *абсорбцией вируса*. Далее происходит слияние вирусной оболочки с клеточной мембраной, и генетический материал вируса проникает внутрь клетки-хозяина. Попадая в клетку, вирус теряет белковую оболочку. Генетический материал (*геном*) вируса, представленный ДНК или РНК, содержит от нескольких генов у простых до трехсот генов у сложных вирусов. Генетический материал вируса очень активен и после проникновения в клетку достаточно быстро встраивается в ее геном.

После этого вирус переходит в фазу *провируса* (латентную фазу) – состояние, когда клетка-хозяин заражена, а размножение вируса и какие-либо видимые повреждения в клетке отсутствуют. Вслед за латентной фазой следует фаза видимых проявлений заболевания. Она связана с активацией вирусного генетического материала и началом размножения вируса, что приводит к гибели клетки.

Вирус синтезирует собственные белки и нуклеиновые кислоты за счет ресурсов зараженной клетки. У ДНК-содержащих вирусомиметных из первых синтезируется фермент РНК-полимераза, которая строит на нити ДНК вируса и-РНК, которая попадает на рибосомы клетки-хозяина, где и протекает биосинтез других белков вирусной частицы. В цитоплазме клетки-хозяина происходит объединение вновь синтезированных белков и нуклеиновой кислоты вируса. При этом образуются новые вирусные частицы – *вирионы*. Они разрывают цитоплазматическую мембрану, попадают в межклеточное пространство или кровь и заражают другие клетки.

Многие РНК-содержащие вирусы синтезируют фермент полимеразу, участвующую в синтезе новых частиц вирусной РНК, которая переходит на рибосомы и контролирует синтез белков вирусной оболочки – капсида.

*Вироиды* – инфекционные агенты, представляющие собой низкомолекулярную кольцевую одноцепочечную молекулу РНК, не кодирующую собственные белки. РНК в среднем состоит из 300 нуклеотидов. У вироидов отсутствует капсид.

*Бактериофаги*, или *фаги*, – группа вирусов поражающих бактериальные клетки. Фаговая частица (вирион) состоит из головки и хвоста (отростка). Внутренняя часть головки фага – ДНК или РНК (плотно скрученная нить). Нуклеиновая кислота окружена белковой оболочкой (капсид), которая защищает геном бактериофага вне клетки. Хвост – белковая трубка, является

продолжением белковой оболочки головки фага. Белки, входящие в состав оболочки хвоста, обладают сократительными свойствами. В нижней части хвоста располагается базальная пластинка с выступами различной формы, от которой отходят тонкие длинные нити, предназначенные для прикрепления фага к бактерии. При контакте ферменты, локализуемые в конце хвоста, локально растворяют стенку бактериальной клетки. Хвост сокращается, и через него содержащаяся в головке фага нуклеиновая кислота проникает в клетку бактерии. Белковая оболочка фага остается снаружи. Бактериофаги обладают антигенными свойствами, отличными от антигенов поражаемой бактериальной клетки и других фагов.

*Вирулентные фаги* – бактериофаги, которые в результате жизненного цикла образуют в зараженных клетках бактерий новые фаговые частицы, приводящие бактерии к гибели.

*Умеренные фаги* – бактериофаги, которые после проникновения в бактериальную клетку не приводят к ее гибели. Нуклеиновая кислота встраивается в генетический материал клетки-хозяина, образуя с ним единую молекулу. Такая форма фага – профаг. Далее при размножении бактерии профаг реплицируется совместно с ее геномом. Разрушение бактериальной клетки не происходит, наследственный материал вируса передается от бактерии к бактерии неограниченное число поколений.

Вирусы являются *облигатными* (обязательными) паразитами.

*Вирусные заболевания:*

Растения: мозаичная болезнь табака, томатов, огурцов; скручивание листьев, карликовость, желтуха.

Животные: ящур, чума свиней, птиц; анемия лошадей, рак.

Человек: грипп, корь, оспа, полиомиелит, свинка, бешенство, желтая лихорадка, СПИД, ящур.

Заболевания человека, вызываемые ДНК-содержащими вирусами: герпес, оспа, гепатит В.

Заболевания человека, вызываемые РНК-содержащими вирусами: корь, бешенство, грипп.

*СПИД:* В состав вируса входит фермент – ревертаза (обратная транскриптаза, или РНК-зависимая ДНК-полимераза). Возбудитель болезни – ВИЧ. Геном ВИЧ представлен двумя идентичными молекулами РНК (из 10 тыс. пар оснований). ВИЧ уникально изменчив. Проникнув в клетку, вирионы ВИЧ распадаются. Высвобождаются РНК и фермент ревертаза. Фермент, использует вирионную РНК в качестве матрицы, синтезирует по ее подобию вирусспецифическую ДНК – *минус-ДНК*. Затем, как ее зеркальное отражение, синтезируется другая нить ДНК – *плюс-ДНК*. Вместе они образуют ДНК-транскрипт, или ДНК-копию, вирусного генома. Последний проникает в ядро инфицированной клетки и встраивается в ее геном (такое состояние – провирус). СПИД поражает ЦНС, иммунную систему.

### 1.3. Доядерные организмы (прокариоты)

#### 1.3.1. Бактерии.

*Основные понятия и термины по теме:*

Бактерии: распространение, строение и процессы жизнедеятельности. Роль бактерий в природе и жизни человека. Практическое использование бактерий. Бактерии как возбудители болезней.

Цианобактерии. Особенности их строения и жизнедеятельности.

*Бактерии* – группа микроскопических, преимущественно одноклеточных безъядерных организмов.

*Микробиология* – наука изучающая микроорганизмы.

*Бактериология* – наука, изучающая бактерии.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Бактерии – мельчайшие живые организмы, обладающие клеточным строением. Могут быть одно- или многоклеточными.

Бактерии встречаются в воде, почве, воздухе, в тканях растений, телах животных, и человека.

Первым увидел и описал бактерии голландский естествоиспытатель *Антони ван Левенгук*.

*Формы бактерий*: шаровидные (*кокки*), палочковидные (*бациллы*), спиралевидные (*спириллы*).

*Строение бактериальной клетки*: цитоплазма, окруженная цитоплазматической мембраной и клеточной оболочкой (клеточной стенкой), которая придает бактерии определенную форму и служит защитой от неблагоприятных условий. Дополнительную защиту дает слизистый слой, расположенный с наружной стороны оболочки. Поверхность клетки покрывают многочисленные ворсинки; один или несколько нитевидных жгутиков. Ядро отсутствует. Ядерный материал – бактериальная хромосома (несет наследственную информацию).

Бактерии *гетеротрофы* – потребляют готовые органические вещества. *Сапротрофные* бактерии используют органические вещества мертвых тел или выделений живых организмов. *Паразитические* бактерии питаются органическими веществами живых организмов (дифтерийная и туберкулезная палочка, сальмонелла).

Бактерии *автотрофы* – способны образовывать органические вещества из неорганических (углекислого газа, воды, сероводорода и др.). В их клетках содержится бактериальный хлорофилл, с помощью которого они под действием солнечной энергии образуют органические вещества.

Бактерии размножаются путем деления, каждые 20-30 минут.

Двигаются бактерии с помощью жгутиков, пассивно с помощью потоков воздуха или по течению воды, так же осуществляется их распространение.

В неблагоприятных условиях бактерии превращаются в *споры* – цитоплазма вблизи бактериальной хромосомы уплотняется, вокруг нее образуется очень прочная оболочка. Споры могут распространяться на большие

расстояния при помощи ветра, животных и др. При благоприятных условиях прочная оболочка спор разрушается, и из споры развивается новая бактерия.

Бактерии вместе с микроскопическими грибами разлагают мертвые остатки растений и животных до неорганических веществ, которые снова усваиваются растениями. Таким образом, при участии бактерий в природе осуществляется *круговорот веществ*.

В результате деятельности бактерий в почве образуется *перегной* (гумус), которые повышает плодородия почвы. Для повышения плодородия почвы важны *азотфиксирующие бактерии*, которые поселяются на корнях гороха, фасоли, люпина. Клетки корней растений в месте проникновения бактерий разрастаются и образуют клубеньки, в которых живут бактерии (*клубеньковые*) – усваивают азот из воздуха и обеспечивают растениям этим важным питательным веществом. От растений они получают углеводы. Клубеньковые бактерии и растения находятся в *симбиозе* – форма совместного существования организмов разных видов, когда оба (или только один из них) получают пользу от другого.

Бактерии желудочно-кишечного тракта животных и человека помогают им переваривать пищу.

*Эпидермальный стафилококк* играют решающую роль в защите организма человека от болезнетворных бактерий.

*Бифидобактерии, лактобактерии, кишечная палочка, энтерококк* живут в толстом кишечнике человека, потребляют остатки пищи, не усвоенной нашим организмом; вырабатывают некоторые витамины и снабжают ими организм человека, предотвращают чрезмерное размножение бактерий.

*Молочнокислые бактерии* помогают получить продукты питания – простокваша, йогурт, сыр, творог, кефир, сметана; квашение овощей (капусты); питательный силос.

*Уксуснокислые бактерии* используются для получения винного уксуса.

*Бактериальные болезни* – столбняк, дифтерия, туберкулез, чума, столбняк, холера, коклюш, скарлатина.

*Цианобактерии* – автотрофные организмы; содержат пигменты зеленого, синего, красного и желтого цветов; населяют пресноводные водоемы, влажную почву, в основании стволов деревьев; многие фиксируют атмосферный азот. Клетки цианобактерий шаровидные, эллипсоидные, цилиндрические, бочковидные. *Цианофес* – цианобактерия, живет в виде отдельных клеток; *анбена, осциллятория* – соединены в цепочки; *микроцистис* – образует округлые или неправильной формы колонии, в которых множество клеток покрыты слизистым чехлом. У цианобактерий, обитающих в поверхностном слое пресных и морских водоемов, имеют в своих клетках специальные структуры – газовые вакуоли, которые регулируют плавучесть организмов и позволяют им оставаться в толще воды. *Цветение воды* – массовое размножение цианобактерий (одноклеточные – делением клеток пополам, колониальные – распадом колонии на мелкие части, нитчатые – делением нити на отдельные фрагменты). Цианобактерии могут вступать в симбиоз с

протистами, мхами, грибами. Цианобактерии *носток сливовидный*, *спирулину* – употребляют в пищу.

## 1.4. Протисты

### 1.4.1. Гетеротрофные протисты.

*Основные понятия и термины по теме:*

Особенности среды обитания, внешнего и внутреннего строения, процессов жизнедеятельности (движения, раздражимости, питания и пищеварения, дыхания, выделения, размножения) протистов.

Гетеротрофные организмы: амеба обыкновенная и инфузория туфелька.

*Протисты* – неоднородная группа ядерных организмов, различающаяся по форме тела, по величине, просто организованные существа.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Гетеротрофные протисты – широко распространенная группа организмов, обитающих в морских и пресных водоемах, почве.

Представители – амеба обыкновенная, инфузория туфелька.

*Амеба обыкновенная* – маленький бесцветный комочек, постоянно меняющий форму, обитает в небольших мелких водоемах с илистым дном. Тело состоит из одной клетки с вязкой густой цитоплазмой, находящейся в постоянном движении, ядром, покрыто цитоплазматической мембраной. Передвигается с помощью *ложноножек* – выпячивание цитоплазматической мембраны. Образует пищеварительные вакуоли вокруг пищевого комочка. Продукты переваривания поступают их вакуоли в цитоплазму и используются на построение тела и высвобождение энергии. Непереваренные остатки выбрасываются наружу. Выделение воды и продуктов жизнедеятельности происходит через *сократительную вакуоль* – пузырек, постепенно заполняющийся водой с растворенными в ней вредными веществами; сокращение вакуоли происходит каждые 1-5 минут и содержимое выделяется наружу. Поглощение кислорода и выделение углекислого газа осуществляется всей поверхностью тела. Размножается делением надвое, один раз в сутки. Неблагоприятные условия переносит в состоянии *цисты*.

*Инфузория туфелька* – протист по форме напоминающий дамскую туфельку, обитает в мелких стоячих водоемах, быстроплавающая. Тело имеет постоянную форму, так как наружный слой ее цитоплазмы уплотнен; покрыто многочисленными мелкими ресничками; в цитоплазме два ядра – большое (контролирует процессы жизнедеятельности) и малое (участвует в половом процессе). На одной стороне тела есть небольшое воронкообразное околоротовое углубление, ведущее в ротовую полость и трубчатую глотку, куда пища загоняется длинными околоротовыми ресничками. Непереваренные остатки пищи выбрасываются наружу через *порошицу* – специальное образование в клеточной мембране. Избыток воды и растворенные в ней вредные продукты жизнедеятельности из цитоплазмы сначала поступают в приводящие каналы, а из них – в сократительные вакуоли, при сокращении которых их содержимое выводится в окружающую среду. Размножается делением надвое (бесполое размножение) и *конъюгацией* (половой процесс – обмен малыми ядрами).

*Гетеротрофные протисты* имеют микроскопические размеры. Питаясь взвешенными в воде органическими частицами и бактериями, участвуют в биологической очистке воды; являются кормом для червей, моллюсков, мелких рачков, мальков рыб. Обитают в желудке коров, овец, коз, оленей и помогают этим травоядным животным усваивать пищу. Почвенные виды способствуют почвообразованию. Многие являются паразитами – *амеба дизентерийная* (может обитать в кишечнике человека; образует язвы, нарушается всасывание воды, разрушаются стенки кишечника), *малярийный плазмодий* (является возбудителем малярии; вместе со слюной комара паразит попадает в кровь, где разрушает кровяные клетки, это вызывает у человека лихорадку с повышением температуры до 40° и выше, головную боль, озноб).

#### **1.4.2. Автотрофные и автогетеротрофные протисты.**

##### **Одноклеточные водоросли.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Автотрофные и автогетеротрофные протисты. Общая характеристика водорослей как фотосинтезирующих организмов.

Одноклеточные водоросли. Особенности строения и жизнедеятельности на примере хлореллы, эвглены зеленой.

Колониальные водоросли. Особенности строения и жизнедеятельности колониальных водорослей на примере вольвокса.

Протисты, способные к фотосинтезу – *водоросли*.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Водоросли живут, преимущественно в воде, заселяя многочисленные морские и пресноводные водоемы на тех глубинах, на которые проникает солнечный свет. Немногие виды обитают на камнях, коре деревьев, почве.

В клетках водорослей содержатся специальные органоиды – хлоропласты, которые осуществляют фотосинтез. У разных видов они имеют различную форму и размеры. Необходимые для фотосинтеза минеральные соли и углекислый газ водоросли поглощают из воды всей поверхностью тела и выделяют в окружающую среду кислород.

Размножаются водоросли бесполом (делением; посредством специальных клеток – *спор*, покрытых оболочкой, у многих имеют жгутики и способны самостоятельно передвигаться) и половым (слияние специальных половых клеток – *гамет*; слияние содержимого обычных клеток) способами.

*Хлорелла* – одноклеточная автотрофная водоросль, встречается в пресных водоемах, на сырой земле, коре деревьев. Клетка покрыта плотной гладкой оболочкой; в цитоплазме содержится ядро, чашевидный хлоропласт и другие органоиды. Размножается бесполом путем – образование множество спор (внутри материнской клетки споры покрываются собственной оболочкой, а затем выходят наружу и вырастают во взрослую особь).

*Зеленая эвглена* – автогетеротрофная одноклеточная водоросль (протист), обитает в пресных водоемах, ведет подвижный образ жизни, тело представлено одной вытянутой клеткой, на переднем, притупленном конце тела которой,

имеется тонкий нитевидный вырост – жгутик, служащий для передвижения. Снаружи клетка покрыта оболочкой, под которой располагаются цитоплазма с множеством хлоропластов и ядро. В клетке имеется ярко-красный светочувствительный глазок, с помощью которого эвглена воспринимает свет и перемещается на освещенные участки водоема. Питается двумя способами – на свету образует из углекислого газа и воды питательные вещества (автотрофное), при недостатке света поглощает готовые органические вещества (гетеротрофное).

*Хламидомонада* – автогетеротрофная одноклеточная водоросль, обитающая в небольших пресных водоемах со стоячей водой – лужах, озерах, болотах, на влажной почве. Имеет грушевидную форму, на переднем, более вытянутом конце располагаются два жгутика, с помощью которых она быстро двигается в воде. Снаружи клетка покрыта плотной клеточной оболочкой. Внутри располагаются цитоплазма, ядро, чашевидный хлоропласт. В цитоплазме светочувствительный глазок, с помощью которого хламидомонада находит освещенные участки водоема. Внутри клетки, ближе к переднему концу, находятся две сократительные вакуоли, которые сокращаясь, удаляют из клетки избыток воды. На свету хламидомонада осуществляет фотосинтез (свойства автотрофа), когда света недостаточно и фотосинтез невозможен, может поглощать из воды готовые органические вещества (свойства гетеротрофа). Размножается бесполом (в благоприятных условиях внутри хламидомонады образуется 4-16 спор, покрытых оболочкой и на переднем конце образующих два жгутика – *зооспоры*; оболочка материнской клетки разрывается, и зооспоры выходят в воду, они быстро растут и превращаются во взрослые особи) и половым (в неблагоприятных условиях содержимое хламидомонады делится на 32-64 мелкие подвижные половые клетки – *гаметы*, которые выплывают в воду и сливаются с гаметами другой особи, в результате образуется зигота, не имеющая жгутиков, покрыта толстой оболочкой и устойчива к неблагоприятным условиям; при наступлении благоприятных условий зигота после нескольких делений дает начало 4-32 новым хламидомонадам) способами.

*Вольвокс* – колониальный организм, в виде зеленых шариков, обитающий в небольших пресных водоемах. Колония образована множеством отдельных клеток, расположенных по периферии шарика в один слой. Клетки – это отдельные организмы, объединенные в колонию, отдельные особи в ней соединены между собой тонкими цитоплазматическими мостиками. Каждая клетка колонии имеет два жгутика. Основная масса колонии состоит из полужидкого студенистого вещества, которое образуется в результате ослизнения клеточных стенок. Наружный слой студенистого вещества более плотный, что придает колонии шарообразную форму. Существует специализация клеток в колонии. Одни из них – вегетативные, не способны к размножению, другие – клетки бесполого и полового размножения.

### 1.4.3. Многоклеточные водоросли.

*Основные понятия и термины по теме:*

Многоклеточные водоросли. Особенности строения и жизнедеятельности водорослей на примере зеленых водорослей (улотрикса, спиригиры), бурых водорослей (ламинарии). Понятие о закономерной смене способов размножения (на примере улотрикса).

*Ризоиды* – нитевидные образования из одной или нескольких однорядных клеток, служащие для прикрепления к субстрату и поглощения из него воды и питательных веществ.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Многоклеточные водоросли распространяются в пресноводных и морских водоемах. Их отличительная черта – отсутствие органоидов. Встречаются микроскопически малые и гигантские размеры (бурая водоросль *макроцистис грушевидный* – 60-200 м).

*Улотрикс* – многоклеточная зеленая водоросль, живет преимущественно в пресных, реже в морских водоемах, прикрепляясь к подводным предметам, формируя ярко-зеленые кустики. Отдельные нити улотрикса состоят из одного ряда цилиндрических клеток с толстыми целлюлозными оболочками. Хлоропласты в виде пластинки, образующей незамкнутый пояс. Размножается бесполом (разрыв нити на короткие участки, каждая из которых развивается в новую нить, или четырехжгутиковыми зооспорами, которые образуются делением материнской клетки, утрачивают жгутики, прикрепляются к субстрату и прорастают в новую нить) и половым (слияние двухжгутиковых гамет с образованием зиготы, которая оседает на дно, утрачивает жгутики, прикрепляется к субстрату, округляется и прорастает) способами.

*Спиригира* – одна из самых распространенных нитчатых водорослей пресных водоемов. Длинные нити образуют сплетения (тину) ярко-зеленого цвета. Взрослые организмы не прикрепляются и свободно плавают в воде. Тело представляет собой тонкую нить, состоящую из цилиндрических, расположенных в один ряд клеток с хорошо заметной клеточной оболочкой. Снаружи нити покрыты толстым слоем слизи. Хлоропласт имеет вид спирально закрученной ленты, расположенной в цитоплазме вдоль клеточной стенки. Большая часть каждой клетки занята вакуолью с клеточным соком. В центре клетки расположено ядро, заключенной в цитоплазматическом мешочке, соединенный тяжами с постенной цитоплазмой. Размножается бесполом (разрыв нити на отдельные короткие участки) и половым (в клетках двух рядом расположенных нитей возникают выпячивания стенок, которые растут навстречу друг другу; в месте их соприкосновения стенки растворяются, и между клетками двух нитей образуется сквозной канал, через который содержимое клетки одной нити перемещается в клетку другой нити и сливается с ее содержимым – *конъюгация*; в результате образуется зигота, которая покрывается толстой оболочкой; после периода покоя зигота прорастает в новую водоросль) способами.

*Ульва* – одна из самых распространенных водорослей мелководья морей; употребляют в пищу – «морской салат»; широкое двухслойное пластинчатое слоевище ярко-зеленого цвета. Ульва состоит из почти однотипных клеток, лишь у основания клетки более крупные и снабжены отростками – *ризоидами*. Такие клетки образуют подошву, посредством которой водоросль прикрепляется к субстрату. Размножается бесполом и половым способами.

*Ламинария* – бурая водоросль, желто-бурой окраски, имеет пластинчатое тело длиной 10-15 м, которая с помощью ризоидов прикрепляется к субстрату. Размножается бесполом и половым способами.

*Фукус* – бурая водоросль, образует густые заросли на мелководьях, тело расчлененное, в верхней части слоевища имеются специальные пузырьки с воздухом, благодаря чему тело фукуса удерживается на поверхности воды.

Из морских водорослей получают *агар-агар*, применяется в качестве плотной среды, на которой с добавлением определенных питательных веществ выращивают грибы, бактерии.

## 1.5. Грибы

### 1.5.1. Общая характеристика грибов. Плесневые грибы. Дрожжи.

*Основные понятия и термины по теме:*

Общая характеристика грибов. Среда обитания, строение и жизнедеятельность.

Плесневые грибы (мукор, пеницилл) и дрожжи. Хозяйственное значение.

*Мицелий (грибница)* – вегетативное тело гриба, состоящее из одноклеточных и многоклеточных тонких, чаще всего бесцветных или желтоватых, трубчатых ветвящихся нитей – *гиф*.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Грибы – это группа преимущественно многоклеточных гетеротрофных организмов (исключение – одноклеточные дрожжи). Они имеют признаки сходства как с протистами и растениями (наличие клеточной стенки, распространение спорами, рост в течение всей жизни, поглощение пищи путем всасывания) так и с животными (отсутствие хлоропластов и фотосинтезирующих пигментов, гетеротрофность, запасное вещество гликоген, продукт выделения мочевины).

В природе широко распространены *плесневые грибы*. Развиваются в теплых и влажных условиях на различных субстратах – в почве, на увлажненных продуктах, плодах и овощах, на животных и растительных остатках, образуя *плесень* (пушистые или паутинистые налеты) серого, зеленого, сизого цвета. Плесневые грибы можно встретить на книгах, картинах, обоях, изделиях из кожи. По способу питания – *сапротрофы*. Всасывают пищу после частичного ее переваривания вне грибной клетки с помощью особых веществ – *ферментов*, которые выделяются клетками гриба.

*Мукор*, или *головчатая плесень* появляется на кусках хлеба, сыра, на конском навозе в виде пушистого белого налета, который через некоторое время чернеет. Гифы мукора не разделены перегородками и представляют собой сильно вытянутую разветвленную клетку с многими ядрами. Одни ответвления клетки проникают в субстрат и поглощают питательные вещества, другие приподнимаются над субстратом. На концах ответвлений развиваются округлые спорангии в виде головок, в которых образуются споры. При созревании спор оболочка спорангия разрывается, и споры рассеиваются, попав в благоприятные условия, споры прорастают в новый мицелий.

*Пеницилл*, или *кистевик*, обитает преимущественно в верхних слоях почвы или встречается в виде плесени зеленого, сизого, голубого цвета на плодах, овощах, томатной пасте, сыре, настое чая, обоях, изделиях из кожи. Мицелий состоит из разветвленных нитей, разделенных перегородками на клетки. При спороношении напоминает кисточку. На концах разветвленных гиф образуются цепочки спор.

*Дрожжи* – своеобразная группа сапротрофных грибов, которые в природных условиях встречаются там, где есть сахара: на поверхности ягод (винограда), фруктов, в нектаре цветков, сокотечениях берез, клена и других

деревьев. Поглощают сахара и в процессе жизнедеятельности выделяют в окружающую среду углекислый газ, а также этиловый спирт. Не имеют мицелия и представляют собой одиночные шаровидные или овальные клетки микроскопических размеров. Размножаются *почкованием*. На материнской клетке образуется выпуклость, напоминающая почку. Выпуклость быстро растет, превращается в самостоятельную клетку и отделяется от материнской. При недостатке питания и избытке кислорода в среде у дрожжей наблюдается половой процесс (слияние двух клеток).

### 1.5.2. Шляпочные грибы. Грибы-паразиты.

*Основные понятия и термины по теме:*

Шляпочные грибы, их строение, питание, размножение. Съедобные и ядовитые грибы.

Грибы-паразиты: трутовик, головня, спорынья. Роль грибов в природе и жизни человека.

*Плодовое тело* – часть шляпочного гриба, образующаяся из переплетенных гиф мицелия.

*Микориза* – симбиоз грибов с корнями высших растений.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Шляпочные грибы* растут на богатой перегноем лесной почве, на полях, и лугах, встречаются на гниющей древесине. Тело представляет собой мицелий, который расположен в верхнем слое почвы. Из нитей мицелия формируются плодовые тела, на поверхности или внутри которых образуются споры. Плодовое тело состоит из ножки и шляпки, которые образованы плотно прилегающими друг к другу пучками гиф. В ножке все нити одинаковы, в шляпке они образуют два слоя: плотный верхний, часто окрашенный, и нижний, который состоит из пластинок (*сыроежки, грузди, шампиньоны, бледная поганка*) – *пластинчатые* грибы, или представлен многочисленными трубочками (*белый гриб, подберезовик, подосиновик, масленок*) – *трубчатые* грибы. На пластинках или в трубочках образуются десятки миллионов мельчайших спор. Многие шляпочные грибы (белый гриб, подосиновик, подберезовик, рыжик, моховик, масленок, мухомор и др.) живут в симбиозе с растениями, образуя *микоризу*, или «грибокорень». Грибница поглощает из почвы воду с растворенными в ней минеральными веществами и снабжает ими корни растений. Гриб получает от корней растения готовые органические вещества. Шляпочные грибы бываю *съедобными* (белый гриб, рыжик, подосиновик, подберезовик, масленок, лисичка настоящая, опенок осенний, сыроежка, шампиньон обыкновенный) и *ядовитыми* (бледная поганка, мухомор красный, мухомор пантерный, ложноопенок серно-желтый, свинушка тонкая, волоконница разорванная, ложная лисичка, говорушка беловатая, рядовка, желчный гриб, свинушка, строчок).

Человек использует грибы в виноделии, хлебопечении (дрожжи), в микробиологической промышленности при производстве органических кислот, витаминов (пеницилл), белков, антибиотиков, препаратов для борьбы с

вредителями сельскохозяйственных растений, получении сыров (плесневые грибы).

*Трутовик* – гриб, паразитирующий на деревьях. Споры трутовиков попадают в раны на коре деревьев и прорастают, образуя мицелий, который проникает в древесину и питается органическими веществами ее клеток. Пораженные деревья становятся хрупкими, трухлявыми. Через несколько лет после заражения дерева трутовиком на стволе появляются его плодовые тела, которые имеют копытообразную форму и обычно очень твердыми. Многолетние плодовые тела трутовиков иногда могут достигать 0,5-1 м в диаметре. На нижней стороне плодового тела в мелких трубочках созревают миллионы спор.

*Головня* – гриб, паразитирующий на хлебных злаках (пшенице, овсе и др.). Грибница головни располагается внутри стебля злакового растения. Соцветия растений, пораженные головней, из-за ее спор черного цвета выглядят как обугленные, похожие на головешку.

*Спорынья* – гриб, паразитирующий преимущественно на ржи. Спорынья поселяется в завязи цветков растений. При поражении растений спорыньей на месте завязи формируются ядовитые черные рожки (склероции), состоящие из плотно сплетенных гиф гриба.

*Ржавчинные* грибы повреждают ткани растений, нарушая процессы фотосинтеза, дыхания, испарения воды. Это приводит к потере урожая, а во многих случаях заканчивается гибелью растений.

*Мучнисторосяные* грибы поражают сотни видов растений – ржи, пшеницы, люпина, крыжовника, виноградной лозы, дуба и др. На поверхности зараженных органов развивается беловатый мицелий, образуя мучнистый налет, который затем темнеет.

Многие виды грибов паразитируют на домашних животных, человеке, вызывая различные заболевания кожи, ногтей, волос – *микозы* (грибковые). Одним из самых распространенных является *микроспория* (стригущий лишай), который поражает покровы человека и животных.

## 1.6. Лишайники

### 1.6.1. Лишайники - симбиотические организмы.

*Основные понятия и термины по теме:*

Лишайники - симбиотические организмы. Строение, питание и размножение лишайников. Роль лишайников в природе.

*Слоевище, или таллом – тело лишайника.*

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Тело лишайника называется *слоевище*, или *таллом*. Слоевище может выглядеть корочкой или пластинкой, похожей на листок, кустиком или свисающими, словно длинная борода, космами.

*Лишайники* – группа живых организмов, слоевище которых образовано двумя организмами – грибом и водорослью (или цианобактерией), находящимися в *симбиозе*. Гриб прикрепляет лишайник к субстрату, обеспечивает водоросль водой и растворенными минеральными веществами, защищает ее от высыхания. Кора, покрывающая слоевище сверху и снизу, состоит из плотно переплетенных грибных гиф, с помощью которой лишайники впитывают влагу. Водоросль снабжает гриб созданными ею в процессе фотосинтеза органическими веществами.

Лишайники получают питание преимущественно из воздуха за счет атмосферных осадков, росы туманов, частиц пыли, оседающих на слоевище. Поэтому лишайники обладают уникальной способностью существовать на голых скалах и камнях, крышах домов, коре деревьев, на стекле.

По форме таллома лишайники подразделяются на *накипные (корковые)* – слоевище в виде корочки прочно срастается с субстратом и неотделимо от него (*лишайниковая манна*), *листоватые* – вид чешуек или пластинок, которые крепятся к субстрату пучками гиф гриба, растут на камнях и коре деревьев (*ксантория, пармелия, гирофора*), *кустистые* – «кустики», образованные тонкими ветвящимися нитями или стволиками, которые прикреплены к почве или коре дерева лишь основаниями (*кладония, уснея бородатая, цетрария исландская, ягель* или *олений мох*).

Размножаются лишайники бесполом путем – кусочками слоевища.

Лишайники первыми заселяют безжизненные места. Попав на голые скалы, выделяют лишайниковые кислоты, растворяющие минералы. В трещинах и углублениях разрыхленной породы задерживают частицы пыли и отмершие части лишайников, где они разлагаются. В результате образуется перегной, на котором могут поселиться растения.

Из лишайников получают краски, химический индикатор лакмус, спирт, лишайниковые кислоты, лекарственные препараты для лечения туберкулеза, фурункулеза, кишечных заболеваний, бешенства и др.; некоторые виды используются в парфюмерной промышленности для придания стойкого аромата; лишайниковая манна, гирофора используются в пищу; ягель является кормом северным оленям, косулям, лосям, маралам.

## 1.7. Растения

### 1.7.1. Общая характеристика растений. Ткани.

*Основные понятия и термины по теме:*

Общая характеристика растений. Жизненные формы растений. Ткани (образовательные, покровные, механические, проводящие, основные) и органы растений. Значение растений в природе и жизни человека.

*Ткань* – это группа сходных по строению клеток, которые выполняют определенные функции.

*Жизненная форма* – это своеобразный внешний вид растения, отражающий его приспособленность к определенным условиям окружающей среды.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Растения состоят из органов. Орган – часть организма, выполняющая определенную функцию и имеющая приспособительное для этого строение.

Вегетативные органы – корень (удерживает растение в почве, поглощает воду и растворенные в ней минеральные вещества), листья (функция фотосинтеза, испарения воды и газообмена), стебель (связывает корень и листья между собой).

Генеративные органы – цветок, плод, семя (функция размножения и расселения растений).

В результате освоения растениями суши у них сформировались не только органы, но и ткани, из которых состоят органы.

*Виды тканей:*

*Покровные* – защищают тело растения от потери влаги, от перепадов температур, механических повреждений, проникновения микроорганизмов. Клетки покровных тканей плотно соединены между собой, часто имеют извилистые стенки. Межклетников нет. Клеточные оболочки часто утолщены и пропитаны различными веществами, повышающими их защитные свойства. Имеют специальные образования – устьица, чечевички для сообщения с внешней средой.

*Проводящие* – осуществляют транспорт веществ в теле растений. К проводящим тканям относятся луб и древесина. Проводящие элементы *луба – ситовидные трубки* – это ряды вытянутых живых клеток, поперечные стенки (ситовидные пластинки) которых пронизаны отверстиями, через них проходят тяжи цитоплазмы, по которым из клетки в клетку передаются органические вещества. Рядом с ситовидными трубками расположены *клетки-спутницы*, которые ускоряют проведение веществ по ситовидным трубкам. *Древесина* состоит из проводящих элементов: трахеид и сосудов. *Трахеиды* – это мертвые вытянутые клетки с утолщенными оболочками и заостренными концами, связь между которыми осуществляется через поры. *Сосуды* – длинные полые трубки, состоящие из цепочек мертвых клеток – члеников сосуда. В поперечных стенках есть крупные отверстия. По трахеидам и сосудам вода передвигается от корня в стебель и листья.

*Механические* – составляют внутренний каркас тела растения, поддерживают его в определенном положении, обеспечивая улавливание солнечного света и противостояние окружающей среде; образована колленхимой и склеренхимой. *Колленхима* – живые клетки, оболочки которых утолщаются по углам или параллельным оболочкам; встречается в молодых стеблях и листьях. *Склеренхима* – образована мертвыми вытянутыми клетками с равномерно утолщенными оболочками – *волоконнами*, которые располагаются рядом с проводящими элементами луба древесины.

*Основные: фотосинтезирующая* – находится в листьях и молодых стеблях, осуществляет фотосинтез; *запасная* – запасет органические вещества, воду.

*Образовательные:* состоят из клеток, которые способны делиться в течение всей жизни растения. Клетки мелкие, тонкостенные. Благодаря деятельности образовательной ткани растения растут в длину и толщину. Клетки ткани залегают на верхушке растения и кончике корня, а также располагаются продольными тяжами или цилиндрами в теле растения.

*Жизненные формы растений:*

*Деревья* – крупные растения с многолетним деревянистым стволом; многие клетки, образующие ствол, мертвые, с одревесневшими оболочками (*дуб, береза, липа, клен, ясень, рябина*).

*Кустарники* – растения, имеющие несколько стволиков (*орешник или лещина, малина, сирень, жимолость лесная, бузина красная, крушина обыкновенная, бересклет бородавчатый, чубушник, рябинник, пузыреплодник*).

*Кустарнички* – маленькие кустарники, не выше 1 м. (*черника, брусника, голубика, клюква, вереск, багульник*)

*Травы* – травянистые растения, имеющие зеленые сочные стебли. Высокорослые травы – *борщевик Сосновского, подсолнечник, крапива двудомная, иван-чай узколистный, дудник лесной, бамбук*. *Однолетние* травы живут в течение одного вегетационного периода; весной они развиваются из семян, затем цветут, образуют плоды с семенами и после этого отмирают (*фиалка трехцветная, пастушья сумка, сурепка, лебеда, горох, огурец*). *Двулетние* травы живут два вегетационных периода; в первый год развиваются вегетативные органы, на второй год формируются новые побеги, растения цветут, образуют плоды, семена и к осени отмирают (*донник желтый, ослинник, свекла, морковь, капуста, коровяк*). *Многолетние* травы – травянистые растения, надземные побеги которых после цветения и плодоношения отмирают, а из оставшейся под землей части на будущий год развиваются новые растения (*цикорий обыкновенный, любка двулистная, нивяник обыкновенный, одуванчик лекарственный, подорожник большой, тимофеевка луговая, пырей ползучий, купена лекарственная*).

### **1.7.2. Вегетативные органы растений. Корень.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Вегетативные органы растений.

Корень. Функции корня. Виды корней. Корневые системы. Внешнее и внутреннее строение корня в связи с выполняемыми функциями. Зоны корня, рост корня. Видоизменения корня (корнеплоды, корневые клубни, корни-присоски) и их значение.

*Пикировка* – рассаживание молодых растений, при котором удаляют кончик корня (стимулирует образование и рост боковых корней).

*Окучивание* – подгребание почвы к нижней части стебля (вызывает дополнительное образование и рост придаточных корней).

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Функции корня:* 1) поглощение воды с минеральными веществами из почвы и проведение ее в стебель, и листья; 2) закрепление растения в почве; 3) запасание питательных веществ.

*Типы корней:* 1) *главный* – толще и длиннее других, развивается из корешка зародыша семени и растет вертикально вниз, углубляется в почве и ветвится; 2) *боковой* – образуется на главном, придаточном и боковом; 3) *придаточный* – отрастает от стебля или листьев.

*Типы корневых систем:* 1) *стержневая* – имеет хорошо выраженный главный корень (*капуста, люцерна, одуванчик, петрушка, полынь, редька, верблюжья колючка*); 2) *мочковатая* – образована придаточными корнями, которые отходят от нижней части стебля (*овес, рожь, пшеница, ячмень*).

*Внешнее строение:* *цилиндрическая форма (хрен), коническая (одуванчик), нитевидная (рожь, лук, подорожник).*

*Внутреннее строение:* *корневой чехлик* (прикрывает верхушечную образовательную ткань, стенки наружных клеток покрыты слизью и постоянно сдвигаются), *образовательная ткань* (одна часть образовавшихся клеток превращается в клетки корневого чехлика, благодаря чему он постоянно обновляется, другая часть образующихся клеток растет и продвигает корень в глубь почвы). Выросшие клетки превращаются в клетки других тканей: покровной, проводящей, механической. *Эпидермис* – покровная ткань, располагается снаружи, образуют длинные выросты – *корневые волоски*, которые осуществляют всасывание воды и растворенных в ней минеральных веществ из почвы. *Кора* – покровная ткань, образованная крупными живыми тонкостенными клетками. *Древесина* – проводящая ткань, расположенная в центральной части корня, состоит из вытянутых узких трубок – сосудов, образованных толстостенными мертвыми клетками, между которыми нет поперечных перегородок. *Луб* – проводящая ткань, располагается рядом с древесиной, по нему в корень поступают органические вещества, образовавшиеся в листьях и стеблях. Между древесиной и лубом с возрастом возникает боковая образовательная ткань – *камбий*, за счет деления клеток которого образуются новые элементы древесины и луба, механической ткани, это обеспечивает рост корня в толщину.

*Видоизменения корня:* 1) *корнеплод* – видоизменение главного корня, образуется у двулетних растений, запасает питательные вещества (*морковь, свекла, репа, редька, редис*); 2) *корневые шишки*, или *корневые клубни* –

видоизменение боковых или придаточных корней (*георгин, чистяк, батат, ночная фиалка*); 3) *дыхательные корни* – корни, растущие вертикально вверх, по межклетникам которых воздух перемещается в более глубокие корни, находящиеся в условиях недостатка кислорода (*монстера*); 4) *корни-прищепки* – видоизменения придаточных корней, способствуют подъему стебля по отвесной опоре (*плющ*); 5) *корни-присоски* – корни паразитических растений, проникающие в ткани растения-хозяина и поглощающие из них воду и питательные вещества (*повилика, омела*).

### 1.7.3. Побег. Стебель.

*Основные понятия и термины по теме:*

Побег. Функции побега. Основные части побега. Почка - зачаточный побег. Типы почек по расположению (верхушечные, пазушные, придаточные) и строению (вегетативные, генеративные). Развитие побега из почки. Стебель. Разнообразие стеблей. Рост стебля в длину. Внутреннее строение стебля древесного растения в связи с выполняемыми функциями. Передвижение по стеблю воды, минеральных и органических веществ. Рост стебля в толщину. Образование годичных колец.

*Чечевички* – маленькие бугорки с отверстиями в пробке, образованные крупными клетками основной ткани с большими межклетниками, осуществляют газообмен.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Побег* – стебель с расположенными на нем листьями и почками. Стебель – осевая часть побега, листья – боковые части побега. *Узел* – место стебля, от которого отходит лист. *Междоузлие* – участок стебля между соседними узлами. *Пазуха листа* – угол между листом и стеблем.

Многие растения имеют побеги двух типов: одни длинные, другие с короткими междоузлиями (на укороченных побегах узлы сближены и междоузлия очень короткие). *Плодушки* – укороченные побеги плодовых деревьев (*яблоня, груша, черешня*), на которых образуются цветки и формируются плоды.

*Почка* – это побег на ранней стадии развития.

По расположению почки бывают: 1) *Верхушечная* – расположена на верхушке побега; 2) *Боковая (пазушная)* – расположена в пазухах листьев поочередно (*ива, липа, ольха, осина*) или супротивно (*бузина, клен, сирень*); 3) *Придаточная* – развивается на междоузлиях стебля, корня, листа.

*Спящие почки* – пазушные почки, остающиеся в состоянии покоя долгое время (дуб – до 100 лет, береза – до 50 лет, осина – до 40 лет, жимолость – до 35 лет, боярышник – до 25 лет). При исчезновении верхушечной почки спящие почки трогаются в рост и вырастают в удлиненные побеги (дуб, рябина, тополь, яблоня).

По строению почки бывают: 1) *Вегетативная* – состоит из зачаточного стебля и расположенных на нем зачаточных листьев, в пазухах которых имеются крохотные зачаточные пазушные почки; снаружи защищены почечными чешуями; внутри почки на верхушке стебля находится кону

нарастания; 2) *Генеративная (цветочная)* – состоит из зачаточного стебля, зачаточных листьев, зачаточного цветка или цветков; округлые, более крупные.

*Развитие побегов:* 1) *Верхушечный рост* – удлинение побега происходит за счет деления клеток конуса нарастания; 2) *Вставочный рост* – осуществляется благодаря делению и росту клеток в основании междоузлий (*овес, ячмень, рожь, пшеница*)

*Разнообразие стеблей:* длинные; короткие; мясистые; уплощенные; трубчатые; цепляющиеся; стелющиеся; прямостоячие; свисающие.

*Внутреннее строение стебля:* кора (эпидермис, или кожица; пробка, состоит из мертвых клеток, заполненных воздухом, имеет чечевички; луб, состоит из проводящей, механической и основной ткани), камбий (слой образовательной ткани, обеспечивающий рост стебля в толщину), древесина (придает прочность стеблю, осуществляет транспорт воды и минеральных веществ из корня в стебель и листья), сердцевина (откладываются в запас питательные вещества).

*Рост стебля:* в высоту – за счет деления и роста клеток конуса нарастания; в толщину – за счет деления клеток камбия (к наружной части стебля образует луб, к внутренней – древесину).

*Ветвление стебля* – образование боковых побегов. Главный стебель (ствол) ветвится на некоторой высоте, образуя *крону*.

*Прищипка, обрезка* – удаление главного стебля, в результате чего развиваются многочисленные боковые побеги.

*Пасынкование* – удаление боковых побегов, направлено на развитие главного корня.

#### **1.7.4. Лист. Видоизменения побега.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Лист. Функции листа. Внешнее строение листа. Листья простые и сложные. Жилкование листа. Внутреннее строение листа в связи с его функциями.

Видоизменения побега: корневище, клубень, луковица, их строение, биологическое и хозяйственное значение.

*Лист* – боковой плоский орган растения, выполняющий функцию фотосинтеза, транспирации и газообмена.

*Транспирация* – испарение воды листьями.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Лист* – боковой плоский орган растения, который выполняет функции фотосинтеза, транспирации, газообмена.

*Внешнее строение:* листовая пластинка (выполняет основные функции листа) и черешок (суженная стеблевидная часть листа, прикрепляется к стеблю) – черешковые листья (*липа, береза, вишня, клен, яблоня*). У некоторых растений у основания черешков находятся *прилистники* – имеют вид пленок, чешуек, маленьких листочков, защищают молодые развивающиеся листья. У *гороха, чины весенней* прилистники сохраняются в течение всей жизни листа и выполняют функцию фотосинтеза. У *липы, березы, дуба* пленчатые

прилистники опадают стадии молодого листа. У *акации белой* прилистники видоизменены в колючки и выполняют защитную функцию. У *алоэ, гвоздики, льна, традесканции, медуницы* листья не имеют черешков – *сидячие листья*, прикрепляются к стеблю основанием листовой пластинки. У *ржи, пшеницы* основание листа разрастается и охватывает стебель, что придает стеблю большую прочность.

*Простые листья* – имеют только одну листовую пластинку (*липа, осина, сирень, пшеница*).

*Форма листовых пластинок*: 1) *округлая* (осина); 2) *сердцевидная* (сирень, липа); 3) *линейная* (пшеница, ячмень); 4) *лопастные* (дуб, клен); 5) *раздельные* (одуванчик); 6) *рассеченные* (полынь, тысячелистник).

*Сложные листья* – имеют несколько листовых пластинок, которые прикреплены к одному главному черешку маленькими черешками (*рябина, каштан, акация, земляника, клевер люпин*).

*Жилкование листа* – расположение в листьях проводящих пучков: 1) *параллельное, или линейное* – жилки располагаются параллельно одна другой (*ирис, кукуруза, пшеница*); 2) *дуговое* – жилки идут дугами (*купена, ландыш, подорожник*); 3) *сетчатое* – от крупной центральной жилки отходят боковые, которые также ветвятся и на листьях образуют сеть (*береза, дуб, тополь*); *пальчатосетчатое* – несколько крупных жилок отходят радиально от основания пластинки, как растопыренные пальцы рук (*клен*), *перистосетчатое* – выделяется одна главная жилка, от которой отходят ветвящиеся боковые (*береза, черемуха, дуб, тополь*).

*Листорасположение* – расположение листьев на стебле: 1) *очередное* – листья на стебле размещаются один за другим (*ива, дуб, береза, злаки, голубика, колокольчик, яблоня, тополь*); 2) *супротивное* – листья располагаются попарно, друг против друга (*клен, сирень, молочай, жимолость, шалфей*); 3) *мутовчатое* – листья располагаются по три и более в узле (*вербейник обыкновенный, подмаренник, вороний глаз, олеандр, элодея*).

*Внутренне строение листа*:

Снаружи лист покрыт *эпидермисом*, который защищает его от повреждений и высыхания. Эпидермис покрыт *кутикулой* – слоем воска или воскоподобного вещества, который препятствует проникновению в листья болезнетворных организмов, защищает от перегрева и излишнего испарения воды. Волоски – выросты эпидермиса, выполняют защитную роль. В клетках эпидермиса нет хлоропластов, поэтому они свободно пропускают свет к основным тканям листа. *Устьица* – замыкающие клетки бобовидной формы (содержат хлоропласты) и устьичная щель между бобовидными клетками; осуществляют газообмен и транспирацию.

*Расположение устьиц*: на верхней стороне листа – у плавающих листьев (*кувшинка, кубышка*); на нижней стороне листа – у большинства растений; на верхней и нижней стороне листа – у листьев, которые расположены ребром к свету (*эвкалипт, ирис, осока некоторые злаки*).

Под эпидермисом находится мякоть листа, состоящая из клеток основной ткани. Клетки, примыкающие к верхнему эпидермису, имеют удлинённую форму, цитоплазма имеет много хлоропластов – *столбчатая паренхима* (функция фотосинтеза). Клетки, прилегающие к нижнему эпидермису, имеют округлую или неправильную форму, неплотно прилегают друг к другу, образуют крупные межклетники, заполненные воздухом, содержат мало хлоропластов – *губчатая паренхима*.

Основную ткань листа пронизывают *жилки (система проводящих пучков)*, которые содержат механические ткани (укрепляет проводящие пучки, придают листу упругость), ксилему, флоэму.

*Приспособление растений к уменьшению испарения воды:* у очитка, молодила – листья покрыты слоем воска; у кошачьей лапки, корофьяка, шалфея – листья имеют волоски на поверхности; у молодила, агавы, алоэ, очитка – листья запасают воду; у ковыля – листья в плохую погоду свертываются, у фасоли – складываются; у кактуса – листья видоизменены в колючки.

*Листопад* – особое биологическое приспособление растений к уменьшению испарения в неблагоприятные периоды года. Биологическими часами наступающего листопада является уменьшение продолжительности светового дня.

*Видоизмененные побеги:*

*Корневище* – видоизмененный побег; имеет верхушечную и пазушные почки, пленчатые чешуйки – видоизмененные листья; от него отрастают придаточные корни; весной из верхушечной или боковых почек развиваются молодые побеги (*ветреница, ландыш, мать-и-мачеха, пырей, кувшинка, рогоз, тростник, ирис, валериана, бадан*).

*Клубень* – видоизмененный побег с сильно утолщенным стеблем, в котором накапливаются запасные вещества (крахмал, масла); от нижней части клубня могут отходить боковые побеги – *столоны*, которые развиваются в почве и к осени превращаются в крупные клубни; на месте листьев остаются продолговатые листовые рубцы – *бровки*; рядом с бровками в небольших углублениях находятся пазушные почки – *глазки (картофель, топинамбур, или земляная груша, хохлатка)*.

*Луковица* – подземный укороченный побег с видоизмененными листьями – чешуями, которые прикреплены к короткому стеблю – *донце*, на верхушке которого располагается верхушечная почка; в пазухах сочных чешуй развиваются боковые почки, дающие начало молодым луковицам-деткам; снаружи покрыта сухими чешуями (*лук репчатый, лук медвежий, чеснок, тюльпан, лилия*).

*Кочан* белокочанной капусты – крупная видоизмененная почка. У капусты кольраби, развивается, короткий толстый, съедобный мясистый запасующий стебель.

Растение с побегами, накапливающими воду – *суккуленты*; в стебле – стеблевые суккуленты (*кактусы, молочаи*), в листьях – листовые суккуленты (*алоэ, агавы, очиток, молодило*).

*Колючки* – видоизменения побегов или их частей (*барбарис*, *кактус* – колючки превращаются в листья; *белая акация* – в прилистники; *астрагал* – черешок листа после опадения листовой пластинки; *дикая яблоня*, *груша*, *боярышник* – стебли некоторых боковых побегов).

*Усики* – видоизменения побега или листа (*виноград* – в усики превращены побеги; *горох* – верхняя часть сложного листа).

*Ловчие аппараты* – особые листья ловушки (*росянка*, *венерина мухоловка*, *непентес*).

### 1.7.5. Вегетативное размножение растений.

*Основные понятия и термины по теме:*

Вегетативное размножение растений. Размножение растений видоизмененными побегами, черенками, отводками, делением куста, прививками. Биологическое и хозяйственное значение вегетативного размножения.

*Вегетативное размножение* – развитие новых растений из вегетативных органов, основанное на способности растения образовывать новые вегетативные органы, в том числе утраченные или отсутствующие.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Способы вегетативного размножения: корневищами* (пырей, ландыш, купена); *отломавшимися ветками* (ива, тополь); *листьями* (сердечник луговой); *клубнями* (картофель); *луковицами* (чеснок тюльпан, лук репчатый); *делением куста* (пион, ирис, гортензия); *листовыми* (бегония, глоксиния, узамбарская фиалка, сансевьера или щучий хвост), *стеблевыми* (облиственные черенки – традесканция, колеус, пеларгония; безлистные черенки – крыжовник, смородина, тополь, ива), *корневыми* (малина) *черенками*; *отводками* (липа, смородина, крыжовник).

*Прививка*: глазком, черенком (вприклад – камбий на камбий; врасщеп; под кору); *привой* – растение, которое прививают; *подвой* – растение, на которое прививают.

### 1.7.6. Споровые растения. Мхи. Папоротники.

*Основные понятия и термины по теме:*

Мхи. Кукушкин лен: строение, размножение, цикл развития. Сфагновые мхи: строение и размножение. Роль мхов в природе.

Папоротники. Строение папоротников на примере щитовника мужского. Размножение и цикл развития папоротников. Роль папоротников в природе.

*Антеридий* – мужской орган полового размножения, в котором развиваются мужские гаметы – сперматозоиды.

*Архегоний* – женский орган полового размножения, в котором развиваются женские гаметы – яйцеклетки.

*Спорангий* – орган, производящий споры.

*Протонема* – одна из жизненных форм моховидных, нитевидное образование, развивающееся из споры.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Споровые растения обитают в различных климатических условиях. Большинство произрастает на влажных участках, поскольку для передвижения мужских гамет (сперматозоидов) при половом процессе им необходима вода.

*Мхи* – споровые, небольшие многолетние травянистые растения. Тело состоит из стеблей, покрытых мелкими листочками (листочкостебельные). Существуют мхи, которые не дифференцированы на стебель и листья – *печеночные мхи*. На нижней части стебля мхов образуются нитевидные выросты – ризоиды (вытянутая клетка или несколько клеток), с помощью которых они прикрепляются к грунту и поглощают из почвы воду и минеральные вещества. Размножаются мхи половым и бесполом (образование спор) способами.

*Кукушкин лен* – многолетнее растение, 12-20 см, на верхушках одних растений этого мха формируются мужские органы полового размножения (мужские), в них образуются мужские половые клетки со жгутиками – сперматозоиды; на верхушках других растений (женских) формируются женские органы полового размножения, здесь созревает женская гамета – яйцеклетка. Мужские и женские растения тесно соприкасаются друг с другом. Во время дождя или при обильной росе сперматозоиды плывут к яйцеклетке и сливаются с ней – происходит оплодотворение, образуется зигота (половое размножение), которая многократно делится, из образовавшихся клеток формируется коробочка на ножке – спорангий, в котором созревают споры (бесполое размножение), которые созревают, высыпаются из коробочки и рассеиваются ветром, при попадании в благоприятные условия прорастают в длинную тонкую ветвящуюся нить зеленого цвета, напоминающую зеленую водоросль, затем на нитях образуются почки из которых вырастают покрытые листьями молодые растения кукушкина льна.

*Сфагнум* – многолетнее растение с сильно ветвящимся стеблем, на концах верхних веточек развиваются коробочки, в которых созревают споры; не имеет ризоидов и всасывает воду и минеральные соли стеблем и листьями; каждый лист состоит из одного слоя клеток двух видов – одни из них живые, зеленые, содержат хлоропласты, другие – мертвые, крупные, бесцветные, лишены ядер и цитоплазмы – водоносные, располагаются между живыми клетками, оболочки их имеют отверстия, через которые впитывается вода. Размножается бесполом и половым способами.

Сфагновые мхи – мощные поглотители (сорбенты). В тех местах, где поселяется сфагнум, накапливается много влаги. Со временем участок, заселенный мхами, превращается в болото. Отмирающие нижние части побегов сфагнума вместе с другими растениями постепенно превращаются в торф, который используется как топливо, в качестве удобрения, на подстилку животным, для изготовления торфоперегнойных горшочков, для мульчирования почвы (поверхностное покрытие почв), что предотвращает ее пересыхание и сдерживает рост сорняков, для получения спирта, карболовой кислоты, пластмассы, воска, парафина.

*Папоротники* – травянистые растения, реже деревья, с крупными, сильно рассеченными листьями, произрастают как на суше, так и в воде. Имеют корни – *придаточные*; стебель – *корневище*, скрыт в почве и растет горизонтально; листья сильно рассеченные – *вайи*. Хорошо развиты проводящие ткани, состоящие из длинных клеток в форме трубок – трубчатые клетки, напоминающие сосуды и механические ткани. Стебли и листья покрыты влагонепроницаемой покровной тканью, в которой есть особые образования – *устьица*. На нижней стороне листьев имеются маленькие буроватые бугорки – группа *спорангиев*, в которых созревают споры (бесполое размножение). В сухую жаркую погоду спорангии раскрываются, споры высыпаются, разносятся потоками воздуха, упав на влажную почву, они прорастают в тонкую зеленую многоклеточную пластинку сердцевидной формы 10-15 мм (*заросток*), которая укрепляется ризоидами. На нижней стороне пластинки формируются органы полового размножения с мужскими и женскими половыми клетками. Во время дождя или обильной росы происходит слияние половых клеток – оплодотворение, затем образуется зигота, из которой путем деления постепенно развивается молодой папоротник (половое размножение).

Разнообразие папоротников: *щитовник мужской* (в тенистых лиственных и смешанных лесах), *орляк* (в сосновых лесах), *щитовник игольчатый* (в еловых лесах), *телиптерис болотный* (на заболоченных берегах рек), *страусник обыкновенный*, *кочедыжник женский* (по оврагам), *сальвиния*, *азолла* (в воде).

Папоротники являются компонентами многих растительных сообществ, при фотосинтезе образуют органические вещества и выделяют кислород, являются средой обитания и пищей для многих животных, декоративные цели (*адиантум «венерин волос»*, *платицеррум*, или *олени рога*, *нефролетис*, или *меч-папоротник*), *пища для человека (орляк)*, глистогонное средство (*щитовник мужской*).

### 1.7.7. Семенные растения. Голосеменные.

*Основные понятия и термины по теме:*

Голосеменные. Общая характеристика. Строение и размножение голосеменных на примере сосны. Значение голосеменных.

*Семя* – это зародышевое растение, снабженное запасом питательных веществ и защищенное семенной кожурой.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Голосеменные* растения – это наземные вечнозеленые растения, реже листопадные, кустарники, лианы. Представителям являются хвойные – *сосна обыкновенная*, *ель европейская*, *можжевельник обыкновенный*, *туя западная*, *тис ягодный*.

*Сосна обыкновенная* – вечнозеленое растение, имеющее корни, мощный многолетний стебель – *ствол* и листья. Листья игловидные – *хвоя*, живет 3-7 лет, снаружи покрыты покровной тканью, которая защищена тонким слоем прозрачного водонепроницаемого вещества – *кутикулой*. В центре стебля расположена – *сердцевина*, снаружи от сердцевины залегает *древесина*

(*ксилема*), вокруг нее в виде цилиндра располагается образовательная ткань – *камбий*, клетки которого делятся параллельно поверхности ствола – внутрь ствола (в сторону центра) образует элементы древесины, ближе к периферии – клетки *луба* (*флоэма*). На поперечном срезе темные кольца – это клетки древесины, образовавшиеся в конце лета и осени; светлые кольца – участки рыхлой древесины с крупными клетками и широким просветом, которые образуются весной, когда по растущему стеблю идет обильный восходящий ток воды с растворенными минеральными веществами. Темные и светлые кольца, образующиеся ежегодно – *годовые кольца прироста*. Снаружи стебель покрыт *корой*, в состав которой входит *пробка* (состоит из мертвых клеток, заполненных воздухом; оболочки клеток пропитаны веществами, отталкивающими влагу и препятствующими размножению микроорганизмов) и *луб*. В коре и древесине много *смоляных ходов* – пространств между клетками, заполненных смолой и маслами. У основания молодых веточек расположены мужские шишки – мелкие, зеленовато-желтые, собраны группами, а на верхушках веточек – красноватые одиночные женские шишки. И мужские и женские шишки состоят из оси, к которой прикреплены чешуи. На каждой чешуе мужской шишке, находится по два *пыльцевых мешка* – это спорангии, в которых образуются споры, каждая из которых покрывается плотной оболочкой, и ее содержимое делится, в результате чего образуются *пыльцевые зерна* (*пыльца*), в них созревают спермии. На каждой чешуе женской шишке, с ее внутренней стороны находятся два бугорка – *семязачатка*, в которых созревают яйцеклетки. В сухую погоду созревшие мужские шишки раскрываются, и из них высыпается пыльца, имеющая по бокам по два мешочка, наполненных воздухом, которая разносится ветром и падает на семязачатки женских шишек – *опыление*. Оказавшись на семязачатке, пыльцевое зерно образует вырост (*пыльцевую трубку*), который проникает в семязачаток. В это время в пыльцевом зерне образуются мужские половые клетки, они не имеют жгутиков – спермии, которые по пыльцевой трубке проникают в семязачаток, и один из них сливается с яйцеклеткой – *оплодотворение*. Образуется зигота, из которой развивается зародыш, а из семязачатка – *семя*. В семенах формируется ткань, клетки которой содержат запас питательных веществ – *эндосперм*, за счет которого происходит рост зародыша, и развитие молодого растения после прорастания семени. Шишки растут, одревесневают, становятся из зеленых бурыми. От опыления до созревания семян проходит 1 год 8 месяцев. После созревания семена высыплются и разносятся ветром с помощью пленчатых крылышек. Зрелое семя прорастает в молодое растение.

Хвойные породы выделяют в атмосферу особые летучие вещества, убивающие бактерий – *фитонциды*.

В результате подсочки получают *живицу* (смолу), которая используется при изготовлении лаков, скипидара, канифоли. Хвоя сосны, ели, пихты используется для приготовления зубной пасты, туалетного мыла, одеколонов, в качестве добавок в корм скоту, богата витамином С.

Разнообразие хвойных: ель европейская, можжевельник обыкновенный (чешуи шишки мясистые, срастаются между собой – «шишкоягоды»), тисс ягодный (листья чешуевидные, семена формируются не в шишках, а поодиночке и окружены мясистым чешуевидным образованием), лиственница (листопадное хвойное растение), туя.

### 1.7.8. Покрытосеменные. Общая характеристика.

*Основные понятия и термины по теме:*

Покрытосеменные. Общая характеристика.

*Цветковые растения* – растения, цветущие хотя бы один раз в жизни.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Покрытосеменные (цветковые)* – растения, формирующие цветки, из которых образуются плоды. В плодах созревают семена, с помощью которых происходит расселение цветковых растений.

Покрытосеменные являются крупнейший отдел растительного мира. Доминирующая роль цветковых растений связана с прогрессивными морфологическими изменениями: 1) появление цветка; 2) наличие в цветке завязи, предохраняющей семяпочки от неблагоприятных воздействий; 3) формирование плода; 4) наличие двойного оплодотворения, в результате которого образуется диплоидный зародыш и триплоидный эндосперм; 5) развитие проводящих элементов (сосудов) в ксилеме, во флоэме ситовидные трубки имеют членистое строение и появляются клетки-спутники.

### 1.7.9. Цветок. Соцветия. Опыление. Оплодотворение.

*Основные понятия и термины по теме:*

Цветок, его строение и функции. Соцветия и их биологическое значение. Опыление (самоопыление, перекрестное опыление). Двойное оплодотворение, образование семян и плодов.

*Цветок* – это видоизмененный укороченный побег, приспособленный для размножения, в котором образуются гаметы, происходит опыление, оплодотворение, формирование семян и плодов; генеративный орган растения.

*Соцветие* – это побег или система побегов, несущих на себе цветки, расположенные в определенном порядке.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Самый большой цветок – раффлезия Арнольди (диаметр 1 м, вес 6 кг).

*Основные части цветка* – цветоложе, околоцветник, тычинки, пестик.

*Цветоножка* – часть стебля, несущая цветок. Если цветоножка едва заметна или отсутствует – *сидячие* цветки. *Цветоложе* (ось цветка) – верхняя часть цветоножки. *Чашечка* – совокупность *чашелистиков* (образуют наружный круг цветка, имеют небольшие размеры и зеленую окраску) – функция защиты внутренних частей цветка до раскрытия бутона. *Венчик* – совокупность *лепестков* (имеют яркую окраску) – привлекает к цветку опылителей и содействует успешному опылению.

*Околоцветник* – чашечка и венчик вместе (выполняют защитную и «рекламную» роль). *Двойной околоцветник* – состоит из чашечки и венчика

(яблоня, груша, картофель, колокольчик). Венчиковидный – ярко окрашен, представлен только лепестками (тюльпан, ландыш, лилия). Чашечковидный – окрашен в зеленый цвет, представлен только чашелистиками (крапива, свекла). Чашелистики и лепестки могут быть свободными (яблоня, вишня) или сросшимися (тыква, колокольчик, огурец, картофель).

*Тычинка* – мужской орган растения; расположены тычинки к центру от околоцветника; количество у разных видов растения разное – одна (орхидея) или несколько; состоит из *тычиночной нити* и *пыльника* (формируется *пыльца* – скопление пыльцевых зерен, в каждом образуется по две мужские гаметы – спермии).

*Пестик* – женский орган растения; расположен в центре цветка; один или несколько; состоит из *завязи* (в ней находятся семязачатки, в которых образуется женская гамета – яйцеклетка), *столбика* (приподнимает рыльце над завязью, что облегчает улавливание пыльцы), *рыльца* (у мака столбик отсутствует – *сидячее рыльце*; рыльце улавливает пыльцу, бывает шероховатым, клейким).

*Обоеполые цветки* – цветки, у которых есть и пестики и тычинки (яблоня, груша, роза, тюльпан, лилия).

*Пестичные (женские) цветки* – цветки, у которых есть только пестики.

*Тычиночные (мужские) цветки* – цветки, у которых есть только тычинки.

*Однодомные растения* – если женские и мужские цветки размещаются на одном растении (тыква, огурец, кукуруза).

*Двудомные растения* – если женские и мужские цветки размещаются на разных растениях (тополь, ива, облепиха).

*Соцветия* – группа цветков, располагающихся на растении.

*Простые соцветия* – на главной оси (цветоносе) расположены одиночные цветки (Таблица 1).

Таблица 1 – Типы простых соцветий.

<i>Соцветие</i>	<i>Примеры растений</i>	<i>Характеристика</i>
Кисть	Ландыш, акация белая, черемуха, люпин, донник, пастушья сумка	Цветки при помощи цветоножек крепятся на оси в очередном порядке
Колос	Подорожник, ятрышник	Сидячие цветки (без цветоножек) располагаются на длинной оси
Початок	Белокрыльник болотный, кала	Сидячие цветки расположены на сильно утолщенной мясистой оси
Щиток	Груша	Цветки крепятся на оси в очередном порядке на цветоножках разной длины, цветки располагаются почти в одной плоскости

Зонтик	Примула, вишня	Цветоножки одинаковой длины отходят от верхушки укороченной главной оси, как бы из одной точки
Корзинка	Нивяник, ромашка, астра, подсолнечник, одуванчик, мать-и-мачеха	Сидячие цветки на утолщенной, сплющенной или конусовидной главной оси, нижняя часть которой покрыта зелеными листочками – оберткой
Головка	Клевер	Имеет укороченную утолщенную ось, а цветки крепятся на коротких цветоножках

*Сложные соцветия* – состоят из простых соцветий, расположенных на главной оси (от главной оси – цветоноса отходят оси второго порядка – боковые, на которых расположены цветки).

Таблица 2 – Типы сложных соцветий

<i>Соцветие</i>	<i>Примеры растений</i>	<i>Характеристика</i>
Сложная кисть	Сирень, вероника, виноград	На цветоносе расположены кисти; сложная кисть с несколькими порядками ветвления называют метелкой (сирень)
Сложный щиток	Бузина, калина	На общем цветоносе расположены цветки, собранные в простые соцветия с цветоножками разной длины, в результате чего цветки располагаются в одной плоскости
Сложный зонтик	Укроп, борщевик, морковь, петрушка	Состоит из простых зонтиков, расположенных на общем цветоносе
Сложный колос	Рожь, пшеница, ячмень, пырей	На общем цветоносе расположены простые колоски

Существует ряд более сложных соцветий – колос корзинок (*сушеница лесная*), щиток из корзинок (*тысячелистник*).

*Способы опыления:*

*Самоопыление* – пыльца из пыльников попадает на рыльце пестика того же цветка (*арахис, горох, пшеница, нектарин, рис, фасоль, хлопчатник*).

*Перекрестное опыление* – пыльца одного цветка переносится на рыльце пестика другого цветка: насекомыми (*яблоня, слива, вишня, мак, тюльпан*), ветром (*осока, пырей, райграс, ольха, орешник, дуб, береза*), водой (*элодея, валлиснерия*), птицами (*эвкалипт, акация, фуксия, алоэ*).

*Приспособления растений к опылению:*

*У насекомоопыляемых растений* – много пыльцы (питание для насекомых); поверхность пыльцевых зерен липкая или шероховатая, поэтому хорошо прикрепляется к насекомым; цветки ярко окрашенные, хорошо заметны на фоне зеленых листьев; цветки одиночные, крупные; мелкие цветки собраны в

соцветия; цветки выделяют сахаристую жидкость – нектар, который образуется в нектарниках – специальные железки, располагающиеся в глубине цветков; многие цветки издают приятный аромат (*акация белая, роза, некоторые виды лилий, ландыш, черемуха*).

У *ветроопыляемых* растений – цветки многочисленнее, мелкие и невзрачные, собраны в небольшие малозаметные соцветия; околоцветник отсутствует или плохо развит и не препятствует движению воздуха; тычинки имеют длинные тычиночные нити, на которых свисают пыльники; рыльца пестиков лохматые и длинные; цветки почти полностью лишены аромата, нектара, окраски; пыльца легкая, мелкая, сухая; у многих растений цветки появляются до распускания листьев (*лещина, ольха, рожь*).

*Искусственное опыление* – перенос пыльцы с тычинок на рыльце пестика человеком (*кукуруза, рожь, подсолнечник*).

*Оплодотворение:*

Без участия воды. При опылении пыльцевое зерно попадает на рыльце пестика, набухает и прорастает. Одна из клеток (вегетативная) пыльцевого зерна вытягивается и превращается в длинную пыльцевую трубку, которая растет в направлении завязи, проникая между клетками столбика. В завязи к этому времени уже сформирован один или несколько семязачатков, в котором располагается специальная структура – *зародышевый мешок* с яйцеклеткой и несколько сопровождающими клетками (две синергиды, три антиподы, две центральные клетки). По мере роста пыльцевой трубки по ней к завязи опускаются два спермия, которые образовались в пыльцевом зерне (из генеративной клетки). Когда пыльцевая трубка внедряется в семязачаток, кончик ее лопаются, и спермии попадают в зародышевый мешок. Один спермий сливается с яйцеклеткой, образуется зигота ( $2n$ ). Вторым спермий сливается с ядром центральной клетки зародышевого мешка, образуется запас питательных веществ – эндосперм ( $3n$ ). Таким образом, данный процесс – *двойное оплодотворение* (С. Г. Навашин). После оплодотворения синергиды и антиподы рассасываются; семязачаток разрастается и превращается в семя; из покровов семязачатка образуется кожура семени; из стенок завязи развивается околоплодник, который вместе с семенем образуют плод.

### **1.7.10. Плоды. Семя.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Плоды. Строение и классификация. Распространение плодов. Биологическое и хозяйственное значение плодов.

Семя. Строение семени однодольных и двудольных растений. Условия прорастания семян. Питание и рост зародыша и проростка.

*Плод* – орган покрытосеменных растений, который служит для защиты и распространения заключенных в нем семян.

*Семя* – это зародышевое растение, снабженное запасом питательных веществ и защищенное семенной кожурой.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Плод состоит из околоплодника (разросшаяся завязь) и семян.

Классификация плодов по *типу околоплодника* – сочные и сухие  
 Классификация плодов по *количеству семян* – односемянные и  
 многосемянные.

Таблица 3 – Сочные плоды

<i>Название плода</i>	<i>Примеры растений</i>	<i>Характеристика</i>
Односемянный плод		
Костянка	Слива, вишня, абрикос, черемуха, алыча	Очень твердый внутренний слой околоплодника, так называемая «косточка», внутри которой расположено семя; наружный слой околоплодника – кожица, средний – сочная мякоть
Многосемянные плоды		
Ягода	Томат, картофель, виноград, черника, смородина	Нет деревянистого слоя в отличие от костянки, и семена располагаются в сочной мякоти
Тыквина	Огурец, тыква, арбуз, дыня	Наружный слой околоплодника при созревании довольно твердый
Яблоко	Яблоня, груша, рябина	В образовании плода участвуют, кроме завязи, и другие элементы цветка – цветоложе, околоцветник.

Таблица 4 – Сухие плоды

<i>Название плода</i>	<i>Примеры растений</i>	<i>Характеристика</i>
Односемянные невскрывающиеся		
Орех	Лещина, липа, гречиха	Жесткий деревянистый околоплодник; маленький орех называется орешком
Желудь	Дуб	Менее жесткий, чем у ореха, кожистый околоплодник; у основания плод окружен чашевидным защитным покровом – плюской
Зерновка	Пшеница, ячмень, овес, кукуруза, рис	Кожистый околоплодник срастается с кожурой семени
Семянка	Подсолнечник, одуванчик, мать- и-мачеха	Кожистый околоплодник не срастается с кожурой семени
Многосемянные вскрывающиеся		
Боб	Горох, фасоль, люпин, акация	Околоплодник из двух створок, которые вскрываются от верхушки к основанию; семена прикреплены к стенкам плода

Стручок	Капуста, репа, рапс, пастушья сумка, дикая редька	Семена крепятся к перегородке, разделяющей плод на две части; вскрывается двумя створками; у некоторых стручки не вскрываются, а разламываются поперек на части (дикая редька)
Коробочка	Мак, белена, гвоздика, тюльпан, дурман, каштан конский	Имеет различные приспособления для вскрывания: дырочки (мак), крышечку (белена), зубчики (гвоздика); вскрывается чаще створками (тюльпан, дурман, каштан)

Каждый плод образуется из одного пестика, у некоторых растений в цветке пестиков много (ежевика, малина – *сборная костянка*; земляника – *сборный орешек*) – *сборные плоды*.

*Распространение плодов и семян*: ветром (крылышки – клен, ясень); водой (ольха, осока, кокосовая пальма); животными (поедая плоды – лещина, дуб; прицепки, крючочки – лопух, гравилат, череда); активное разбрасывание (желтая акация, недотрога); человеком.

*Семя*:

Образование семян – важнейшее условие существования цветковых растений. Снаружи семя покрыто *семенной кожурой* (у однодольных срастается с сухим околоплодником).

Главная часть семени – *зародыш* (миниатюрное растение), состоящий из зародышевого корешка, зародышевого стебелька, почечки и семядолей.

*Семядоли* – это первые листья зародыша.

В зависимости от количества семядолей растения делятся на *однодольные* (кукуруза, лук, овес, пшеница, рожь, тюльпан) и *двудольные* (горох, огурец, тыква, фасоль).

Запас питательных веществ в эндосперме – *пшеница, рожь, ячмень, мак, липа, перец сладкий, сирень*; запас питательных веществ в семядолях – *боб, горох, огурец, тыква, фасоль*.

*Мелкие семена* – мак, репа, капуста, петрушка, морковь, *крупные семена* – боб, фасоль, тыква.

*Покой семени* – важное приспособление, позволяющее растениям переживать неблагоприятные условия и поддерживать существование своего вида.

*Жизнеспособность семян* – свойство семян сохранять способность к прорастанию.

*Всхожесть семян* – способность семян к прорастанию.

*Условия прорастания семян* – тепло, воздух, вода. *Прорастают в холодной почве* – рожь (+1), редис (+2), пшеница (+3), морковь (+5); *в теплой почве* – кукуруза (+8), томаты (+10), огурцы (+12), фасоль (+15).

Прорастание семян: *надземное* (фасоль), *подземное* (горох, дуб, лещина, пшеница, рожь, ячмень).

*Проросток* – молодое растение, развивающееся из семени.

*Посев семян:* мелкие семена (*репа, лук, морковь*) – на глубину 1-2 см.; семена средних размеров (*огурцы*) – на глубину 2-4 см.; крупные семена (*горох, фасоль, боб*) – на глубину 4-5 см.

*Удобрения:* органические (*навоз, птичий помет, перегной, торф*); минеральной (*азотные* – усиливает рост стеблей и листьев; *калийные* – усиливают рост корней, луковиц, клубней; *фосфорные* – ускоряют созревание плодов).

### 1.7.11. Многообразие покрытосеменных.

*Основные понятия и термины по теме:*

Многообразие покрытосеменных. Отличительные признаки однодольных и двудольных растений. Характерные признаки и практическое значение растений семейств (Крестоцветные, Розовые, Пасленовые, Бобовые, Злаки). Дикорастущие и культурные растения. Охрана растений.

*Двудольные растения* – цветковые растения, семена которых имеют две семядоли.

*Однодольные растения* – цветковые растения, семена которых имеют одну семядолю.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Все цветковые растения подразделяются на два класса: Двудольные (*горох, фасоль, тыква*) и Однодольные (*рожь, овес, пшеница, кукуруза*).

Таблица 5 – Отличительные признаки классов растений

<i>Однодольные</i>	<i>Двудольные</i>
<b>Зародыш</b>	
У зародыша одна семядоля	У зародыша две семядоли
<b>Корень</b>	
Корневая система мочковатая, главный корень отмирает	Корневая система стержневая, главный корень хорошо развит
<b>Стебель</b>	
Проводящие пучки рассеяны равномерно, не кругами; проводящие пучки без камбия	Проводящие пучки расположены по кругу или сливаются в цилиндр; в них есть боковая образовательная ткань камбий
<b>Лист</b>	
Листья простые с параллельным или дуговым жилкованием	Листья простые и сложные с пальчатым и перистым жилкованием
<b>Цветок</b>	
Цветки трехчленные	Число лепестков и чашелистиков в цветке кратно пяти (реже четырем)

*Исключения:* *Вороний глаз* – травянистое растение, зародыш с одной семядолей, листья имеют жилкование, характерное для двудольных; *Подорожник* – травянистое растение, зародыш с двумя семядолями, мочковатая

корневая система и дуговое жилкование листьев, характерное для однодольных растений.

Таблица 6 – Семейства класса двудольные и однодольные:

Название семейства	Жизненная форма	Формула цветка, соцветие	Плод	Представители	Значение
<b>Двудольные</b>					
Крестоцветные	Травы	Ч4Л4Т4+2П1 Кисть	Стручок	Капуста, редька, редис, брюква	Пищевые и кормовые культуры, медоносы, сорняки
Розовые	Деревья, кустарники, травы	Ч(5)Л5ТnП1 Ч5+5Л5ТnП1 Щиток Зонтик Кисть	Костянка, яблоко	Вишня, малина, яблоня, груша, шиповник	Плодовые, Лекарственные, декоративные
Бобовые	Кустарники, травы	Ч(5)Л1+2+(2) Т(9)+1П1 Кисть Головка	Боб	Горох, люпин, фасоль, люцерна	Кормовые и пищевые культуры, медоносы, сорняки
Пасленовые	Травы	Ч(5)Л(5)Т(5)П1 Кисть Метелка	Ягода, коробочка	Картофель, томат, дурман, белена	Пищевые, кормовые, декоративные культуры
<b>Однодольные</b>					
Злаки	Травы	О2+2Т3П1 Сложный колос Метелка	Зерновка	Пшеница, рожь, рис, овес, кукуруза, мятлик	Хлебные и кормовые культуры, сорняки

*Дикорастущие растения:*

*Растения леса* – береза, клен, липа, осина (первый ярус); ива, рябина, черемуха, яблоня (второй ярус); калина, крушина, лещина (третий ярус); голубика, брусника, черника, купырь, сныть, чина, кислица, копытень, марьянник (четвертый ярус).

*Растения луга* – костер безостый, таволга вязолистная, василистник желтый, осоки (высокие травы); мятлик луговой, овсяница красная (мелкие травы); белоус, мятлик однолетний, лядвенец рогатый, клевер ползучий, клевер пашенный, манжетка, гвоздика-травянка, вероника дубравная, ястребиночка

(низкорослые травы); вероника лекарственная, очиток едкий, вербейник монетчатый, тимьян ползучий (травы с лежачими и ползучими побегами).

*Растения болот* – сабельник болотный, пушица, белокрыльник болотный, вахта пушица, морошка, росьянка круглолистная (травы); голубика, брусника, клюква (кустарнички); багульник болотный (кустарник); береза, ива (деревья).

*Околоводные и водные растения* – тростник, аир, ежеголовник, стрелолист, рогоз, сусак зонтичный (прибрежные растения); ряска, кувшинка, кубышка, рдест, водокрас, роголистник, элодея канадская (водные).

*Съедобные растения* – ежевика, малина, брусника, костяника, черника, морошка, земляника.

*Растения, содержащие витамины и полезные вещества* – лебеда, одуванчик, щавель, иван-чай, клевер луговой, лапчатка гусиная, сныть, пастушья сумка, подорожник большой.

*Ядовитые растения* – вех ядовитый (цикута), болиголов пятнистый, ландыш майский, воронец колосистый, волчегодник обыкновенный, красавка обыкновенная (белладонна), бересклет бородавчатый, вороний глаз, чистотел большой, белена черная, лютик ядовитый.

*Культурные растения:*

*Зерновые* – пшеница, рожь, ячмень, овес.

*Овощные* – брюква, дайкон, морковь, свекла, редис, репа, петрушка, сельдерей, лук, чеснок, укроп, кинза, руккола, шпинат.

*Плодово-ягодные* – груша, яблоня, слива, вишня, алыча, черешня, абрикос, малина, крыжовник, ежевика, смородина, земляника, черноплодная рябина.

*Сахароносные* – свекла.

*Масличные* – соя, рапс, подсолнечник.

*Прядильные* – лен.

*Кормовые* – люпин, клевер, люцерна, райграс, ежа сборная, тимофеевка.

*Декоративные* – сирень, чубушник, роза, астра, гвоздика, георгин, рудбекия (двудольные), гладиолус, ирис, ландыш, лилия, нарцисс, тюльпан (однодольные).

*Значение растений для человека* – сырье для промышленности, продукты питания, топливо, стройматериалы, лекарственные препараты, корма для животных.

Растения, занесенные в *Красную книгу* Республики Беларусь – папоротник королевский, ветреница лесная, прострел луговой, шпажник черепитчатый, венерин башмачок, черемша, кувшинка белая, пихта белая, гусиный лук.

## 1.8. Животные

### 1.8.1. Общая характеристика животных.

*Основные понятия и термины по теме:*

Общая характеристика и разнообразие животных. Классификация, среда обитания, распространение, внешнее строение животных (покровы, отделы тела), внутреннее строение (полость тела, строение опорно-двигательной, нервной, пищеварительной, выделительной систем, систем органов дыхания, кровообращения, чувств, размножения), особенности процессов жизнедеятельности и развития; значение животных данного типа (класса) в природе и жизни человека.

*Зоология* (от зоон – животное и логос – наука) – раздел биологии, изучающий животных.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Основные признаки животных:* 1) гетеротрофный тип питания; 2) подвижность; 3) клетки имеют клеточную мембрану; 4) постоянство формы тела, в полости которого расположены все внутренние органы; 5) ограниченный рост.

Тело животных состоит из клеток. У многоклеточных животных выделяются группы клеток, имеющих одинаковое строение и выполняющих одну и ту же функцию. Такие клетки образуют ткани. Существует четыре основных типа тканей: эпителиальная, мышечная, соединительная и нервная. Разные виды тканей входят в состав более сложных образований – органов, а последние образуют системы органов.

*Типы симметрии тела:* 1) лучевая (радиальная) – (кишечнополостные); 2) двусторонняя (билатеральная) – плоские черви, круглые черви, кольчатые черви, моллюски, членистоногие, хордовые.

*Типы размножения:* 1) бесполое; 2) половое. Бесполое размножение свойственно преимущественно кишечнополостным и некоторым другим животным. Одним из его видов является почкование, при котором дочерняя особь образуется на материнской сначала в виде небольшого бугорка – почки, которая либо отделяется от материнского. При половом размножении у животных образуются половые клетки, которые, сливаясь, дают начало зародышу – новому организму. Половое размножение присуще раздельнополым животным и гермафродитам. Одним из способов полового размножения является партеногенез, при котором зародыш развивается из неоплодотворенной яйцеклетки. Для некоторых животных характерно чередование полового и бесполого размножения. Период развития животного от оплодотворения яйцеклетки до конца жизни называется периодом индивидуального развития, или онтогенезом. Онтогенез включает два периода. Первый начинается с оплодотворенной яйцеклетки и заканчивается развитием зародыша – это период эмбрионального развития. Второй период, постэмбриональный, начинается с момента рождения молодой особи или выхода ее из яйца. Он включает рост, формирование животного организма,

достижение им половой зрелости и способности к размножению. После завершения периода размножения наступает старение и естественная гибель животного.

*Классификация животных:*

Вид, род, семейство, отряд, класс, тип – основные систематические группы животных. В связи с большим многообразием животных ученые-зоологи ввели в классификацию промежуточные группы: подсемейство, подотряд, надотряд, подкласс и т. п.

*Роль животных в природе и жизни человека:*

Вместе с бактериями разрушают органические остатки, способствуя образованию перегноя, повышают плодородие почвы; входят в разнообразные цепи питания: растения служат пищей растительноядным животным, которых, в свою очередь, поедают хищники; многих животных использует человек, добывая их в процессе рыболовства и охоты; обеспечивают нас продуктами питания (мясом, молоком, медом и др.) и сырьем для разнообразных производств (кожей, мехом, шерстью и др.); известны и животные, наносящие вред хозяйству человека – вредители растений, паразиты и переносчики возбудителей опасных заболеваний животных и человека.

### **1.8.2. Тип Кишечнополостные.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Тип Кишечнополостные. Пресноводный полип гидра. Многообразие кишечнополостных: медузы, коралловые полипы.

*Эктодерма* – наружный зародышевый листок.

*Энтодерма* – энтодерма, внутренний зародышевый листок.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Пресноводный полип гидра:*

Тело гидры напоминает вытянутый мешочек. К растениям она прикрепляется нижним концом – подошвой. Тонкий стебелек переходит в мешковидное тело, на верхнем конце которого расположен рот, окруженный венчиком из 5-12 щупалец. Размеры тела гидры около 5-7 мм, а длина щупалец может достигать нескольких сантиметров.

Гидры, как и все кишечнополостные, – *радиально-симметричные животные*. В их теле различают *два слоя клеток*: наружный, или покровный, и внутренний, или пищеварительный. Между этими слоями в виде прослойки располагается плотная опорная пластинка, не имеющая клеточного строения. Внутри тела гидры имеется кишечная полость. Отличительной особенностью кишечнополостных является то, что они не имеют тканей, органов и систем органов (кроме нервной). Различные функции выполняются специализированными клетками, расположенными в наружном и внутреннем слоях.

*Наружный (покровный) слой тела* гидры состоит из клеток нескольких типов. Основу его составляют кожно-мускульные клетки, образующие покров гидры. В основании каждой клетки есть сократительные мускульные отростки, идущие вдоль тела гидры. При их сокращении животное укорачивается. Между

кожно-мускульными клетками расположены пигментные, стрекательные, нервные, чувствительные и резервные (промежуточные) клетки. Пигментные клетки придают телу гидры окраску (серую, буроватую, зеленую). Стрекательные клетки расположены на поверхности тела животного, но особенно многочисленны на щупальцах. Стрекательная клетка имеет капсулу, заполненную ядовитой жидкостью, и спирально свернутую стрекательную нить. На внешнем крае клетки имеется чувствительный волосок, механическое или химическое раздражение которого вызывает стремительное выбрасывание стрекательной нити. Благодаря имеющимся на ней зазубринам, направленным острием назад, стрекательная нить закрепляется в теле жертвы, как гарпун. Яд убивает или парализует ее. Наличие стрекательных клеток характерно для всех кишечнополостных. Нервные клетки имеют звездчатую форму. Своими отростками они соединяются друг с другом, образуя нервную сеть. Такой тип строения нервной системы называется диффузным (рассеянным). В любом месте ее тела, раздражение воспринимается чувствительными клетками. Оно быстро распространяется по всей сети и передается кожно-мускульным клеткам. Мускульные отростки сокращаются, и гидра сжимается в комок. Такая ответная реакция животного на воздействие раздражителя называется рефлексом. *Рефлекс* включает три последовательных этапа: восприятие раздражения из внешней или внутренней среды, передачу возбуждения по клеткам нервной сети и ответную реакцию организма, которая проявляется в каком-либо действии. Большую роль в жизни гидр играют резервные, или промежуточные, клетки. Не имея определенной функции, они могут превращаться в любые другие клетки тела животного. Благодаря наличию резервных клеток гидра обладает способностью к регенерации – восстановлению утраченных или поврежденных частей тела. Они могут восстановить даже целый организм из его части.

*Внутренний слой тела* гидры также состоит из клеток, имеющих мускульные отростки, но идущих поперек тела животного. Их сокращение вызывает уменьшение толщины тела. Одновременно расслабляются мускульные отростки покровных клеток, и гидра становится длинной и тонкой.

Основная роль клеток внутреннего слоя – пищеварительная. Гидры – хищники, питаются мелкими животными. Они поражают их нитями стрекательных клеток, захватывают щупальцами и заглатывают. Во внутреннем слое есть железистые клетки, которые выделяют в кишечную полость пищеварительные соки и обеспечивают переваривание пищи. Другие клетки внутреннего слоя – пищеварительные – имеют жгутики и образуют ложноножки. Жгутики своими движениями подтягивают полупереваренные частички пищи, а ложноножки захватывают их. Окончательное переваривание происходит внутри пищеварительных клеток. Таким образом, для гидры характерно сочетание полостного и внутриклеточного пищеварения. Непереваренные остатки выводятся наружу через рот.

Передвигаются гидры медленно, за счет сокращения кожно-мускульных клеток. Чаще они висят, прикрепившись к растениям, расправив щупальца и

двигая ими в поисках добычи. Они способны «шагать», прикрепляясь к предметам ротовым концом и подтягивая подошву, либо «кувыркаются», касаясь опоры то подошвой, то ротовым концом.

Специальных органов дыхания у гидры нет. Кислород из воды проникает через всю поверхность тела животного. Углекислый газ выделяется так же.

В летнее время гидры размножаются *бесполом способом* – почкованием. На теле гидры образуется бугорок – почка. Она постепенно увеличивается в размерах. На внешнем конце почки вскоре прорывается рот и развиваются щупальца. Молодая гидра отделяется от материнского организма и переходит к самостоятельному существованию. *Половое размножение* происходит в конце лета. Во внешнем слое тела гидры из резервных клеток образуются мужские и женские половые клетки (сперматозоиды и яйцеклетки). Оплодотворенная яйцеклетка покрывается плотной защитной оболочкой и зимует на дне. Весной из нее развивается молодая гидра, размножающаяся в теплый период года почкованием.

*Многообразие и значение кишечнополостных:*

*Медузы* – одиночные, подвижные животные; имеют форму зонтика, на нижней стороне которого расположен рот; кишечная полость образует систему радиальных и кольцевого каналов; по краю зонтика располагаются щупальца. Медузы плавают в толще воды за счет ритмичных сокращений зонтика, при расслаблении которого его внутреннее пространство заполняется водой, а при сокращении вода с силой выталкивается наружу – *реактивный* тип движения. Между наружным и внутренним слоями сильно развита студенистая прослойка, содержащая до 98 % воды, благодаря этому прозрачное студенистое тело медуз почти сливается с морской водой и делает их малозаметными для хищников и жертв. Размножаются медузы только половым способом.

*Аурелия (ушастая медуза), медуза корнерот («хрустальное мясо»), полярная медуза (цианея), краспедакуста.*

*Коралловые полипы* – это одиночные и колониальные кишечнополостные, размножающиеся бесполом и половым способами. Мешковидное тело, прикрепленное к субстрату широкой подошвой. На свободном конце вокруг рта расположены многочисленные толстые щупальца. Каменистые кораллы имеют известковый или роговой скелет и образуют многолетние колонии. Живые особи в них расположены на поверхности, а основную часть составляет скелет отмерших поколений коралловых полипов, образующих *коралловые рифы*: береговые, барьерные, атоллы, или кольцевые рифы. Коралловые рифы являются местом обитания многих морских животных. Их заселяют разнообразные виды червей, моллюсков, ракообразных, рыб. Все они находят здесь убежище и пищу. Многочисленны на коралловых рифах бесскелетные актинии («морские цветы») и коралловые полипы с мягким скелетом. Известковый скелет колониальных коралловых полипов используется в качестве строительного материала. Из рогового скелета красного благородного коралла изготавливают украшения. Стрекательные клетки многих видов кишечнополостных опасны для человека – медуза *крестовичок* вызывает у

человека ощущение сильного ожога; *физалия*, или «португальские кораблики», вызывают неприятные ощущения, похожие на ожог крапивы.

### 1.8.3. Тип Плоские черви.

*Основные понятия и термины по теме:*

Тип Плоские черви. Белая планария. Паразитические черви: печеночный сосальщик, бычий цепень. Профилактика заражения.

*Мезодерма* – средний зародышевый листок.

*Протонефридии* – органы выделения.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Тело плоских червей двусторонне-симметричное, имеет плоскую листовидную или лентовидную форму. У них есть передний, или головной, и задний концы тела, спинная и брюшная стороны. Обитают в морях, пресных водах, в почве. Свободноживущие плоские черви – хищники. Многие виды – паразиты позвоночных животных, вызывающие тяжелые заболевания. Наиболее широко распространены и известны представители трех классов: Ресничные черви, Сосальщикообразные и Ленточные черви.

*Класс Ресничные черви:*

В озерах, прудах, канавах на подводных предметах, камнях, в пазухах листьев растений обитают *планарии*. Это небольшие (до 2 см длиной) хищные черви. Добычей являются различные мелкие черви, моллюски, рачки, насекомые и их личинки.

У планарии развит *кожно-мускульный мешок*, в котором заключены все внутренние органы. Он состоит из одного слоя покровных клеток (эпителий), несущих реснички, и расположенных под ними трех видов мышц: кольцевых, косых и продольных. С помощью биения ресничек и движения мышц планарии могут плавно скользить по поверхности и плавать. Пространство между кожно-мускульным мешком и внутренними органами заполнено клетками паренхимы. Паренхима служит опорой для мышц, переносит питательные вещества и продукты жизнедеятельности, в ее клетках содержится запас питательных веществ. В паренхиме лежит еще один вид мышц – спиннобрюшные. Благодаря паренхиме планарии способны к регенерации – восстановлению целого организма из части тела и заживлению повреждений.

*Пищеварительная система* представлена двумя отделами кишечника: передним (рот, глотка) и средним (сильно разветвленным и слепозамкнутым). Рот у планарий находится на брюшной стороне тела и ведет в мускулистую глотку. При захвате добычи червь выворачивает глотку наружу, проникает в тело жертвы и высасывает ее. Кишечник разветвленный, в нем пища переваривается и всасывается, а непереваренные остатки удаляются через рот. У планарии, как и у всех плоских червей, кишечник замкнутый, анального отверстия нет.

Кровеносной и специальной дыхательной систем нет.

*Дышат* планарии всей поверхностью тела, извлекая кислород из воды. Поэтому ресничные черви живут в чистой, богатой кислородом воде.

*Выделительная система – протонефридии.* Выведение продуктов жизнедеятельности из тканей и органов происходит через многочисленные, пронизывающие все тело планарии, тонкие каналы. Каждый канал начинается клетками с пучком постоянно колеблющихся ресничек. Благодаря движению этих ресничек жидкие продукты обмена веществ поступают из канальцев в два крупных продольных выделительных канала, а из них выводятся наружу.

*Нервная система* – в передней части тела нервные клетки образуют парный головной нервный узел, от которого отходят нервные стволы, дающие многочисленные ответвления нервов к органам и тканям.

*Органы чувств* – зрения, вкуса, обоняния, осязания, равновесия.

Планарии – *гермафродиты*. Каждая особь имеет мужскую и женскую половую системы. Размножение происходит летом при обилии пищи и благоприятных условиях среды. Оплодотворение внутреннее. Отложенные яйца покрываются оболочкой и образуют кокон, который прикрепляется к различным подводным предметам и листьям растений. Из кокона выходят молодые планарии. Развитие прямое.

Среди плоских червей много паразитов, которые относятся к классам Сосальщикообразные и Ленточные черви.

*Класс Сосальщикообразные:*

Сосальщикообразные в отличие от планарий не имеют на покровах ресничек. *Покровы* у них уплотненные и выделяют слизь, защищающую червей от действия пищеварительных соков кишечника хозяина, в котором они обитают. Чтобы удержаться в кишечнике, сосальщикообразные используют *две присоски* – ротовую с ротовым отверстием и брюшную. Рот ведет в глотку, а далее следует разветвленный слепо замкнутый кишечник. Пищу черви всасывают из кишечника хозяина. Обилие пищи позволяет сосальщикообразным накапливать большое количество запасных веществ, при расщеплении которых высвобождается энергия, необходимая для их жизнедеятельности. *Выделительная и нервная системы* у сосальщикообразных такие же, как и у планарий. Однако часто в связи с паразитическим образом жизни отсутствуют органы чувств. Сосальщикообразные – *гермафродиты*. *Половая система* у них устроена сложно и занимает большую часть объема тела. Взрослые черви живут и размножаются в организме позвоночных животных, но способны размножаться в водных и наземных моллюсках. *Личинки* обитают в воде, благодаря чему обеспечивают расселение. Печеночный сосальщик имеет размеры 2,5-3 см. Живет в протоках печени коров, овец, коз, оленей, зубров, редко встречается у человека. Это основные хозяева червя, в них происходит половое размножение паразита. Червь питается кровью и клетками печени. Очень плодовит, в сутки выделяет до 20 тыс. яиц. Для дальнейшего развития яйца должны попасть в воду, где из них выходит личинка, покрытая ресничками. Некоторое время она плавает, но для дальнейшего развития должна попасть в тело моллюска, например прудовика, где паразит развивается и размножается. Сформировавшиеся подвижные личинки с хвостом выходят в воду, плывут к прибрежным

растениям и прикрепляются к ним. Позже они покрываются защитной оболочкой (образуют цисту) и долго остаются в состоянии покоя. Затем неподвижные личинки вместе с прибрежной растительностью и водой проглатываются животными-хозяевами. В их кишечнике оболочка личинки растворяется, она проникает в печень и развивается во взрослого червя. Сосальщикообразные, паразитируя в печени сельскохозяйственных животных, ослабляют их, нарушают пищеварение, снижают продуктивность.

#### *Класс Ленточные:*

Ленточные черви также паразитируют у позвоночных животных. Их тело напоминает ленту, состоящую из разного числа (от 4 до 1000) члеников. На переднем конце находится головка с *присосками* и (или) *крючьями* для прикрепления к стенке кишечника хозяина. За головкой расположена шейка – зона роста, от которой постоянно отпочковываются новые членики, постепенно увеличивающиеся в размерах. Отличительной особенностью ленточных червей является *отсутствие* у них *пищеварительной системы*. Пищу они всасывают всей поверхностью тела, покрытой мелкими ворсинками, которые увеличивают поверхность всасывания. Ленточные черви – *гермафродиты*. В каждом членике имеется половая гермафродитная система. После оплодотворения яйца накапливаются в члениках и постепенно, по мере отделения от шейки новых члеников, смещаются к концу тела. Здесь находятся набитые яйцами зрелые членики. Бычий цепень имеет размеры 5-7 м. Живет в кишечнике плотоядных животных и человека порой 18-20 лет. За это время в его члениках образуются и выделяются около 11 млрд яиц. Развитие бычьего цепня проходит со *сменой двух хозяев*. Основным хозяином является человек. Зрелые членики с калом выводятся из кишечника и могут быть проглочены крупным рогатым скотом с загрязненной травой. В кишечнике коровы (*промежуточного хозяина*) из яиц выходит микроскопическая личинка, которая через стенку кишечника проникает в кровь, разносится по телу животного и оседает в мышцах. Здесь образуется новая личинка – *финна*. Она имеет вид пузыря, на одном конце которого ввернута внутрь головка с шейкой. Личинка растет, достигает размеров горошины. Если человек съест плохо проваренное, прожаренное или провяленное мясо, финна попадет в его желудок, затем в кишечник. Здесь головка с шейкой выворачивается и прикрепляется к стенке кишечника (*основной хозяин*). Червь растет и начинает образовывать членики с половой системой. Цепень размножается, зрелые членики с яйцами отрываются и выводятся наружу. Ленточные черви не только истощают организм человека, питаясь за его счет. Продукты их жизнедеятельности вызывают нарушение пищеварения, отравление продуктами обмена веществ, малокровие.

У человека могут паразитировать и другие ленточные черви, например свиной цепень и эхинококк. *Свиной цепень* имеет на головке не только присоски, но и крючья. Поэтому изгнание его из кишечника зараженного человека затруднительно. Его промежуточными хозяевами являются дикие кабаны и свиньи, а основным – человек. *Эхинококк* – маленький червь длиной около 5 мм – паразитирует у собак и других хищников, которые являются его

основными хозяевами. Яйца эхинококка могут находиться на траве, на шерсти собак. Промежуточные хозяева эхинококка – человек и травоядные животные. Личинка эхинококка развивается в разных органах промежуточных хозяев, образуя в них пузыри размером до футбольного мяча. Чтобы избежать заражения, человеку следует мыть руки после контакта с собаками, даже домашними. Чтобы избежать заражения паразитическими плоскими червями, необходимо соблюдать правила личной гигиены, не пить сырую воду из природных водоемов, не употреблять в пищу сырое мясо.

#### 1.8.4. Тип Круглые черви.

*Основные понятия и термины по теме:*

Тип Круглые черви. Аскарида человеческая, детская острица. Профилактика заражения.

*Половой диморфизм* – внешнее отличие самца и самки.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Круглые черви* – это животные с тонким, длинным, заостренным на концах нитевидным телом, круглым в поперечном сечении. Свободноживущие круглые черви заселяют дно водоемов и почву.

*Аскарида человеческая* – червь, паразитирующий в кишечнике, до 25 см, желтоватого цвета; тело червя тонкое, цилиндрическое, сужено с обоих концов.

*Кожно-мускульный мешок* аскариды состоит из многослойной кутикулы, защищающей червя от переваривания в кишечнике хозяина, под которой находится однослойный кожный эпителий, выделяющий вещество кутикулы. Кутикула дает опору продольным мышцам, сокращение которых приводит к зигзагообразным движениям тела червя.

*Полость тела* заполнена жидкостью, которая находится под давлением и является своеобразным *гидроскелетом*, придающим телу упругость. В полости тела лежат внутренние органы, а полостная жидкость обеспечивает перенос питательных веществ и продуктов обмена веществ между клетками, тканями и органами.

На переднем конце тела находится рот, окруженный тремя губами. Он ведет в ротовую полость и далее в мускулистую глотку, способную работать как насос. В среднем отделе кишечника происходит пищеварение и всасывание питательных веществ. Задний отдел кишечника открывается наружу анальным отверстием – *сквозная кишечная трубка*. Аскариды питаются, заглатывая полупереваренную пищу из кишечника человека.

Продукты обмена веществ накапливаются в полостной жидкости. Затем поступают в два боковых *выделительных канала*, сливающихся друг с другом и открывающихся выделительным отверстием в передней части тела. Имеются выделительные железы.

*Нервная система* сходна с нервной системой плоских червей. Она представлена окологлоточным нервным кольцом и отходящими от него нервными стволами, соединенными между собой полукольцевыми нервными перемычками. У аскариды на губах имеются вкусовые сосочки.

Чувствительные клетки, воспринимающие прикосновение, разбросаны по всему телу.

Все круглые черви *раздельнополые* животные. У аскариды самцы и самки различаются внешне: самцы более мелкие, их задний конец крючковидно изогнут – *половой диморфизм*. Половая система самца представлена одним *нитевидным семенником*, самки – парными *нитевидными яичниками*. *Оплодотворение внутреннее*. Самка аскариды, как и все паразиты, производит огромное количество яиц – до 250 тыс в сутки. Яйца с калом выходят наружу. В дальнейшем для развития в них личинки необходима среда, содержащая кислород. Через 3-4 недели в яйце развивается личинка. Такое яйцо с личинкой уже способно вызвать заражение нового хозяина. Яйца микроскопические и липкие. Они могут прилипать к овощам и фруктам, к рукам, а затем попадать в рот человека. Их могут принести на своих конечностях мухи, ползающие по продуктам и посуде. Оболочка проглоченных яиц в желудке растворяется, и вышедшие личинки проникают через стенку кишечника в кровь. Снова нуждаясь в кислороде для дальнейшего развития, личинки по кровеносному руслу попадают в печень, сердце и легкие. Из легких подросшие личинки поднимаются по трахее и гортани в глотку и со слюной заглатываются повторно. Только после этого личинки в кишечнике начинают расти, достигают полового созревания (превращаются во взрослых червей) и размножаются. Когда аскарид в кишечнике много, они могут сплетаться в клубки, вызывать закупоривание кишечника, подниматься по нему вверх и попадать в горло, что может привести к удушью и смерти.

Круглые черви – *паразиты* человека, животных и растений. Среди круглых червей есть много широко распространенных паразитов человека – *глисты*. К ним относятся детская острица, власоглав и трихинелла.

*Детская острица* – беловатый червь длиной до 0,8 см, паразитирующий в кишечнике, чаще всего у детей. Клейкая жидкость, которой самки приклеивают яйца к коже у анального отверстия, вызывает сильный зуд. Дети расчесывают кожу, и яйца остриц попадают под ногти, а с грязных рук в рот. Так происходит повторное заражение паразитом. Часть яиц выделяются с калом и, попав в питьевую воду, на пищевые продукты и предметы обихода, заражают других людей. Живет детская острица около месяца.

*Власоглав* – более крупный паразит, длина его достигает 5 см. Передняя половина тела червя тонкая, волосовидная, задняя – более толстая. Червь паразитирует в кишечнике. Своей передней волосовидной частью он прошивает слизистую оболочку кишки и крепко удерживается там. Питается власоглав клетками крови и эпителия кишечника. Массовое развитие паразитов может привести к малокровию.

Очень опасно для здоровья и даже для жизни человека заражение *трихинеллой*, вызывающей трихинеллез. Заболевают трихинеллезом, употребляя в пищу зараженную свинину, мясо кроликов. Микроскопические личинки трихинеллы находятся в мышцах этих животных. Паразиты не погибают даже при кулинарной обработке мяса, поэтому туши зараженных

животных уничтожаются. Если человек съел зараженное мясо, в его организме начнется развитие и размножение паразита. Личинки нового поколения из кишечника попадают в мышцы, где начинают питаться, вызывая мучительную боль. Закончив рост, личинка сворачивается спиралью и покрывается защитной оболочкой. В таком виде она может находиться в мышцах долгие годы. Трихинеллез широко распространен у крыс. Больные трихинеллезом и погибшие крысы могут быть съедены домашней свиньей, обычно именно так происходит их заражение.

Паразитические черви имеют развитые органы прикрепления, позволяющие им удерживаться в кишечнике и других местах. Их тело покрыто плотными покровами, предохраняющими от переваривания пищеварительными соками. Они отличаются огромной плодовитостью и сложными циклами развития со сменой хозяев.

Чтобы уберечься от заражения, необходимо выполнять простые правила: мыть руки с мылом перед едой и после посещения туалета, тщательно мыть овощи и фрукты, пить только кипяченую или бутилированную воду, употреблять в пищу прожаренные и проваренные мясо и рыбу. Необходимо также защищать пищевые продукты и посуду от переносчиков яиц паразитов – мух и тараканов.

*Нематоды* – паразиты растений. Среди круглых червей есть виды, развивающиеся в тканях растений и повреждающие их. В Беларуси наибольший вред сельскохозяйственным культурам приносят картофельная, стеблевая, земляничная и луковая нематоды. Микроскопические нематоды питаются на корнях картофеля и клубники. Их может быть так много, что растения слабеют и перестают плодоносить. У картофеля не образуются клубни, у клубники не формируются или опадают цветки. Луковая нематода паразитирует в тканях луковиц лука и чеснока. Самый простой метод борьбы с нематодами – смена культур в севообороте. Большинство видов круглых червей – микроскопические свободноживущие обитатели дна водоемов и почвы, питающиеся разлагающимися органическими веществами и бактериями, или хищники. Они играют важную роль в круговороте веществ в природе и необходимы в процессах почвообразования.

### **1.8.5. Тип Кольчатые черви.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Тип Кольчатые черви. Дождевой червь. Роль дождевых червей в процессах почвообразования. Многообразие кольчатых червей.

*Метанефридии* – органы выделения.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Тип Кольчатые черви обитают в морях, пресных водоемах и почве. По сравнению с плоскими и круглыми червями кольчатые черви (кольчецы) являются более высокоорганизованными животными. Их тело состоит из *сегментов* (колец), число которых у организмов разных видов составляет от 5 до 300. Сегментация проявляется не только во внешней, но и во внутренней организации.

*Полость тела* разделена перегородками на отдельные камеры. В них повторяются внутренние органы.

У кольчатых червей тело имеет *три отдела*: головной, туловищный и анальную лопасть. У свободноживущих хищных кольчецов имеются примитивные *лопастевидные конечности*. Есть развитая кровеносная система, более совершенная нервная система и органы чувств. У некоторых групп впервые развились органы дыхания (*жабры*).

*Класс Малощетинковые:*

*Дождевой червь*: обитает в почве, изредка появляется на ее поверхности в ночное время или после дождя; сильно вытянутое (длиной до 10-15 см), округлое в поперечном сечении тело, способное сокращаться и удлиняться; тело *сегментировано*, одинаково устроенные участки тела в виде колец повторяются вдоль продольной оси (отсюда и название типа). Число сегментов превышает 100. На брюшной и боковых сторонах тела червя имеются упругие короткие *щетинки*, движениями которых управляют специальные мышцы, помогают червю двигаться вперед по поверхности почвы. Дождевой червь имеет красновато-коричневую окраску, его брюшная сторона светлее спинной.

Тело дождевого червя покрыто одним слоем клеток эпителия, выделяющих наружу эластичную кутикулу, которая выполняет защитную функцию. Многочисленные железы этого слоя выделяют слизь, которая облегчает движение червя в почве и обеспечивает возможность кожного дыхания. Под наружным покровным слоем располагаются два вида мышц: кольцевые, а глубже – продольные. Кожные покровы и мускулатура образуют *кожно-мускульный мешок*. Сокращения и расслабления мышц вызывают изменение длины и толщины тела и способствуют движению червей, которое и называется червеобразным.

Внутри кожно-мускульного мешка находится *полость тела*, выстланная эпителием и заполненная полостной жидкостью. В ней расположены внутренние органы. Полость тела разделена перегородками на камеры, число которых соответствует числу колец червя. Такое строение препятствует гибели животного при повреждении отдельных участков тела. Благодаря сегментации тела дождевые черви, случайно разрезанные на две части, восстанавливают (регенерируют) недостающие органы и ткани.

Дождевой червь питается перегнившими растительными остатками, которые он заглатывает вместе с землей. Рот расположен на переднем конце тела, который переходит в ротовую полость и далее в мускульную глотку. Из глотки пища продвигается в пищевод, задняя часть которого расширена и образует *зоб*, где пища накапливается. Затем пища поступает в желудок. Его мускульные стенки помогают измельчать и смешивать пищу с пищеварительными соками, что улучшает ее переваривание. Завершение переваривания и всасывание растворенных питательных веществ происходит в среднем отделе кишечника. Непереваренные остатки обезвоживаются в заднем отделе кишечника и удаляются через анальное отверстие. У дождевого червя развиты *известковые железы*, секрет которых поступает в зоб и нейтрализует

кислоты гумуса почвы. Таким образом, у кольчатых червей впервые наблюдается дифференциация переднего отдела кишечника.

*Кровеносная система* также впервые появляется у кольчатых червей. Она образована двумя продольными сосудами: спинным и брюшным, которые соединяются в каждом сегменте кольцевыми сосудами. От основных сосудов отходят более мелкие подкожные капилляры, переходящие в густую сеть. Мелкие кровеносные сосуды не только разносят питательные вещества от кишечника ко всем органам и тканям, но и обеспечивают возможность *кожного дыхания* животного. Через поверхностные капилляры кожи поглощается кислород и удаляется углекислый газ. Газообмену способствует слизь, покрывающая тело и увлажняющая покровы червей. Движение крови происходит за счет сокращения спинного сосуда и некоторых передних кольцевых («сердец»). *Кровь* у червей *красная*, в ней есть пигменты, активно связывающие кислород и способствующие газообмену. Присутствием в крови этих пигментов и объясняется красный цвет молодых дождевых червей, сквозь тонкие покровы которых просвечивает густая сеть капилляров. Кровь течет только по сосудам, не смешиваясь с полостной жидкостью. Такая кровеносная система называется *замкнутой*.

*Выделительная система* состоит из *метанефридиев*. Метанефридии – это выделительные трубочки. На внутреннем конце, обращенном в полость тела, они имеют воронку, окруженную венчиком ресничек, а на внешнем конце – выделительную пору. Таких трубочек в каждом сегменте две: левая и правая. Воронка метанефридиев расположена в одном сегменте, канал проходит через перегородку между сегментами, а пора открывается в следующем сегменте. Вредные продукты жизнедеятельности поступают из полостной жидкости в воронку за счет биения ее ресничек и по каналу выводятся наружу.

*Нервная система* образована скоплениями нервных клеток – нервными узлами, или ганглиями. В головном отделе над глоткой расположена пара надглоточных, под глоткой – пара подглоточных ганглиев, соединенных нервными перемычками в окологлоточное нервное кольцо. В каждом сегменте тела кольцеобразно на брюшной стороне есть пара ганглиев. Все ганглии туловищных сегментов соединены продольными и поперечными нервами и образуют брюшную нервную цепочку. От нервных узлов отходят нервы к органам вкуса и осязания, которые воспринимают различные раздражения. Благодаря *ганглионарному типу* строения нервной системы ответные реакции кольчатых червей быстрые и точные.

Дождевые черви – *гермафродиты*. В период размножения пара червей соединяется передними частями тела и обменивается сперматозоидами. Сперматозоиды поступают в кожные впячивания – семяприемники, после чего черви расходятся. В передней части тела расположено особое утолщение покровов – *поясок*, образованное железистыми клетками. Поясок выделяет слизь, которая в виде «*муфточки*» окружает участок тела червя. Движениями кожно-мускульного мешка муфточка продвигается к переднему концу тела. Сначала в нее из яичников попадают яйца, а затем из семяприемников –

сперматозоиды другого червя. Происходит оплодотворение яиц. Затем муфточка с оплодотворенными яйцами сползает с переднего конца тела червя, ее края смыкаются и образуется *кокон*, в котором развиваются молодые черви. Завершив развитие, молодые черви покидают кокон.

*Разнообразие и значение кольчатых червей:*

Класс Малощетинковые черви – это в основном обитатели почвы (дождевые черви) или грунта пресных водоемов (*трубочник*). Велико значение дождевых червей в создании плодородного почвенного слоя. Впервые о роли дождевых червей в процессах почвообразования написал Ч. Дарвин. Затаскивая в почвенные ходы и норки листья и переваривая их, дождевые черви обогащают почву перегноем. Прodelывая в земле ходы, они рыхлят ее, способствуя росту корней и прорастанию семян. Через скважины ходов к корням поступают вода и кислород, необходимые растениям и почвенным микроорганизмам. В выделяемых червями комочках содержатся важные для растений микроэлементы. Так своей деятельностью дождевые черви улучшают структуру почвы и ее химический состав. Выделяемая их железами известь нейтрализует избыточные кислоты сначала в поглощенной пище, а после выделения из кишечника и в почве. Дождевыми червями питаются многие наземные животные: лягушки, жабы, скворцы, грачи, ежи, кроты. Пресноводные малощетинковые черви служат кормом для рыб. К ним относится трубочник, используемый как корм для аквариумных рыбок. Питаясь разлагающимися органическими остатками, трубочники способствуют биологической очистке воды.

*Класс Многощетинковые черви* – это типичные и повсеместно распространенные обитатели морей и океанов, либо свободно плавают в водной среде (*нерейс, морская мышь, палоло*), либо живут в грунте (*пескожил*). Некоторые обитают в трубках, построенных из выделений собственных покровов, инкрустированных песчинками или пропитанных известью и прикрепленных к скалам или телам других морских животных (серпула). Это способствовало развитию ряда характерных особенностей строения, все они имеют хорошо развитый головной отдел, на котором расположены глаза, осязательные усики, они активно передвигаются с помощью лопастевидных выростов с многочисленными щетинками по бокам каждого сегмента. Двигая ими, кольцецы активно плавают или ползают по дну. На спинной части лопастей у некоторых видов развились кожные выросты, пронизанные густой сетью кровеносных капилляров – жабры. Все многощетинковые черви – раздельнополые животные. Самки и самцы выделяют половые клетки в воду, где происходит оплодотворение. Из яиц развивается подвижная личинка. Она живет в толще воды, плавает и постепенно превращается во взрослое животное. Многощетинковые черви служат пищей для морских животных, их охотно поедают осетровые и тресковые рыбы.

*Класс Пиявки* – паразиты или хищники – медицинская, большая и малая ложноконские, улитковая и рыба пиявки. Обитают чаще всего в стоячих или слабопроточных пресных водоемах (болотах, прудах, речных заводях). В связи

с особенностями и характером питания у них развились челюсти и глотка для повреждения покровов жертвы и кровососания. Секрет, выделяемый глоточными железами, препятствует свертыванию крови, которая накапливается и может длительно храниться в легко растяжимом кишечнике. Удерживаются пиявки на теле хозяина с помощью двух присосок: передней (ротовой) и задней. В природных условиях пиявки сосут кровь рыб, птиц, млекопитающих, иногда даже человека, однако вред от них невелик. В медицинской практике используется медицинская пиявка. Секрет слюнных желез содержит особое вещество, разжижающее кровь и препятствующее свертыванию. Это предотвращает образование тромбов, которые могут вызывать закупорку кровеносных сосудов у человека.

### 1.8.6. Тип Моллюски.

*Основные понятия и термины по теме:*

Тип Моллюски. Многообразие моллюсков: прудовик, беззубка, кальмар.

*Мантия* – кожная складка.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Большая часть видов моллюсков – обитатели морей и океанов (*устрицы, мидии, кальмары, осьминоги* и др.). Значительно беднее они представлены в пресных водоемах (*беззубки, перловицы, прудовики, живородки*). Легочные моллюски успешно освоили сушу, перешли к дыханию атмосферным воздухом, но живут лишь во влажных местообитаниях (*виноградная и садовые улитки, слизни*). Некоторые из легочных моллюсков постоянно живут в воде (*прудовики, катушки*), периодически поднимаясь к поверхности за свежей порцией воздуха.

*Класс Брюхоногие:*

Прудовик – моллюск, обитающий в заросших мелководьях озер, рек, каналов и прудов.

*Тело* прудовика включает три отдела: *голову, туловище* и *ногу*. На нижней стороне головы расположен рот, а выше рта – два подвижных осязательных щупальца, у основания которых лежит пара глаз. Мускулистая нога имеет вид широкой подошвенной пластинки. Благодаря волнообразным сокращениям мышц ноги, моллюск медленно скользит по стеблям и листьям подводных растений. Туловище у прудовика смещено на спинную сторону. Оно покрыто кожной складкой – *мантией*. Между участком мантии и туловищем имеется *мантийная полость*, сообщающаяся с внешней средой дыхательным отверстием. Оно окружено кольцевыми мышцами, при расслаблении которых отверстие открывается, а при сокращении – закрывается. Если дотронуться до моллюска, его тело полностью втягивается в раковину. Раковина защищает мягкое тело моллюска от повреждений, хищников и дает опору для мышц. Раковина образуется эпителием мантии. Снаружи раковина покрыта тонким *органическим слоем*, от которого зависит ее окраска. Под ним расположены два других слоя – *известковые*. Внутренний слой у некоторых представителей класса образован горизонтально расположенными известковыми пластинками, которые преломляют свет и придают ему радужный, перламутровый блеск. У

брюхоногих моллюсков раковина цельная, имеет вид башенки, колпачка или кольца.

В глотке у прудовика есть *мускулистый язык*, покрытый тонкой роговой пластинкой с многочисленными зубчиками – *теркой*. Прудовики, ползая по подводным растениям, соскабливают теркой мягкие ткани, налет водорослей и заглатывают их. Из глотки по пищеводу пища попадает в его расширение – зоб, затем в желудок, от которого отходит кишечник, где пища окончательно переваривается. У прудовика есть пищеварительная железа – *печень*. Непереваренные остатки через задний отдел кишечника и анальное отверстие выводятся наружу.

*Органом дыхания* прудовика является *легкое*. Оно образовано частью мантии. В стенке мантии имеется сеть кровеносных сосудов, в которые из атмосферного воздуха через *дыхательное отверстие* поступает кислород, а выделяется углекислый газ. Для дыхания прудовик периодически поднимается к поверхности воды и заполняет легкое атмосферным воздухом. Сменив воздух, он закрывает дыхательное отверстие и погружается в воду. Зимой, когда пресные водоемы покрываются льдом и прудовики не могут подниматься к поверхности, они заполняют мантийную полость водой и дышат, как жаберные моллюски, извлекая из воды кислород. У морских брюхоногих моллюсков органами дыхания являются *жабры*.

Большая часть *полости тела* моллюсков заполнена соединительной тканью, которая выполняет опорную функцию. От полости тела сохраняются только два небольших участка: *один из них окружает половую железу, другой – сердце, образуя окологердечную сумку*.

*Сердце* у прудовика состоит из *предсердия* и *желудочка*, от которого отходят кровеносные сосуды. Однако кровь течет не только по сосудам, но и по щелевидным остаткам полости тела. Такая кровеносная система называется *незамкнутой*.

*Выделительная система* представлена у прудовика *одной почкой*. Одним концом она *открывается в окологердечную сумку*, поглощая из крови продукты обмена, и выводит их наружу через *второе отверстие, открывающееся в мантийную полость*.

*Нервная система* прудовика образована несколькими крупными парными скоплениями нервных клеток (ганглиев) в разных частях тела. Все ганглии соединены между собой нервами – *разбросанно-узловая нервная система*. Имеются органы зрения, осязания, обоняния и вкуса.

Прудовики – *гермафродиты с внутренним оплодотворением*. Откладывают скопления оплодотворенных яиц в виде слизистых шнуров на различных подводных предметах и стеблях растений. *Развитие прямое*, из яйца после завершения развития выходит маленький моллюск.

*Класс Двустворчатые:*

Все двустворчатые моллюски – водные обитатели. Заселяют дно различных водоемов. В пресных водах обычна *беззубка*. Живет беззубка на дне, зарываясь наполовину в песчаный или слегка заиленный грунт водоемов.

Овальное тело покрыто раковиной. Раковина состоит из *двух симметричных створок* – левой и правой. На спинной стороне обе створки соединены между собой при помощи упругой гибкой *связки*. Передний конец раковины закруглен. На брюшной стороне створки могут раскрываться, и в образовавшуюся щель выдвигается *клиновидная нога* моллюска. Створки раковины закрываются при помощи *двух мускулов-замыкателей*, прикрепленных спереди и сзади к левой и правой створкам. При их расслаблении створки раскрываются под действием гибкой связки.

*Головной отдел* у беззубки *отсутствует*, как и у всех двустворчатых моллюсков. Туловище беззубки расположено в спинной части раковины. Оно покрыто свисающими с двух сторон широкими кожными складками мантии, прилегающими к створкам. Между складками мантии находится мантийная полость, в которой расположены нога и лежащие по обеим сторонам от нее *пластинчатые жабры*.

По способу питания беззубка – *фильтратор*. У нее, как и у всех моллюсков этого класса, свободные концы правой и левой складок мантии смыкаются между собой, оставляя сзади лишь два отверстия – *сифоны*.

Жабры и внутренняя поверхность мантийных складок покрыты ресничками. Благодаря их мерцательным движениям, вода засасывается через нижний *вводной сифон* в мантийную полость, фильтруется через пластинчатые жабры и выходит через верхний *выводной сифон*. Вместе с водой засасываются планктонные протисты, мельчайшие рачки, бактерии, которые осаждаются на поверхности жабр при фильтрации воды. Затем отфильтрованные частички направляются к ротовому отверстию, расположенному над основанием ноги. Далее пища поступает в пищеварительную систему, где полностью переваривается. Непереваренные остатки удаляются через выводной сифон.

*Дыхание* беззубки происходит с помощью крупных *пластинчатых жабр*, пронизанных сетью кровеносных сосудов. Поступающая в мантийную полость вода омывает жабры, отдает растворенный в воде кислород и выводит углекислый газ. Таким образом, жабры выполняют двойную функцию: газообмена и фильтрационного питания.

*Кровеносная и выделительная системы* имеют сходное с прудовиком строение, но *сердце* состоит из *двух предсердий* и *одного желудочка*, а выделительная система представлена *двумя почками*.

*Нервная система*, как и у прудовика, разбросанно-узлового типа. Однако из-за отсутствия головы и слияния некоторых ганглиев, их количество уменьшилось. В связи с малоподвижным образом жизни органы чувств развиты слабо.

Беззубки – *раздельнополые* животные. Половые железы расположены у основания ноги. Сперматозоиды поступают с водой в мантийную полость самки. Крупные яйцеклетки, пройдя по яйцеводу, оседают на жабрах, где происходит оплодотворение и развитие микроскопической *личинки*. Как и моллюск, личинка имеет двустворчатую раковину с зубчиками по внешнему краю. Сформировавшиеся и подросшие личинки выходят в воду. Выход

личинки обычно связан с движением воды, вызываемым проплывающими рядом с моллюсками рыбами или другими подвижными животными. Зубчиками створок раковины и липкими нитями личинка прикрепляется к коже рыбы. На месте прикрепления участок тела рыбы воспаляется и образуется маленькая опухоль, внутри которой личинка питается, растет и развивается как временный кожный паразит. Завершив развитие, маленький моллюск выпадает из воспаленного участка и опускается на дно. У малоподвижных двустворчатых моллюсков такое развитие личинки способствует расселению и сохранению потомства.

*Класс Головоногие:*

Головоногие моллюски исключительно морские животные.

Тело кальмара состоит из головы, ноги и туловища. *Нога* видоизменена и частично превратилась в *щупальца с присосками*. Щупальца смещены на голову и окружают рот, часто вооруженный *клювовидными челюстями*. Часть ноги преобразована в особый *двигательный аппарат-воронку*, которая нижней расширенной частью обращена в мантийную полость. Вода периодически поступает в мантийную полость. При смыкании края мантии с туловищем моллюска с помощью *хрящевых запонок* она с силой выталкивается через суженную часть воронки. При этом животное получает толчок в противоположную сторону. Таким образом, для головоногих характерен *реактивный способ движения*.

*Дыхание* у головоногих моллюсков *жаберное*.

*Кровеносная система* почти замкнутая, с сильно развитой сетью капилляров.

Хорошо развит *головной мозг*, защищенный хрящевой капсулой, и органы чувств. Головоногие моллюски обладают острым зрением и обонянием. Поведение у них сложное.

Головоногие моллюски имеют разнообразные приспособления для защиты. В покровах у них есть особые пигментные клетки, позволяющие мгновенно изменять окраску в соответствии с фоном грунта, что делает их незаметными. Раздраженные осьминоги краснеют или чернеют. Спастись от врагов им помогает содержимое *чернильного мешка*, которое животное в случае опасности выбрасывает в воду.

Головоногие моллюски – *раздельнополые* животные с *внутренним оплодотворением*. Оплодотворенные яйца они откладывают на подводные растения. У некоторых видов наблюдается забота о потомстве. *Развитие прямое*.

*Многообразие и значение моллюсков:*

В природе моллюски входят в многочисленные цепи питания водных и наземных сред жизни. Обитающих в морских и пресных водоемах моллюсков поедают рыбы, птицы, кашалоты, моржи и тюлени, усатые киты и морские звезды. Истинными «моллюскоедом» являются лещи, сазаны, караси, черный амур, вобла каспийская, камчатский краб и др. Наземных легочных моллюсков (*улиток*) едят жабы и кроты, многие пресмыкающиеся и земноводные. У

травяной лягушки они составляют существенную часть рациона. Улиток склевывают вороны, галки, фазаны, голуби. Личинками моллюсков охотно питаются многие водные животные. В водоемах особенно велика роль двустворчатых моллюсков-фильтраторов. Пропуская через мантийную полость воду, моллюски отфильтровывают пригодные в пищу частицы, очищая, таким образом, водоемы от органической взвеси. Двустворчатые моллюски являются естественными биологическими фильтрами, способствующими сохранению чистоты природных вод. К *фильтраторам* относятся *беззубка*, *перловица* и *дрейссена речная*.

*Дрейссена* выделяет липкие нити, позволяющие ей прикрепляться к подводным предметам, образуя массовые скопления – *друзы*. Личинки дрейссены могут оседать и образовывать обрастания на гидротехнических сооружениях, в водотоках, трубах турбин, защитных решетках, препятствуя нормальному току воды. В природных водоемах дрейссена очищает воду, но подавляет развитие других двустворчатых моллюсков.

Хорошо известны съедобные моллюски: *устрицы*, *мидии*, *гребешки*. Массовые скопления *устриц* образуют поселения, или «*банки*». *Мидиями* кормятся птицы, скаты, камбала и треска, осетровые рыбы, морские звезды. Съедобные головоногие моллюски: *кальмары*, *каракатицы*, *осьминоги* – мясо отличается хорошими вкусовыми качествами, богато белком и микроэлементами. В теле головоногих моллюсков содержатся вещества, являющиеся сырьем для изготовления некоторых лекарств. Из секрета чернильной железы *каракатицы* получают натуральную коричневую краску – *сению*, из секрета *осьминогов* – черную. Из пурпурных морских улиток в древности извлекали красящее вещество – пурпур. К съедобным моллюскам относятся наземные *виноградные улитки*. Многие моллюски, в раковине которых развит мощный перламутровый слой, образуют жемчуг. Образование жемчуга – это защитная реакция моллюска на инородные частицы, песчинки, попавшие между раковиной и мантией. Чтобы уменьшить повреждение мягкой стенки мантии, ее эпителий последовательно выделяет слои перламутра и органического вещества, которые и окружают попавшую частицу – так образуется жемчужина. В течение нескольких лет она растет, отделяется от поверхности раковины и свободно лежит между раковиной и мантией. Самый лучший жемчуг образуют морские жемчужницы. Перламутровый слой раковин жемчужниц и других двустворчатых моллюсков используется для изготовления пуговиц, ювелирных изделий, инкрустаций.

Есть моллюски, наносящие вред сельскому хозяйству. *Виноградная улитка* и различные слизи повреждают листья растений, плодовые тела грибов, корнеплоды и клубни на полях и в овощехранилищах. Многие прудовики являются промежуточными хозяевами червей сосальщиков – паразитов сельскохозяйственных животных и человека. Моллюски *камнеточцы* сверлят камни, известняки; моллюски *корабельные черви* повреждают дерево, нанося ущерб различным сооружениям. Хищный моллюск *рапана* опустошает устричные и мидиевые «*банки*», нанося значительный ущерб промыслу.

*Основные особенности моллюсков:* 1) Преимущественно водные (морские и пресноводные), реже наземные организмы; 2) Двустороннесимметричные или асимметричные (брюхоногие) животные; 3) Полость тела сокращена до двух небольших участков: один окружает сердце (околосердечная сумка), второй – половую железу; 4) Тело включает три отдела: голову, ногу и туловище; 5) Мягкое тело заключено в раковину, которая образуется эпителием мантии; 6) Растительноядные и хищные животные; в глотке есть терка, хорошо развита печень; двустворчатые моллюски – фильтраторы; 7) Орган выделения – почка; 8) Кровеносная система незамкнутая, есть сердце, состоящее из разного числа камер; 9) Дыхание жаберное или легочное; 10) Нервная система разбросанно-узлового типа, состоящая из 3-5 пар ганглиев, соединенных между собой нервными стволами; 11). Раздельнополые или гермафродитные животные; развитие прямое или с личиночной стадией и превращением.

### **1.8.7. Тип Членистоногие. Класс Ракообразные.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Тип Членистоногие.

Класс Ракообразные. Речной рак. Многообразие ракообразных.

*Хитин* – сложный полисахарид, входящий в покров членистоногих (*хитинизированная кутикула*).

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Членистоногие образуют самый многочисленный тип животных. Членистоногие заселяют толщу воды и дно пресных и морских водоемов, различные наземные местообитания, почвенную среду, есть среди них и паразиты. Представителями водных членистоногих является класс Ракообразные. Большинство членистоногих (животные классов Насекомые и Паукообразные) перешли к наземно-воздушному образу жизни. Членистоногие разных классов очень разнообразны по внешнему виду. Вместе с тем для них характерны некоторые общие черты строения.

*Членистоногие* – сегментированные животные. Сегменты образуют отделы, отличающиеся по строению и выполняемым функциям: *голова, грудь и брюшко*. Голова несет органы чувств и обеспечивает ориентацию в пространстве. Грудной отдел – двигательный, на нем расположены органы движения – конечности и крылья. В брюшном отделе находятся внутренние органы. Отделы тела членистоногих иногда могут сливаться, образуя головогрудь (пауки и большинство раков).

Конечности членистоногих состоят из *члеников* – многоколенные, очень подвижные рычаги, соединенные суставами, которые позволяют членистоногим совершать разнообразные движения: бегать, прыгать, плавать, захватывать и удерживать пищу, измельчать ее и т. п. Число ходильных конечностей на грудном отделе тела у членистоногих разное: у *рака пять пар*, у *паука – четыре*, у *насекомых – три*. Различно строение и выполняемая функция конечностей других отделов тела.

Членистоногие не имеют кожно-мышечного мешка. Их мышцы образуют пучки, сокращение которых позволяет совершать разнообразные движения.

Полость тела у членистоногих заполнена смесью полостной жидкости и крови, которая называется *гемолимфой*.

Покровы тела образованы кожным эпителием, который выделяет наружу многослойную кутикулу. Кутикула членистоногих пропитана сложным органическим веществом – *хитином* и называется *хитинизированной кутикулой*. У ракообразных она дополнительно пропитана известью, благодаря которой кутикула приобретает особую прочность. Хитинизированная кутикула у членистоногих выполняет функцию наружного скелета. Он защищает тело животных от механических и химических воздействий, служит местом прикрепления двигательных мышц, придает телу определенную форму. Когда членистоногие растут, плотные покровы мешают увеличению размеров их тела. Поэтому старая кутикула периодически сбрасывается – животное линяет. Под старой кутикулой образуется новая, и пока она не затвердела, животные растут, расправляют ткани и увеличиваются в размерах. Поэтому рост членистоногих происходит периодически, после линек – *прерывистый* или *периодический* рост.

Членистоногие имеют хорошо развитые пищеварительную, выделительную, дыхательную, нервную и половую системы органов.

*Пищеварительная система* включает три отдела: передний, средний и задний. В зависимости от характера пищи (жидкая или твердая) и способа ее потребления у членистоногих развиваются различные по строению ротовые аппараты. В переднем отделе кишечника выделяются мускульная глотка, пищевод, зоб и мускульный желудок. Твердая пища разрывается челюстями, перетирается в глотке, смачивается секретом слюнных желез и поступает в желудок. Зоб служит для накопления и сохранения жидкой пищи, всасываемой сосущими ротовыми аппаратами и глоткой, работающей, как насос. Переваривание пищи и всасывание растворенных питательных веществ происходят в среднем отделе кишечника, стенки которого имеют железистые клетки. Непереваренные остатки продвигаются в задний отдел кишечника и удаляются через анальное отверстие.

*Сердце* окружено участком полости тела – околосердечной сЭУМКой и расположено на спинной стороне тела. Сокращаясь, сердце выталкивает кровь в кровеносные сосуды, из которых она изливается в участки полости тела, омывает внутренние органы и снова возвращается в сердце – *незамкнутая кровеносная система*.

*Дыхательная система* различна у водных и наземных членистоногих. Обитающие в воде или в очень влажных наземных местообитаниях ракообразные дышат с помощью *жабр*. У наземных членистоногих – паукообразных и насекомых – развились органы воздушного дыхания – *трахеи* и *легочные мешки*. *Трахеи* имеют вид пучка длинных, тонких, разветвленных, слепо замкнутых на внутреннем конце трубочек. Трахеи выстланы хитином и

имеют на стенках спиральное утолщение кутикулы, препятствующее их спаданию. С внешней средой трахеи сообщаются *дыхательными отверстиями*, через которые атмосферный воздух поступает в трахейную систему. У насекомых органами дыхания служит только сильно разветвленная система трахей. При трахейном дыхании кислород доставляется разветвленными трахеями ко всем органам, тканям и даже клеткам. Поэтому кровь трахейнодышащих членистоногих почти не участвует в переносе кислорода и углекислого газа, а лишь транспортирует питательные вещества и продукты обмена.

*Выделительная система* членистоногих различна по строению. У ракообразных она представлена *двумя выделительными железами*, выводные протоки которых открываются у основания конечностей головного отдела. У паукообразных и насекомых выделительные органы имеют вид тонких, слепо замкнутых на концах трубочек, расположенных на границе между средним и задним отделами кишечника и омываемых гемолимфой – *мальпигиевые сосуды*. Продукты выделения из гемолимфы попадают в мальпигиевы сосуды, а из них – в задний отдел кишечника, где происходит их обезвоживание.

*Нервная система*, как и у кольчатых червей, образует *окологлоточное нервное кольцо и брюшную нервную цепочку*. Усложнение нервной системы членистоногих выражается в сильном развитии надглоточного ганглия, уменьшении числа ганглиев в брюшной нервной цепочке за счет их слияния и развитии разнообразных, более сложно устроенных органов чувств.

*Размножение* у членистоногих только *половое*. Большая часть членистоногих – *раздельнополые* животные. Самки имеют *парные яичники*, самцы – *парные семенники*. После оплодотворения самки откладывают яйца во внешнюю среду. Сформированные в них личинки выходят из яичевой оболочки, линяют, растут и превращаются во взрослых особей. Такое развитие с личиночной стадией называется развитием с превращением. У некоторых членистоногих, яйца которых содержат много питательного желтка, из яйца выходит маленькое, но вполне сформированное животное. Оно растет, становится взрослым, достигает полового созревания и размножается – развитие без превращения или прямое

Предками членистоногих, вероятно, были древние кольчатые черви, сходство с которыми проявляется у членистоногих в сегментации тела, строении нервной системы и полости тела.

Членистоногие – первые истинно наземные беспозвоночные животные. Освоение ими суши стало возможным благодаря развитию покровов, которые обеспечивают уменьшение испарения и защиту тела от высыхания. Эту же роль выполняют органы выделения (мальпигиевы сосуды), не имеющие выделительных отверстий. Развитие хитинизированной кутикулы, играющей роль наружного скелета, *поперечнополосатой мускулатуры* и членистых конечностей способствовало активному движению членистоногих. Многообразие строения конечностей, их специализация обеспечили развитие разных типов ротового аппарата и возможность питания разнообразной пищей,

а также способность передвижения в разных средах. Усложнение нервной системы и органов чувств, развитие сложных форм поведения способствовало приспособлению членистоногих к различному образу жизни. В сохранении членистоногих важную роль сыграла их способность к массовому размножению и забота о потомстве.

*Класс Ракообразные:*

*Ракообразные* – это членистоногие животные, обитающие преимущественно в воде. Большинство из видов живет в морях, значительно меньше в пресных водоемах и лишь немногие обитают на суше.

*Тело* речного рака имеет *три отдела*: голову, грудь и брюшко. Покровы головного и грудного отделов слиты и образуют *головогрудной панцирь*. По бокам груди между панцирем и телом есть щелевидные полости, в которых расположены *органы дыхания – жабры*. Голова рака впереди образует острый шип с зубринами. По бокам от шипа на подвижных стебельках расположена *пара фасеточных глаз*. У взрослого рака они состоят из простых глазков, число которых достигает нескольких тысяч.

Сегменты всех отделов тела речного рака несут конечности, выполняющие разнообразные функции.

На головном отделе расположены *две пары членистых усиков*, которые характерны для всех ракообразных. *Короткие усики* первой пары выполняют функции *осязания и обоняния*. В их основании расположен *орган равновесия*. Усики второй пары длинные, с многочисленными чувствительными клетками, выполняющими *осязательную* функцию. Конечности трех следующих сегментов головы образуют *ротовой аппарат* рака, который обеспечивает измельчение пищи.

Конечности грудного отдела различны – *три пары ногощелюстей* помогают удерживать пищу, продвигать ее ко рту, своими движениями создают ток воды под панцирем, обеспечивая жаберное дыхание; остальные *пять пар* грудных конечностей – *ходильные ноги*. *Первая пара* – самая крупная, с сильно развитыми *клешнями* (защищается, нападает и захватывает пищу). В основании грудных конечностей расположены жабры.

Конечности брюшка рака выполняют разные функции – *две первые пары* ног самца используются при оплодотворении, остальные брюшные ноги *плавательные* – маленькие, слегка уплощенные и покрытые по краям щетинками; у самок к ним прикрепляются оплодотворенные яйца и вышедшие из них маленькие рачки. Заканчивается брюшко *хвостовым плавником*, образованным последней парой расширенных конечностей и анальной лопастью. Подвижное брюшко и хвостовой плавник позволяют раку «пятиться», двигаться задом наперед.

*Тело* ракообразных покрыто *хитинизированной кутикулой*, часто *пропитанной известью*. Окраска живого речного рака маскировочная, под цвет дна – зеленовато-бурая. При варке рак становится красным из-за разрушения пигментов под действием высокой температуры.

*Мускулатура* у ракообразных хорошо развита и представлена *пучками мышц*.

Речной рак – *всеядное животное*. Из рта измельченная челюстями пища через глотку и через пищевод поступает в желудок. В *желудке*, состоящем из двух отделов (*жевательного и цедильного*), пища дополнительно перетирается хитиновыми зубцами. Потом она проходит через пластинки с волосками цедильного аппарата и поступает в средний отдел кишечника, а затем в полость трубочек пищеварительной железы. В них пища переваривается под действием пищеварительных соков и всасывается. Непереваренные остатки поступают в задний отдел кишечника и через анальное отверстие выводятся наружу.

*Кровеносная система* речного рака незамкнутая. На спинной стороне головогруды под панцирем располагается *сердце*, имеющее вид небольшого *мешочка* с отверстиями, закрывающимися клапанами. От сердца отходят кровеносные сосуды, открывающиеся в полость тела. *Гемолимфа* омывает органы и ткани, отдает кислород и поглощает углекислый газ. Затем она поступает в жабры, где насыщается кислородом и возвращается в сердце через открывшиеся клапаны, а углекислый газ выводится через жабры в воду – газообмен.

*Выделительная система* речного рака представлена лежащими в основании головы двумя выделительными, или *зеленым, железами*, протоки которых открываются у основания усиков. Через зеленые железы продукты жизнедеятельности, накопленные в гемолимфе, выделяются наружу.

*Нервная система* ракообразных имеет типичное для членистоногих строение. От надглоточного нервного ганглия («мозга») и ганглиев брюшной нервной цепочки идут нервы ко всем органам и тканям тела рака.

Речной рак, как и большинство видов ракообразных, *раздельнополое* животное. Самцы и самки различаются между собой. У самок на первом членике брюшка конечности редуцированы, а членики брюшка шире головогруды. У самца первые две пары брюшных ножек длинные и желобовидные. Они используются при оплодотворении. В начале зимы самка выметывает икринки, которые прикрепляются к брюшным ножкам. В начале лета из яиц выходят молодые рачки. Некоторое время они остаются под брюшком самки, а затем переходят к самостоятельному существованию – *прямое развитие*.

Раки линяют в период роста. Рост прекращается, когда покровы затвердевают и пропитываются известью. В первый год жизни речные раки линяют часто, в последующие годы реже, а в конце жизни один раз в 2-3 года.

*Разнообразие и значение ракообразных:*

Ракообразные обитают в самых различных водоемах, от мелких, даже временных, до морей и океанов. Они обычны в реках, озерах, многочисленны в прудах, где заселяют толщу воды и дно. Некоторые виды способны жить во влажных наземных местообитаниях.

Планктонные рачки *дафнии* – 13 мм, парят в толще воды благодаря резким взмахам длинных разветвленных усиков. Их скачкообразные движения дали

основание называть дафний «водяными блохами». Дафнии – активные *фильтраторы*, питаются, отфильтровывая водоросли, бактерий и органические частицы из воды с помощью сита из щетинок на грудных ножках, участвуют в процессах самоочищения водоемов. Дафнии – важное звено в цепях питания (их потребляют многие обитатели водоемов, в том числе рыбы).

В лужах и прудах иногда массово развиваются *щитни*, тело которых покрыто панцирем и имеет на конце брюшка два длинных членистых выроста. Надежно защищенные оболочками яйца щитней сохраняются при пересыхании весенних луж и обмелении водоемов, а затем могут разноситься ветром. Попадая в новые водоемы, яйца быстро развиваются, и достигшие половозрелости рачки начинают активно размножаться. В рыбоводных прудах эти хищные рачки могут приносить вред, поедая личинок рыб.

К хищникам относятся и небольшие планктонные рачки *циклопы*. Самки циклопов вынашивают оплодотворенные яйца в яйцевых мешках на брюшке. Сами циклопы служат пищей для мальков рыб, личинок насекомых, головастиков.

Излюбленным кормом самых различных обитателей водоемов служат *водяные ослики* – небольшие рачки, многочисленны на заросших участках озер, водохранилищ, рек. Водяные ослики медленно ползают по дну, питаясь остатками разлагающихся растений и животных.

Под корягами на дне водоемов встречается небольшой, быстро плавающий на боку желтоватый рачок, согнутый в виде буквы «С» – *озерный бокоплав*, которого рыбаки называют «*морышом*».

Во влажных листовенных лесах, в лесной подстилке, в погребках и подвалах можно обнаружить *мокриц*, питающихся остатками растений. В связи с жизнью в наземной среде жабры мокриц прикрыты краями щитков спинных покровов, что предохраняет их от пересыхания. Почвообитающие мокрицы могут вредить культурным растениям.

В морях некоторые ракообразные, известные под названием «*криль*», размножаются в столь больших количествах, что при относительно небольших размерах тела образуют скопления, меняющие цвет поверхности моря в красновато-розовые тона. Они служат пищей для многих промысловых видов рыб (сельди, трески, морского окуня и др.), усатых китов, даже гигантского синего кита, пингвинов, тюленей-крабоедов.

Различные крупные ракообразные (*лангусты, креветки, омары, речные раки, крабы*) являются ценным продуктом питания и служат объектами промысла.

В водоемах Беларуси постоянно обитают три вида речных раков – *узкопалый речной рак, широкопалый* (занесен в Красную книгу РБ).

В Немане и его притоках иногда находят *американского рака*.

*Камчатский краб* – хищник, питается многощетинковыми червями, моллюсками, ракообразными; не имеет плотных покровов на брюшке, поэтому прячет его под широкий головогрудной щит.

*Краб-разбойник*, или пальмовый вор, живет на островах Тихого океана и приспособился к жизни на суше; днем крабы прячутся в норах, которые покидают только ночью, питаются плодами пальм либо хищничают, нападая на ослабленных животных; для размножения самка уходит в море, где из оплодотворенных яиц выходят личинки.

Среди ракообразных есть и паразиты, живущие на коже и жабрах рыб, коже китов, моржей и тюленей, на других ракообразных.

### 1.8.8. Класс Паукообразные.

*Основные понятия и термины по теме:*

Класс Паукообразные. Паук-крестовик. Многообразие паукообразных. Профилактика заболеваний и борьба с клещами.

*Половой диморфизм* – внешнее отличие самки и самца.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Многие пауки живут на земле, строят норки, выстилая их внутреннее пространство и воронковидный вход паутиной. Встречаются пауки и в жилых помещениях – *домовый паук*.

*Паукообразные* – наземные обитатели. Большинство из них – хищники. Среди клещей есть растительноядные виды, сосущие соки растений или питающиеся растительными остатками, а также паразиты и кровососы.

*Обыкновенного крестовика* – тело состоит из двух отделов: головогруды, образовавшейся при слиянии головы и груди, и цельного *брюшка*. Головогрудь и брюшко разделены тонким *стебельком* – видоизмененным сегментом брюшка. Усики нет.

На головогруды *шесть пар конечностей*. *Первая пара* имеет на вершине острые членистые *коготки с ядовитой железой* у основания. Коготки пронизаны каналами с отверстием на вершине, через которые содержимое ядовитой железы вводится в тело жертвы, парализуя либо убивая ее. *Вторая пара* конечностей – тонкие членистые *ногощупальца* – органы осязания и вкуса, а у самцов они служат и для оплодотворения самок. Следующие *четыре пары* конечностей головогруды – *ходильные ноги* – членистые и работают как рычаги, обеспечивая активные движения хищников.

На брюшке конечностей нет либо они преобразованы в *легочные мешки* (пауки и скорпионы). У пауков часть из них превратилась в паутинные бородавки, расположенные на нижней стороне брюшка. *Паутинные бородавки* обыкновенного крестовика пронизаны сотнями тончайших канальцев, через отверстия которых выделяется белковый секрет паутинных желез, расположенных в брюшке паука. Этот секрет на воздухе застывает в виде сотен тончайших нитей. Они свиваются в более толстую и прочную паутину гребенчатыми коготками задней пары ходильных ног. По химическому составу паутина близка к шелку, она очень прочная и эластичная. Из паутины паук строит сеть, выделяя сначала *сухой (не липкий) секрет* для ее *каркаса*, а затем *липкий секрет* для *круговых нитей*. Паук бежит по сухим нитям, а его жертвы прилипают к липким нитям и становятся добычей хищника. Паутина играет в жизни пауков очень важную роль – используется для охоты; из нее плетется

яйцевой кокон; ею выстилаются норки; на паутинных нитях осенью, используя воздушные потоки, расселяются молодые пауки-волки.

*Покровы* паука представлены многослойной хитинизированной кутикулой. Внешний слой содержит жироподобные вещества.

Проколов коготками первой пары конечностей покровы жертвы, пауки вводят в ранку секрет ядовитых желез и пищеварительные соки. Под их воздействием ткани тела жертвы растворяются, частично перевариваются, а затем всасываются при помощи мускулистой глотки – *внекишечное пищеварение*. Завершение пищеварения и всасывание питательных веществ, происходит в сильно развитом среднем отделе кишечника и печени. Непереваренные и обезвоженные остатки удаляются через задний отдел кишечника.

*Кровеносная система незамкнутая*. В брюшке расположено *трубчатое сердце*, от которого отходят крупные сосуды.

*Выделительная система* обыкновенного крестовика в связи с жизнью в наземной среде представлена *мальпигиевыми сосудами*, которые открываются в задний отдел кишечника, где из продуктов выделения отсасывается вода, поступающая обратно в полостную жидкость, что предохраняет пауков, как и всех паукообразных, от обезвоживания даже при жизни в пустыне.

*Органы дыхания* – *легочные мешки* и *трахеи*, обеспечивающие поглощение кислорода из атмосферного воздуха.

*Нервная система* типичная для членистоногих, но ганглии брюшной нервной цепочки сливаются, образуя один *сложный узел в головогруди*. К органам брюшного отдела идут длинные нервы. *Органы осязания* в виде чувствительных волосков на покровах; многочисленны они на ногощупальцах. *Органы обоняния* и органы, реагирующие на химические раздражения, тоже связаны с покровами. *Четыре пары простых глаз* позволяют различать предметы на расстоянии всего 20-30 см, очень хорошо реагируют на подвижные объекты, что особенно важно для хищников. Для пауков характерны *сложные формы поведения*, связанные с поиском добычи, строительством убежищ, размножением, заботой о потомстве.

Обыкновенный крестовик – *раздельнополое* животное. Самки обычно крупнее самцов. Осенью оплодотворенная самка откладывает яйца, формируя плотный паутинный кокон. Самка подвешивает кокон в укромных местах: под отставшей корой или в ее трещинах на стволах деревьев, в щелях и других подобных местах. *Развитие у пауков прямое*. Весной из кокона выходят молодые паучки. Они строят паутинные сети, увеличивая их по мере роста. Самки пауков-волков носят яйцевые коконы под брюшком, удерживая их задними конечностями. Молодые пауки некоторое время держатся на брюшке самки, затем расходятся, поднимаются на стебли растений, выделяют паутину и, подхваченные ветром, расселяются.

*Многообразие паукообразных:*

*Отряд Скорпионы:*

Тело скорпиона состоит из головогруды и членистого брюшка, последние сегменты которого узкие и подвижные. На конце брюшка находится изогнутая ядовитая игла. Скорпион загибает брюшко на спину и, пробив иглой покровы добычи, вводит яд. Скорпионы – ночные хищники, нападающие на более мелких животных. Днем они прячутся под камнями, листьями, отставшей корой, в трещинах скал. Самки некоторых видов скорпионов *живородящие*.

#### *Отряд Сенокосцы:*

В саду, на деревьях, под корой, в щелях строений можно увидеть обыкновенного сенокосца. У него сегментированное брюшко, которое соединено с головогрудью без стебелька. Ходильные ноги очень длинные и тонкие. Они легко могут отрываться и, уже оторванные, долго сохраняют способность к судорожным движениям, напоминая движения косца во время косьбы. Отбросив движущуюся ногу, сенокосец отвлекает внимание хищника и на оставшихся ногах скрывается. Сенокосец не ядовит, он является хищником, поедающим мелких насекомых.

#### *Отряд Пауки:*

Заселяют всю сушу. При добывании пищи, размножении, расселении, переживании неблагоприятных условий пауки используют паутину. С ней связаны все формы поведения пауков – *инстинкты*. Пауки уничтожают многих вредных насекомых, в том числе и в жилье человека (*домовый паук*). Пауки – наземные животные. В воде живет единственный вид – *водяной паук*, или *серебрянка*. Дышит серебрянка атмосферным воздухом. Поднимаясь к поверхности, паук выставляет из воды брюшко, покрытое густыми волосками, не смачиваемыми водой. При погружении паука на волосках удерживается слой воздуха, и брюшко выглядит блестящим, словно капля ртути, запас воздуха позволяет пауку дышать под водой. На подводных растениях серебрянка строит воздушный колокол из захваченных воздушных пузырьков, это его убежище, в котором паук питается, размножается, где развивается его потомство.

Яд пауков для человека чаще всего неопасен, даже ядовитый секрет крупного *тарантула*. Исключение составляет маленький *каракурт* (черная окраска тела с красными пятнами на верхней стороне брюшка) или американский и австралийский виды получили название «*черная вдова*», самка после спаривания, нуждаясь в белковой пище для формирования яиц, часто съедает самца. Укус самки каракурта вызывает резкую боль, удушье, судороги.

#### *Отряд Клещи:*

Отличительная особенность – *слияние головы, груди и брюшка*, а также превращение первых двух пар конечностей головогруды в колюще-сосущий хоботок. Клещи вездесущи. Есть среди них вредители растений, паразиты животных, многие обитают в почве, питаются почвенными водорослями, грибами, остатками растений и животных. Значительный вред причиняют сельскому хозяйству зерновые и *мучные*, или *амбарные*, а также *сырный*, *винный* и *луковичный* клещи. *Паутинные* и *плодовые* клещи повреждают различные культурные растения. Среди клещей много паразитов животных.

*Перьевые и волосяные* клещи повреждают покровы птиц и млекопитающих. Для человека опасен *чесоточный* клещ, или *зудень* – мелкие клещи, живут и размножаются в коже человека и животных. Самка, проделывая в коже ходы, откладывает яйца, из которых выходят личинки. При питании и движении чесоточные клещи раздражают нервные окончания кожи и вызывают сильный зуд. Расчесывая зудящие места, человек способствует расселению клещей. Возбудитель передается при контакте здорового человека с зараженным. Для предупреждения заболевания необходимо соблюдать гигиенические правила: мыть руки с мылом, не пользоваться чужой одеждой, постельными принадлежностями и др. Многие клещи – кровососы. Их покровы растяжимы, а кишечник имеет выросты, которые при обильном кровососании сильно увеличиваются в объеме. Размеры насосавшихся клещей в 4-5 раз превышают размеры голодных. Особенно опасны клещи, питающиеся кровью птиц и млекопитающих, в том числе и человека. При кровососании они могут передавать возбудителей таких тяжелых заболеваний, как энцефалит, сыпной и возвратный тиф и др. В лесах, молодых посадках сосны, на заросших кустарником лугах часто встречается *собачий* клещ, который является основным переносчиком возбудителя западного клещевого энцефалита и боррелиоза (болезни Лайма).

*Основные особенности* паукообразных: 1) наземные хищные и паразитические членистоногие животные; 2) тело разделено на головогрудь и брюшко; на головогрудях шесть пар конечностей: ядовитые коготки, членистые ногощупальца и четыре пары ходильных ног; 3) питаются только жидкой пищей: у пауков развиты железы, яд которых убивает жертв, при питании выделяются пищеварительные соки, способствующие внекишечному перевариванию пищи; имеется мускулистая сосательная глотка, развит средний отдел кишечника и печень; 4) выделительная система – мальпигиевы сосуды; 5) дыхание осуществляется видоизмененными брюшными конечностями – легочными мешками, трахеями либо теми и другими вместе; 6) кровеносная система незамкнутая, в брюшке имеется трубчатое сердце с парными отверстиями и сосуды, отходящие от него.

### **1.8.9. Класс насекомые.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Класс Насекомые. Майский жук. Многообразие насекомых. Отряды насекомых: Прямокрылые, Жесткокрылые, Чешуекрылые, Двукрылые, Перепончатокрылые.

*Инстинкты* – врожденные поведенческие реакции организма.

*Ганглии* – ббб нервные узлы, образованные скоплениями нервных клеток. *Гемолимфа* — жидкость, циркулирующая в незамкнутой кровеносной системе моллюсков и членистоногих. *Функции:* транспорт газов, питательных веществ, конечных продуктов метаболизма и защитная.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Класс Насекомые:*

В теле различают голову, грудь и брюшко. Голова у насекомых не расчленена и образует цельную головную капсулу, на которой расположена пара усиков, сложные фасеточные глаза, между которыми у ряда насекомых находится от 1 до 5 простых глазков. Усики выполняют роль органов обоняния и осязания. Голова несет ротовой аппарат, состоящий из выроста головной капсулы – *верхней губы* и трех пар измененных конечностей головного отдела: верхних и нижних челюстей, и нижней губы. Ротовые аппараты насекомых устроены по-разному. В зависимости от характера пищи и способа ее потребления различают *колюще-сосущий* (клопы, комары), *сосущий* (бабочки) и *лизущий* (мухи) и другие ротовые аппараты.

*Грудь* насекомых состоит из *трех сегментов*. На каждом из них расположена пара членистых конечностей – «шестиножки». У насекомых в зависимости от среды обитания и образа жизни развиваются конечности разного типа: *прыгательные* (кузнечики), *роющие* (медведки), *плавательные* (водяные жуки), *собираательные* (пчелы), *бегательные* (жужелицы) и др. *Второй и третий сегменты груди* у большинства насекомых несут по одной *паре крыльев*. Крылья характерны только для взрослых насекомых, у личинок они либо недоразвиты, либо отсутствуют.

*Крылья* у насекомых развиваются из складчатых выростов спинной части *второго и третьего грудных сегментов*. Расположенные в выросте разветвления трахей остаются в виде жилок – это каркас перепончатого крыла. Расположение *трахей* определяет *жилкование*, различное у насекомых разных отрядов. У некоторых паразитических насекомых (вши, блохи) крылья исчезают. У мух и комаров сохраняется только одна, передняя, пара крыльев; вторая пара превращена в булавовидные жужжальца, регулирующие полет. У жуков передние крылья (надкрылья) полностью отвердели и служат защитой для перепончатых задних крыльев. Конечности и крылья обеспечивают все виды движения насекомых.

*Брюшко* насекомых содержит от 6 до 11 сегментов. Конечности на брюшке отсутствуют. На последних сегментах брюшка у самок многих насекомых развивается *яйцеклад*, помогающий при откладке яиц в почву (кузнечики, саранча) или в тело других насекомых (наездники). У пчел, ос и муравьев яйцеклад превратился в орган защиты – *жало*.

Хитинизированная кутикула *покровов* многослойная (как фанера), обладает устойчивостью к механическим и химическим воздействиям. Наружный слой кутикулы содержит воскоподобные вещества. Хитинизированная кутикула не покрывает тело насекомых сплошным слоем. На грудных сегментах она образует четыре пластинки, разделяющие места приращения конечностей и крыльев, на брюшных – две. Участки между пластинками тонкие, эластичные, поэтому сохраняется подвижность частей тела насекомых. В период роста личинок насекомых (взрослые насекомые не растут) плотная кутикула мешает увеличению размеров тела, поэтому личинки периодически сбрасывают хитинизированные покровы – *линяют*. *Способность к линьке на личиночной стадии* свойственна всем насекомым.

Хитинизированная кутикула – служит наружным скелетом, предохраняет тело от избыточного испарения.

Майский жук питается молодыми листьями березы, осины, дуба и других деревьев. С помощью мощных верхних челюстей он отгрызает от листа небольшие кусочки, измельчая пищу. Проглоченная пища поступает в *мышкульную глотку*, куда открываются протоки *слюнных желез*. Затем она продвигается в *пищевод* (у некоторых насекомых в его расширение – *зоб*) и *мышкульный желудок*, в котором пища дополнительно перетирается. Глотка, пищевод и мышкульный желудок входят в *передний отдел кишечника*, где происходит измельчение и первичная обработка пищи. В *среднем отделе* кишечника происходит окончательное переваривание пищи и всасывание питательных веществ. *Печени* у насекомых *нет*. Пищеварительные соки выделяют железистые клетки среднего отдела кишечника. Непереваренные остатки пищи через *задний отдел* кишечника выводятся наружу. В стенке заднего отдела кишечника есть железы, осуществляющие обезвоживание остатков пищи. Это помогает насекомому сохранять в теле воду. У пчел секрет слюнных желез образует маточное молочко, которое соединяясь с нектаром, превращает его в мед. У гусениц ряда бабочек этот секрет образует шелковину, используемую при завивании куколочного кокона. У кровососущих насекомых (комары, мошки) слюнные железы выделяют вещества, разжижающие кровь и препятствующие ее свертыванию. У насекомых, питающихся древесиной (термиты), в кишечнике живут симбионты (бактерии, жгутиконосцы), которые выделяют ростовые вещества, витамины и ферменты, помогая насекомым переваривать грубую растительную пищу.

*Органы дыхания* у майского жука, как и у всех насекомых, представлены сильно разветвленной системой *трахей*, доставляющих кислород ко всем органам и тканям. Самые тонкие ответвления трахей обеспечивают поступление кислорода и удаление углекислого газа даже от отдельных клеток. Поступление атмосферного воздуха в трахейную систему происходит через особые отверстия, расположенные по бокам брюшных и грудных сегментов – *дыхальца*, которые открываются и закрываются при помощи специальных кольцевых мышц. В покое смена воздуха в трахейной системе осуществляется за счет сокращения и расслабления мускулатуры брюшка. В полете в вентиляции трахей участвуют ритмически поднимающиеся и опускающиеся крылья. Чем чаще взмахи крыльев, тем быстрее происходит смена газов. Поэтому насекомые даже во время самого быстрого полета не задыхаются. В некоторых участках крупные трахейные стволы расширяются, образуя воздушные *трахейные мешки*. У хорошо летающих насекомых (мухи, осы) воздушные мешки заполняют большую часть полости тела. В результате сокращения мускулатуры тела мешки могут сжиматься и расправляться, регулируя поступление и выход воздуха, делая дыхание более активным. Воздушные мешки, наполняясь воздухом, уменьшают удельную массу тела, облегчая полет насекомых.

*Выделительная система* образована трубчатыми мальпигиевыми сосудами, которые извлекают из гемолимфы вредные продукты жизнедеятельности и выводят их в задний отдел кишечника, где они вместе с непереваренными остатками пищи обезвоживаются и выделяются наружу. Часть продуктов обмена не выделяется из организма, а накапливается в клетках жирового тела, заполняющего промежутки между органами, и в кутикуле покровов. При линьке личинки освобождаются от них вместе с кутикулой.

*Кровеносная система* майского жука, как и всех насекомых, незамкнутая с *трубчатым спинным сосудом*, разделенным на камеры – сердцем. *Гемолимфа* обеспечивает транспорт питательных веществ, продуктов обмена, выполняет защитную функцию и частично участвует в обмене газов.

*Нервная система* майского жука образована окологлоточным нервным кольцом и грудными нервными узлами. Надглоточный ганглий, сильно развитый не только у майского жука, но и у всех насекомых, часто называют «мозгом», так как он регулирует работу органов чувств и сложные формы поведения.

*Органы чувств* майского жука, как и других насекомых, разнообразны. Пара сложных фасеточных глаз – органы зрения, простые глазки реагируют лишь на степень освещенности. Усики выполняют функцию обоняния и осязания. Клетки, позволяющие оценить вкусовые качества пищи, у майского жука и большинства насекомых расположены на ротовом аппарате, а у бабочек – на конечностях.

*Поведение* насекомых отличается сложностью и разнообразием форм. Для них характерны *инстинкты* – врожденные поведенческие реакции организма. Многие инстинкты связаны с заботой о потомстве и особенно сложны у общественных насекомых: пчел, муравьев, термитов и др. Забота о потомстве выражается в поиске мест для откладки яиц и развития будущих личинок, создании для личинок запасов пищи. Жуки навозники делают из навоза колбаски, скарабеи скатывают шары, закатывают их в норки и откладывают в эти шары яйца. Развивающиеся из яиц личинки обеспечены таким образом запасом пищи для развития и убежищем с постоянной благоприятной температурой и влажностью. Строительные инстинкты муравьев и пчел, которые не только строят жилища, но и постоянно поддерживают в них определенную температуру и влажность, вентилируют, препятствуя развитию плесени. Способность пчел при обнаружении растений-медоносов специальным «танцем» передавать другим пчелам информацию о направлении полета к месту взятка. Капустная белянка откладывает яйца на нижнюю поверхность листьев капусты, где ее личинки обеспечены пищей и скрыты от врагов. Самки тараканов, ведущих сумеречный или ночной образ жизни, откладывают яйца в затемненные укромные места жилища человека, где потомство постоянно находится в благоприятных условиях: обеспечено пищей и убежищем. Поэтому тараканы могут размножаться в течение всего года.

Майский жук, как и все насекомые – *раздельнополое* животное с *внутренним оплодотворением*. Самцы крупнее самок. Усики самцов более

развитые, что связано с необходимостью поиска самок в период размножения. *Органы размножения* майского жука представлены у самок парными яичниками, у самцов – парными семенниками.

Часто между самцами и самками наблюдаются различия в размерах, форме и окраске тела – половой диморфизм. Чаще всего насекомые размножаются, откладывая оплодотворенные яйца. Иногда яйца развиваются без оплодотворения (*партеногенез*). Есть и живородящие насекомые, из отложенных яиц которых сразу выходят вполне сформированные личинки или куколки (мясные мухи). После выхода из яйца развитие личинки у некоторых насекомых (вши, постельный клоп) может происходить без изменения внешнего строения (развитие прямое, или без превращения, без метаморфоза). У подавляющего большинства насекомых развитие происходит с частичными изменениями внешнего строения (развитие с неполным превращением, метаморфозом), либо со значительным изменением организации (развитие с полным превращением, метаморфозом). Тип развития зависит от количества питательных веществ в яйце, что влияет на степень сходства в строении и образе жизни личинки и взрослого насекомого. Кузнечики и саранча на стадии личинок сходны со взрослыми особями по форме тела, характеру питания, местам обитания. Отличия заключаются в размерах, появлении у взрослых особей крыльев и способности к полету – развития с неполным метаморфозом. Жуки, бабочки, мухи, комары и пчелы развиваются с полным метаморфозом. У взрослого животного по сравнению с личинкой не только появляются крылья и изменяется форма тела, но и происходит перестройка ротового аппарата, конечностей, пищеварительной системы, внешнего облика и т. д. Для того чтобы могли произойти такие серьезные изменения личинки, нужна специальная покоящаяся стадия развития, во время которой прекращается движение, питание, и происходят все необходимые перестройки – стадия куколки. Насекомые, развивающиеся без превращения или с неполным превращением, имеют три стадии развития: *яйцо, личинка и взрослое насекомое*. У насекомых, развивающихся с полным превращением, четыре стадии развития: *яйцо, личинка, куколка и взрослое насекомое*.

Развитие с метаморфозом имеет большое значение в распространении и размножении насекомых. Особыми преимуществами обладают насекомые с полным превращением. Различия в потребляемой пище, местах обитания личинок и взрослых особей уменьшают конкуренцию между ними, позволяют полнее использовать условия мест обитания. Так, гусеницы белянок питаются листьями растений, бабочки же сосут нектар. Водные личинки комаров питаются органическими частицами, которые они отфильтровывают из воды, взрослые самки – кровососы, а самцы – нектароеды. Личинки майского жука, обитающие в почве, подгрызают корни растений, а взрослые жуки питаются листьями.

Личинки у насекомых – это стадия роста и питания, поэтому часто они малоподвижны и имеют недоразвитые конечности (гусеницы бабочек, почвенные личинки майского жука). Взрослые насекомые обеспечивают

размножение и расселение, обладая хорошо развитыми конечностями и крыльями.

*Отряды насекомых с неполным превращением:*

*Отряд Стрекозы:*

Стрекозы – хищные насекомые. У стрекоз большая голова с огромными фасеточными глазами. Добычу схватывают сильными челюстями и удерживают конечностями. Длинные перепончатые крылья не складываются на спине и остаются расправленными при отдыхе. Откладывают яйца прямо в воду, погружая в нее брюшко, или втыкают их в стебли водных растений. Большинство личинок являются хищниками. Свою добычу – мелких беспозвоночных – они хватают в воде (развит особый ловчий аппарат – видоизмененная нижняя губа), молниеносно выдвигающийся далеко вперед – «маска». С помощью подвижных зубцов «маски» личинки схватывают добычу, удерживают ее и измельчают. Взрослые стрекозы уничтожают значительное количество комаров и мух. Личинки стрекоз могут поедать личинок и мальков рыб, нанося ощутимый ущерб рыбоводным хозяйствам.

*Отряд Прямокрылые:*

Кузнечики, саранча, сверчки, имеют хорошо развитые прыгательные задние конечности с мощной мускулатурой и длинными бедрами и голеньями. Усики у многих прямокрылых очень длинные. Хорошо развит *грызущий* ротовой аппарат. Передние крылья узкие, кожистые, играют роль надкрылий, задние – более широкие, в покое складывающиеся веером. Прямокрылые – единственная группа насекомых, у которых имеются *органы слуха*, расположенные на голеньях передней пары конечностей. Органы стрекотания расположены у кузнечиков на надкрыльях, а у саранчи – на брюшке (имеются только у самцов). Совершая быстрые движения надкрыльями, потирая их одно о другое, сидящий кузнечик производит звуки. От трения происходит быстрая вибрация особой перепонки на левом надкрылье, причем роль смычка играет жилка другого надкрылья, производящая звуки высоких тонов. Среди прямокрылых есть хищники и растительноядные организмы – *кобылки* – вредители посевов, пастбищ и сенокосов; *перелетная саранча* очень прожорлива и может причинять большой вред растениям; живущие в почве *медведки* имеют мощные роющие передние конечности, роясь в земле на огородах, свекловичных полях, в парниках, они подгрызают подземные части растений, повреждая их корни. Самки прямокрылых откладывают яйца в почву с помощью яйцеклада.

*Отряды насекомых с полным превращением:*

*Отряд Жесткокрылые, или Жуки:*

Жуки заселяют водоемы, почву и различные наземные местообитания. Для всех жуков характерны *грызущий* ротовой аппарат и сильно хитинизированные передние крылья, превращенные в жесткие надкрылья. Задние крылья перепончатые. Обычно они длиннее тела, в покое складываются вдвое и прячутся под защищающими их надкрыльями. Грудные конечности у жуков бегательного типа, но у многих видов изменены и приспособлены к роющему

или водному образу жизни. Одни жуки питаются различными частями растений (майский жук, осиновый листоед, зеленая златка), другие – водные (окаймленный плавунец) и наземные хищники (зернистая жужелица, коровка семиточечная); некоторые питаются экскрементами (обыкновенный навозник), тканями погибших животных (черноусый могильщик); некоторые вредители сельскохозяйственных культур (майский жук, хлебный жук, или кузька, посевной шелкоун, колорадский жук, долгоносики, или слоники) и древесных растений (усачи, или дровосеки, короеды). Жук-олень занесен в Красную книгу РБ.

*Отряд Чешуекрылые, или Бабочки:*

Бабочки имеют *сосущий* ротовой аппарат в виде хоботка, свернутого спиралью и подогнутого под грудь. *Две пары перепончатых крыльев* покрыты *чешуйками* – сплюснутыми волосками покровов, которые содержат различные пигменты, которые определяют окраску крыльев бабочек. Расположенные на чешуйках ребрышки преломляют свет и придают крыльям некоторых видов бабочек радужный блеск (*переливницы, перламутровки*). У червеобразных личинок бабочек – гусениц – *грызущий* ротовой аппарат, три пары членистых грудных конечностей, на длинном брюшке развиваются несколько пар ложных ножек. Взрослые бабочки питаются нектаром, а гусеницы поедают преимущественно части растений (*капустная белянка*). Личинки многих видов бабочек имеют шелкоотделительные железы, секрет которых застывает на воздухе, превращаясь в прочные шелковистые нити, используемые различными видами по-разному – одни гусеницы спускаются с их помощью с ветвей деревьев; другие прикрепляют ими куколок (*капустная белянка*); третьи опутывают нитями побеги и листья или строят чехлики, в которых происходит окукливание (*моли*); гусеницы настоящих шелкопрядов и некоторых других бабочек завивают коконы, внутри которых развивается куколка. Взрослые бабочки являются прекрасными опылителями растений. Некоторые виды приобрели большое промышленное значение как поставщики сырья для изготовления шелковой ткани (*тутовый и китайский дубовый шелкопряды*). Много вредителей сельскохозяйственных растений (*озимая совка, пяденицы, капустная белянка*).

*Отряд Перепончатокрылые:*

Трихограммы, рогахвосты, шершни – прекрасные летуны. У них имеются *две пары перепончатых крыльев*, обычно сцепленных между собой так, что оба крыла образуют единую поверхность, что обеспечивает их согласованную работу и активный полет. *Грызущий* ротовой аппарат – *осы, муравьи*; питающиеся соками растений, нектаром и пыльцой – *пчелы, шмели*, ротовой аппарат *лакающий*, с хорошо развитым хоботком. Личинки червеобразные, безногие либо похожие на гусениц. Они так же, как и личинки бабочек, имеют на брюшке *ложные ножки*. У самок перепончатокрылых на брюшке есть яйцеклад, который у пчел, шмелей, ос и муравьев превратился в жало, протоком связанное с ядовитой железой. Среди перепончатокрылых много насекомых, живущих семьями, где выделяются самки, самцы, рабочие особи –

общественные насекомые (пчелы, шмели, осы и муравьи). Особую группу среди перепончатокрылых составляют паразитические виды, которые откладывают яйца в куколок, личинок и яйца других насекомых, за счет которых и развивается их потомство (яйцееды и наездники).

*Отряд Двукрылые:*

Включает два подотряда: длинноусые, или комары, и короткоусые, или мухи. Для всех двукрылых характерно сохранение только первой пары перепончатых крыльев. Вторая пара видоизменилась в небольшие булавовидные *жуужжальца*. Ротовой аппарат у комаров *колюще-сосущий* (самки) или *сосущий* (самцы), у мух – *лизущий*. Личинки двукрылых безногие, развиваются в водоемах, почве, тканях растений, организме других животных. Среди двукрылых есть опылители, вредители растений, переносчики возбудителей заболеваний человека и животных (*мухи, слепни*). Личинки многих двукрылых служат кормом для рыб, в том числе и аквариумных (мотыль – личинка комара-звонца). Личинки некоторых мух питаются разлагающимися остатками растений и животных, экскрементами.

*Роль насекомых в природе:*

Существует взаимная приспособленность между насекомыми-опылителями (*бабочками, жуками, перепончатокрылыми, двукрылыми*) и опыляемыми ими цветковыми растениями. У растений выработались специальные приспособления для опыления насекомыми (форма цветков, их яркая окраска, аромат, наличие нектара). В то же время у насекомых форма и длина хоботка соответствуют строению опыляемых ими цветков, а органы зрения и обоняния позволяют различать окраску венчика и запах. Огромное значение имеют многие почвенные насекомые и их личинки, питающиеся отмершими частями растений, которые роют ходы в почве, разрыхляя землю, обогащают ее кислородом и ускоряют образование перегноя. Насекомые служат пищей для других животных, являются важными звеньями природных пищевых цепей. Хищные насекомые, уничтожая взрослых насекомых и их личинок, являются регуляторами их численности в природе. К полезным хищным насекомым относятся стрекозы, божьи коровки, жужелицы. Стрекозы охотятся в полете и уничтожают комаров, мошек и других кровососущих насекомых (*гнус*). Божьи коровки поедают тлей и их личинок – опасных вредителей древесных и травянистых культурных и декоративных растений. Жужелицы и их почвенные личинки активно поедают большое количество вредных насекомых, моллюсков. Муравьи уничтожают вредных насекомых, повреждающих листья растений: гусениц совок, пядениц, личинок пилильщиков. Муравьи – общественные насекомые.

*Паразитические* перепончатокрылые насекомые – особая группа, представители которой откладывают яйца в куколок, личинок и яйца вредных насекомых – *наездники (паниск, афидий)* и *яйцееды (теленормус, трихограмма)*. Личинки этих насекомых питаются тканями организма хозяина. Развиваясь в яйцах, личинках и куколках вредителей, наездники таким образом снижают их численность. Специально разводят в лабораториях трихограмм для

биологической борьбы со многими вредителями растений, выпускают в сады для борьбы с яблонной плодожоркой и на огороды для уничтожения вредителей капусты. Санитарами природы являются навозники, мертвоеды и могильщики, потребляющие экскременты и остатки погибших животных.

Насекомые – *вредители сельскохозяйственных растений*. На посевах зерновых культур одним из самых опасных вредителей считается перелетная, или азиатская, *саранча*. Во второй половине лета самки откладывают в почву яйца. Яйца окружены слизью, которая, застывая, образует *кубышку*. Весной из нее выходят бескрылые личинки, которые питаются тростником. Это – пешая саранча. Завершив развитие и окрылившись, саранча разлетается. Скопления саранчи – *кулига*. Широко распространенными вредителями, повреждающими капусту и другие крестоцветные культуры, являются *репница*, *брюквенница* и *капустная белянка*. *Колорадский картофельный жук* – опаснейший вредитель картофеля. Повреждает также томаты и другие пасленовые растения. Большой вред различным сельскохозяйственным растениям приносят жуки *щелкуны*. Личинки щелкунов – *проволочники* – питаются подземными частями растений, преимущественно травянистых; повреждают корни, клубни, корневища, большой вред наносят сеянцам и саженцам лесных, плодовых и декоративных растений в питомниках. Насекомые – вредители садов. Вредоносны *яблонный цветоед* (отряд Жесткокрылые) и *яблонная плодожорка* (отряд Чешуекрылые). Вред древесным насаждениям наносят бабочки (*пяденицы*, *коконопряды*, *шелкопряды*) и жуки (*майские жуки*, *дровосеки*, *короеды*). Листву и хвою деревьев повреждают *пяденицы* и *шелкопряды*.

*Дровосеки*, или *усачи* – опасные вредители леса. Личинки усачей питаются и развиваются в древесине, их можно обнаружить под корой старых пней; способны разрушать и более глубокие слои древесины. *Короеды* – массовые вредители леса, вызывающие усыхание их вершин и создают условия для заселения деревьев насекомыми – разрушителями древесины.

Насекомые – *паразиты* человека и животных, *переносчики возбудителей заболеваний*. *Вши*, паразитирующие на теле и в волосяном покрове головы, вызывают педикулез. *Постельные клопы*, *блохи*, *кровососущие комары*, *слепни*, *мошки*, секрет слюнных желез этих насекомых вызывает у человека аллергические реакции. Коров, овец, лошадей поражают личинки кожных и желудочных оводов. *Бычий овод*, личинка паразитирует в коже крупного рогатого скота, а также *лошадиный*, или *желудочный*, самка которого прикрепляет яйца к волосам лошадей. Выведшиеся личинки вбуравливаются в кожу и, минируя ее, вызывают у животного сильный зуд. Расчесывая кожу, лошадь слизывает и проглатывает личинок, которые затем прикрепляются к стенкам желудка. Через некоторое время личинки выходят из кишечника и окукливаются в почве. Зараженные животные теряют массу тела, ухудшается их общее состояние. На птицах часто паразитируют *пухоеды*, повреждающие перьевой покров и приводящие к гибели молодых птиц. В волосяном покрове млекопитающих паразитируют *власоеды*. Личинки мясных мух, попадая в ранки на теле животных, питаются их тканями, вызывая образование язв.

Особенно опасны насекомые – переносчики возбудителей заболеваний человека и животных. *Комнатные мухи*, контактирующие со сточными водами, бытовыми отходами, загрязняют пищу и предметы домашнего обихода; разносят возбудителей брюшного тифа, цисты дизентерийной амебы, яйца паразитических червей. Тараканы и муравьи, обитающие в жилище человека или рядом с ним – *синантропны насекомые* (от син – вместе, рядом и антропос – человек). Возбудителя бубонной чумы переносят *крысиные блохи*. Насекомые являются единственными переносчиками возбудителей сыпного тифа (*вши*), малярии (*комары рода анофелес*) и других вирусных заболеваний человека.

*Одомашненные насекомые:*

Медоносная пчела, шелкопряды – одомашнены человеком и имеют большое хозяйственное значение. Медоносная пчела – основной опылитель цветковых растений. Для пчелы, как и для других общественных насекомых, характерен *полиморфизм (многоформие)*.

В семье медоносных пчел есть одна крупная самка (матка, или царица), около 300 самцов (трутней) и десятки тысяч рабочих пчел. Матка – самая крупная пчела в семье. Трутни (самцы) имеют средние размеры и очень большие, соприкасающиеся на затылке глаза. Рабочая пчела (самка) мельче остальных членов семьи. У нее крупная, покрытая волосками голова с двумя сложными фасеточными глазами и тремя простыми глазками, лежащими между сложными. Впереди расположены усики. Органы зрения и обоняния позволяют рабочим пчелам отыскивать растения-медоносы и выполнять все работы в улье. Ротовой аппарат у пчел *лакающий*. Верхние челюсти позволяют обрабатывать воск при постройке сот. Хоботок, образованный нижней губой и укрепленный нижними челюстями, служит для слизывания нектара, который попадает в зоб и смешивается с выделениями слюнных желез. Этой смесью пчела заполняет ячейки сот, где смесь превращается в мед. Для сбора пыльцы пчелы используют свои конечности. На задней паре ног с внешней стороны есть гладкая площадка, окруженная волосками, – *корзиночка*. Первый, расширенный членик задней ноги, с внутренней стороны покрытый рядами волосков, образует *щеточку* – собирательный аппарат пчел. Щеточкой пчела чистит свое тело, собирая пыльцу после посещения цветков, затем трет конечность о конечность, формируя комочек – *обножку*, которую помещает в корзиночку и переносит в улей. Пропитанная медом пыльца (*перга*) – это запас пищи для личинок пчел. На брюшке у рабочих пчел находятся воскоотделительные железы. Образуемые ими маленькие пластинки воска выделяются на гладких участках брюшка (зеркальцах) и снимаются задними конечностями. Затем они разминаются челюстями и используются для строительства сот. На последних члениках брюшка рабочей пчелы расположено *жало* – видоизмененный яйцеклад. Жало – орудие защиты, несущее на внешней стороне шипики. В улье зимуют оплодотворенная матка и рабочие пчелы, завершившие развитие в конце предыдущего лета. Весной матка откладывает два типа яиц: в крупные ячейки сот – неоплодотворенные яйца, в маленькие – оплодотворенные. Из неоплодотворенных яиц развиваются самцы (трутни), из оплодотворенных –

самки (рабочие пчелы). Из яиц выходят белые червеобразные личинки. Личинки выкармливаются *маточным молочком* – секретом слюнных желез. С выходом молодой матки начинается *роение*. Пчелы дают человеку ценный продукт питания – мед, обладающий лечебными свойствами. Пчелиный воск используется в технических целях, в научных лабораториях. Он идет на изготовление лыжных мазей, различных мастик, карандашей по стеклу, косметических препаратов. Маточное молочко, пчелиный яд и пчелиный клей (*прополис*), которые обладают высоким антимикробным действием, служат сырьем для изготовления лекарственных препаратов.

Занесены в Красную книгу РБ – бабочки (ранняя шашечница, черный аполлон), жуки (жук-олень, пахучий красотел).

*Основные особенности членистоногих:* 1) обитатели морских и пресных водоемов, почвы, различных наземных местообитаний; 2) имеют членистые конечности, подвижны; 3) сегментированное тело разделено на три отдела: голову, грудь и брюшко; 4) тело покрыто многослойной кутикулой, пропитанной хитином; 5) мускулатура образует пучки, поэтому членистоногие способны совершать разнообразные движения; 6) полость тела заполнена гемолимфой; 7) в пищеварительной системе выделяют передний, средний и задний отделы кишечника; есть пищеварительные железы; 8) растительноядные и хищные животные, некоторые фильтраторы; 9) кровеносная система незамкнутая, имеется сердце; 10) органы дыхания жабры, легочные мешки и трахеи; 11) основные органы выделения у наземных видов – мальпигиевы сосуды, у водных – выделительные железы; 12) нервная система образована окологлоточным нервным кольцом и брюшной нервной цепочкой, развиты органы чувств.

### **1.8.10. Тип Хордовые. Ланцетник.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Тип Хордовые. Ланцетник - низшее хордовое животное.

*Хорда* – внутренний скелет в виде упругого хрящеподобного стержня.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Характерные общие черты организации типа Хордовые:*

1) Наличие хорды – внутреннего скелета в виде упругого хрящеподобного стержня, расположенного вдоль спинной стороны тела животного; опора, обеспечивающая поддержание формы тела; на стадии зародыша имеется у всех хордовых животных; у немногих хорда сохраняется и во взрослом состоянии; у большинства по мере роста и развития зародыша постепенно замещается более прочным костным позвоночником.

2) Центральная нервная система представлена нервной трубкой, полость которой заполнена спинномозговой жидкостью; у большинства хордовых на стадии зародыша ее передний отдел расширяется и преобразуется в головной мозг.

3) Глотка пронизана жаберными щелями; у наземных хордовых они имеются только у зародышей, а у водных – всю жизнь.

4) Кровеносная система хордовых замкнутая; сердце расположено на брюшной – под пищеварительной трубкой.

Тип Хордовые подразделяется на подтип Бесчерепные и Черепные, или Позвоночными.

*Подтип Бесчерепные, Класс Головохордовые, или Ланцетники:*

Ланцетники имеют полупрозрачное рыбообразное тело вдоль спинной и брюшной сторон которого, включая хвост, проходит складка кожи, которая образует плавник. Ланцетник имеет все характерные черты строения хордового животного: хорду в течение всей жизни, нервную трубку, около 150 пар жаберных щелей в глотке. Перегородки жаберных щелей выстланы ресничным эпителием, который создает ток воды – происходит газообмен, отфильтровывание пищевых частиц; пищевая взвесь поступает в пищеварительный тракт, где происходит ее переваривание и всасывание. Строение некоторых систем органов сближает ланцетника с кольчатыми червями – наружный слой кожи представлен однослойным эпителием; мышечная система образована многочисленными сегментами мышечной ткани, сокращения которой вызывают однообразные боковые движения тела, что позволяет животным плавать или зарываться задним концом тела в грунт; кровеносная система замкнутая с продольными спинным и брюшным сосудами; выделительная система представлена примерно сотней пар образований, сходных с метанефридиями кольчатых червей. Ланцетники – раздельнополые животные; имеют многочисленные половые железы без выводных протоков; созревшие половые клетки через разрывы стенок половых желез выводятся в полость тела, затем в воду, где происходит оплодотворение; развитие с планктонной личиночной стадией.

### **1.8.11. Подтип Черепные. Надкласс Рыбы.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Подтип Черепные или Позвоночные.

Надкласс Рыбы. Речной окунь. Многообразие рыб. Классы Хрящевые рыбы (отряды: Акулы, Скаты) и Костные рыбы (отряды: Кистеперые, Лососеобразные, Осетрообразные, Карпообразные, Сельдеобразные).

*Боковая линия* – совокупность специальных кожных органов чувств, линейно расположенных по бокам тела у рыб, а также личинок и взрослых земноводных, постоянно живущих в воде; обеспечивает ориентацию животных в воде.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Подтип Позвоночные, или Черепные. Позвоночные:*

Самая многочисленная и наиболее высокоорганизованная группа хордовых животных. У большинства взрослых животных хорда замещается более прочным внутренним скелетом – костным позвоночником. Развивается череп, который защищает головной мозг. Животные имеют две пары конечностей и пояса – плечевой и тазовый, к которым конечности прикрепляются. Пища отыскивается позвоночными животными активно, схватывается челюстями, часто дополнительно измельчается, что облегчает и

ускоряет пищеварение. Дальнейшее развитие центральной нервной системы и совершенствование органов чувств, привели к усложнению поведения позвоночных животных. Они способны образовывать временные и постоянные группировки особей (семьи, стада, стаи, колониальные поселения), что повышает их защищенность от врагов и снижает гибель от неблагоприятных факторов. Все эти приспособления способствуют широкому расселению позвоночных животных на планете.

Надкласс Рыбы – постоянные обитатели самых разных водоемов: океанов, морей, озер, рек, ручьев, прудов. Рыбы, заселившие соленые воды океанов и морей – *морские*, живущие в водоемах с пресной водой – *пресноводные*.

Тело рыбы состоит из *трех отделов* – заостренной впереди головы, которая плавно переходит в более объемное туловище, с которым сливается хвост, постепенно сужающийся к концу. Обтекаемая форма тела при движении испытывает наименьшее сопротивление воды. У рыб, обитающих в толще воды, тело сплющено с боков, у *придонных* (скат, камбала) – в спинно-брюшном направлении.

На голове пара глаз, впереди них – ноздри. На губах некоторых придонных видов (сом, сазан, осетр) имеются выросты кожи в виде усов – функция осязания. У большинства рыб по бокам головы расположена пара подвижных жаберных крышек.

На туловище и хвосте рыб хорошо видны *плавники*: *парные* – грудные, брюшные, *непарные* – спинной, хвостовой, подхвостовой (анальный); образованы складками кожи с упругими плавниковыми лучами. Плавники подвижны благодаря сокращению мышц и выполняют разные функции. Спинной, подхвостовой плавники помогают телу рыбы сохранять при движении равновесие и держаться спиной вверх; грудные и брюшные плавники обеспечивают повороты, погружение и всплытие рыбы к поверхности. Хвост вместе с хвостовым плавником используется как двигатель. Одновременно с боковыми движениями хвостовой части тела змееобразно изгибается и туловище, продвигая рыбу вперед. У большинства рыб тело покрыто *чешуей* – тонкими плоскими костными пластинками, которые передней частью погружены в кожные карманы, выступающей задней – черепицеобразно налегают друг на друга. Покров из чешуи защищает тело рыбы от внешних повреждений, не мешая движению.

По мере роста рыбы увеличивается в диаметре и чешуя. Из-за неравномерного роста в летний и зимний периоды на ней образуются годовые кольца, по числу которых определяют возраст рыбы.

Рыба скользкая за счет слизи, обильно выделяемой многочисленными железами кожи. При движении слизь уменьшает трение тела рыбы о воду, содержащиеся в ней особые вещества препятствуют размножению на коже грибков и болезнетворных бактерий. Окраска покровов зависит от пигментных клеток кожи рыб. Обитатели толщи воды и ее верхних слоев имеют *серебристую окраску* (плотва, уклейка, сельдь). Рыбы, живущие среди зарослей водной растительности, имеют *зеленоватую окраску*, нередко с темными

вертикальными полосами (щука, окунь, судак). Ядовитые рыбы отличаются *яркой предупреждающей окраской* (скорпеновые, морские дракончики).

По бокам тела располагается *боковая линия* – один из важнейших органов чувств рыб.

*Скелет* рыб является опорой для прикрепления мышц и защитой для внутренних органов. Состоит из скелета головы – черепа, позвоночника, скелета парных и непарных плавников (плавниковых лучей) и их поясов (рис. 113). Опорой для костей грудных плавников служит плечевой пояс, состоящий из лопаток и коракоидов, для брюшных плавников – тазовый пояс. Череп имеет два отдела: мозговой и висцеральный (лицевой). Кости мозгового отдела защищают головной мозг рыбы. Лицевой отдел черепа имеет верхние и подвижные нижние челюсти. С помощью челюстей рыбы схватывают и удерживают добычу. С черепом неподвижно срастается позвоночник. Он образован многочисленными подвижно соединенными позвонками. В туловищном отделе к позвонкам прикреплены ребра, защищающие внутренние органы. В хвостовом отделе позвоночника ребер нет.

Под кожей рыб расположены прикрепленные к костям *мышцы*. Хорошо развитые мышцы туловища и хвоста состоят из соединенных друг с другом сегментов и лежат по бокам тела в виде мышечных лент, сокращение которых вызывает однообразные боковые изгибы тела. Движение глаз, жаберных крышек, парных плавников осуществляют специальные пучки мышц.

Рыбы потребляют различные виды кормов. Так, белый амур поедает водные растения (рдесты, тростник), белый толстолобик – планктонные водоросли, карп – личинок насекомых и растения. *Хищные рыбы* (щука, окунь, судак) питаются мелкими рыбами, лягушками и даже молодью водоплавающих птиц.

Окунь захватывает пищу *челюстями*, на которых имеются *зубы*, помогающие удерживать добычу. Пища поступает в *ротовую полость*, а затем в *глотку*. Через жаберные щели глотки вода выходит наружу, пища продвигается в *пищевод*, а из него – в *желудок*. Многочисленные железы стенок желудка выделяют в его полость пищеварительные соки, под влиянием которых пища переваривается. Окончательное переваривание и всасывание растворенных питательных веществ в кровь происходит в тонком отделе кишечника. В его начале – *двенадцатиперстной кишке* – открывается проток *поджелудочной железы* и *желчный проток печени*. Сок поджелудочной железы и желчь ускоряют переваривание пищи. Непереваренные остатки поступают в *задний отдел кишечника* и выбрасываются наружу через *анальное отверстие*.

С добычей корма у рыб связано сложное пищевое поведение: активный поиск (акулы, тунцы, судаки), подкарауливание и нападение из укрытия (окунь, щука). Некоторым видам рыб свойственны массовые передвижения в районы, богатые пищей, – миграции.

У костных рыб в полости тела имеется *плавательный пузырь* – тонкостенный мешок, заполненный смесью газов. Развивается он как полый *вырост пищевода*. Стенки пузыря пронизаны густой сетью кровеносных

сосудов. В плавательном пузыре может происходить поглощение газов из пузыря в кровеносные сосуды (пузырь уменьшается), выделение газов из кровеносных сосудов в полость пузыря (пузырь расширяется). При расширении пузыря удельная масса тела рыбы уменьшается, при сжатии – увеличивается. Это позволяет рыбам погружаться на разные глубины и зависать в толще воды, не затрачивая при этом мышечных усилий, выравнивая плотность своего тела с плотностью воды. Основная функция плавательного пузыря – *гидростатическая*. Хрящевые рыбы (акулы, скаты) не имеют плавательного пузыря. Чтобы удержаться в толще воды, им приходится постоянно плавать, а для отдыха – ложиться на дно. Облегчает тело акул большая печень, содержащая запасы жира.

Окунь дышит жабрами, которые расположены по бокам головы и прикрыты жаберными крышками. Обмен газами происходит с помощью тончайших *жаберных лепестков*, расположенных на *жаберных дугах*. Лепестки пронизаны густой сетью кровеносных капилляров, поэтому у живой рыбы они ярко-алые. Внутри ротоглоточной полости жаберные дуги имеют многочисленные беловатые выросты – *жаберные тычинки*, которые смыкаются и образуют фильтр, задерживающий пищу в глотке. Рыба постоянно заглатывает воду. Когда она открывает рот и закрывает жаберные крышки, насыщенная кислородом вода попадает в полость рта. Затем рот закрывается, жаберные крышки открываются, вода выталкивается и омывает жабры. Растворенный в воде кислород проникает в кровеносные капилляры жаберных лепестков, углекислый газ из них удаляется в воду – в жабрах происходит газообмен.

*Кровеносная система* окуня *замкнутая*. Состоит из сердца и сосудов. Сосуды, по которым кровь оттекает от сердца, называются артериями, а приносящие кровь к сердцу – венами. *Сердце* имеет *две камеры* – предсердие и желудочек, мускульные стенки которых поочередно сокращаются. Из предсердия кровь выталкивается в желудочек, из него в одну из крупнейших артерий – *брюшную аорту*, по которой кровь течет к жабрам, где кровь насыщается кислородом и освобождается от углекислого газа. Оттекающая от жабр алая кровь, богатая кислородом – артериальная. Она поступает в артерии головного отдела и в спинную аорту, несущую насыщенную кислородом кровь к органам и мускулатуре туловища и хвоста. Оттекающая от органов и тканей кровь содержит углекислый газ – венозная. Собираясь в крупные вены, кровь течет по ним к сердцу и поступает в предсердие. Благодаря ритмичным сокращениям сердца кровь непрерывно движется по *одному замкнутому кругу* кровообращения. В крови рыб имеются красные клетки – эритроциты, содержащие гемоглобин, способный связывать кислород (в жабрах) и углекислый газ (в тканях и органах).

*Температура тела* рыб непостоянная и зависит от температуры воды – *холоднокровными*.

*Выделительная система* представлена парными лентовидными *туловищными почками*, расположенными в спинной части полости тела. В

почках из кровеносных капилляров отфильтровываются вредные вещества жизнедеятельности клеток: *аммиак* (у пресноводных рыб) и *мочевина* (у морских). Образовавшаяся моча оттекает от каждой почки по мочеточнику в мочевой пузырь, где накапливается. Затем по мочеиспускательному каналу моча выводится наружу через выделительное отверстие, расположенное позади анального.

У речного окуня имеется *центральная нервная система*, представленная спинным и головным мозгом. От них отходят периферические нервы, идущие ко всем органам и тканям рыбы.

*Спинальный мозг* в виде длинной цилиндрической трубки расположен в спинномозговом канале позвоночника, который защищает его от повреждений. От спинного мозга отходят нервы ко всем органам и мускулатуре тела.

*Головной мозг* расположен в мозговом отделе черепа. Состоит из *пяти отделов*: переднего, промежуточного, среднего мозга, мозжечка, продолговатого мозга, который без резких границ переходит в спинной мозг. Наиболее развитыми отделами головного мозга являются мозжечок, координирующий движения рыб, и средний мозг, перерабатывающий информацию от органов зрения и боковой линии. В переднем мозге имеются большие обонятельные доли.

*Органы чувств* окуня приспособлены к жизни в воде. *Органы зрения* – глаза – погружены в глубокие впадины черепа, защищающие их от повреждений. Они имеют *плоскую прозрачную роговицу* и *шаровидный хрусталик*, в связи с чем, рыбы видят только достаточно близко расположенные предметы. Наведение на резкость (*аккомодация*) осуществляется специальной мышцей, которая, сокращаясь, приближает хрусталик к сетчатке, и, расслабляясь, удаляет. У хрящевых рыб зрение *черно-белое*, а у костных – *цветовое*. *Орган обоняния* представлен парными мешочками, выстланными чувствительными клетками. Каждый обонятельный мешочек открывается наружу отверстием – ноздрей. Рыбы распознают вкус пищи с помощью многочисленных вкусовых сосочков, расположенных на губах, стенках глотки и даже на плавниках. *Орган слуха* представлен только внутренним ухом, расположенным в костях черепа. Звуковые колебания из водной среды передаются через кости черепа непосредственно внутреннему уху. Рыбы способны издавать звуки движениями челюстей, жаберных крышек, плавников, плавательным пузырем. Особую роль в жизни рыб играет *орган боковой линии* – продольные каналы, лежащие по бокам тела в коже, от которых отходят многочисленные вертикально расположенные каналы, сообщающиеся отверстиями с наружной средой. Чувствительные клетки воспринимают направление и силу давления воды, это позволяет рыбе ориентироваться в потоках воды.

Для рыб характерны безусловными или врожденными рефлексы – оборонительные, пищевые.

Рыбы – *раздельнополые* животные, у многих видов самцы и самки отличаются внешне (*половой диморфизм*). У самок окуня имеется большой

*мешковидный яичник*, в котором созревают яйцевые клетки (икринки). Самцы имеют *пару длинных семенников*, заполненные беловатой жидкостью – *молоками*, содержащими сперматозоиды. Протоки половых желез открываются наружу половым отверстием. Сложное инстинктивное поведение рыб в период размножения – *нерест*. Самки выметывают на водные растения икринки, склеенных в виде лент, а самец поливает их молоками. Оплодотворение у окуня *наружное*. Лососевые рыбы (кета, горбуша) устремляются из моря в верховья рек; речной угорь, из пресных водоемов уходит для размножения в море – *проходными*.

У рыб, которые в большей или меньшей степени проявляют заботу о потомстве. Лососевые рыбы (кета, горбуша) откладывают икринки в углубления грунта реки, присыпают их чистой галькой и несколько дней охраняют гнездо. Сомы устраивают примитивное гнездо из растений, камешков или роют ямки и охраняют оплодотворенные икринки. Самец трехиглой колюшки из частей растений, скрепленных загустевшей в воде слизью, строит шаровидное гнездо, куда самка откладывает оплодотворенные икринки; самец охраняет его, ремонтирует, подгребает плавниками свежую воду.

Оплодотворенная *икринка* речного окуня начинает развиваться, ее клетки делятся, их число под оболочкой икринки увеличивается; после оплодотворения формируется *личинка*, которая покидает оболочку икринки и выходит в воду; в первые дни самостоятельной жизни личинка питается за счет запасов питательных веществ желточного мешка, расположенного на ее брюшной стороне, израсходовав их, личинка переходит на питание мелкими планктонными рачками и другими беспозвоночными животными, находящимися в толще воды; постепенно у подросшей личинки появляются чешуя и плавники, и она становится *мальком*. *Яйцеживорождение* характерно для многих видов акул и скатов, аквариумных рыбок пецилий, меченосцев, гуппий; происходит внутреннее оплодотворение. У некоторых видов акул (куны акулы, молот-рыба) и скатов (хвостоколы) – *живорождение*.

#### *Класс Хрящевые рыбы:*

Группа морских рыб, имеющих хрящевой скелет в течение всей жизни; жаберные крышки у отсутствуют; по бокам головы открываются 5-7 жаберных щелей; плавательного пузыря нет; парные плавники расположены в горизонтальной плоскости, хвостовой плавник неравнолопастный, с большой верхней и маленькой нижней лопастями; передняя часть головы вытянута в удлиненное рыло; рот, расположенный на брюшной стороне, имеет вид поперечной щели. Оплодотворение внутреннее; размножение происходит разными способами: путем откладки яиц, яйцеживорождением или живорождением.

#### *Отряд Акулы:*

*Акулы* – торпедообразная форма тела; хищники; челюсти вооружены острыми зубами; самые крупные виды питаются, отцеживая планктон.

#### *Отряд Скаты:*

*Скаты* (манта, электрический скат) – уплощенное в спинно-брюшном направлении тело; сильно увеличенные грудные плавники; жаберные щели расположены с брюшной стороны; зубы собраны в «терку».

*Классу Костные рыбы:*

Внутренний скелет костный, лишь у немногих хрящевой, но укрепленный накладными покровными костями; жаберные щели прикрыты с боков жаберными крышками; развит плавательный пузырь; оплодотворение в основном наружное.

*Отряд Осетрообразные:*

*Осетр, севрюга, белуга, стерлядь* (занесена в Красную книгу РФ).

Голова вытянута в рыло, щелевидный рот находится на брюшной стороне тела; парные плавники расположены горизонтально; хвост с увеличенной верхней и маленькой нижней лопастями; основу скелета составляет хрящ; череп покрыт снаружи накладными плоскими костями, на туловище и хвосте расположены пять рядов костных ромбовидных пластинок; ценные промысловые рыбы, дающие высококачественное мясо и черную икру.

*Отряд Сельдеобразные:*

*Атлантическая, тихоокеанская, балтийская (салака) сельди, кильки, сардины, анчоусы, горбуша, кета, кумжа, семга, голец, ручьевая форель* (занесена в Красную книгу РФ).

Представлен проходными и пресноводными рыбами; наличие жирового плавника (без костных лучей); ценные промысловые виды – мясо и красная икра;

*Отряд Карпообразные:*

*Плотва, лещ, язь, сазан, линь, карп* (одомашненная форма сазана), *белый и пестрый толстолобик, белый амур, серебряный карась, усач обыкновенный* (занесен в Красную книгу РФ).

Нет челюстных зубов, пища измельчается зубами, расположенными в глотке.

*Отряд Кистеперые:*

Вымершая группа рыб. В настоящее время известен только один вид этого отряда – *латимерия*. Скелет плавника, напоминающий скелет конечности наземных позвоночных, находится внутри широкой мясистой лопасти; представляют собой ветвь рыб, от которой произошли древние земноводные.

*Хозяйственное значение рыб:*

Мясо рыб является ценным, диетическим, легко усвояемым продуктом. Печень тресковых и других морских рыб богата витамином D, необходимым для нормального формирования костей. Отходы рыбопереработки и неценные породы рыб используются для изготовления рыбной муки, которая добавляется в корм сельскохозяйственным животным.

*Основные особенности рыб:* 1) водные позвоночные животные; 2) обтекаемая форма тела; 3) конечности в виде плавников; 4) у костных рыб – плавательный пузырь; 5) скелет хрящевой или костный; 6) питание активное, пищеварительный канал дифференцирован на отделы, имеются

пищеварительные железы; 7) дышат жабрами; 8) замкнутая кровеносная система, один круг кровообращения, сердце двухкамерное; 9) органы выделения – туловищные почки; 10) центральная нервная система представлена нервной трубкой, разделенной на спинной и головной мозг; 11) хорошо развито обоняние, орган боковой линии, внутреннее ухо; орган зрения приспособлен для близкого видения; 12) раздельнополые животные, оплодотворение чаще наружное, развитие со стадией личинки.

### 1.8.12. Класс Земноводные.

*Основные понятия и термины по теме:*

Класс Земноводные. Лягушка озерная. Многообразие земноводных. Отряды: Хвостатые и Бесхвостые.

*Третье веко* – мигательная перепонка, при помощи которой постоянно увлажняется поверхность глаза

*Клоака* – расширенная концевая часть заднего отдела кишечника.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Класс Земноводные – группа хордовых животных, которая первой вышла на сушу, но сохранила связь с водной средой.

*Голова и туловище* лягушки слегка уплощены в спинно-брюшном направлении. На голове расположена пара выпуклых глаз. Впереди них на возвышениях находится пара ноздрей. Форма глаз и расположение ноздрей позволяют лягушке видеть и дышать атмосферным воздухом, не выходя из воды. Позади глаз расположены округлые барабанные перепонки. Наличие *двух пар пятипалых конечностей* обеспечивает движение лягушки по твердой поверхности. Задние конечности мощнее и в 1,5-3 раза длиннее передних. Отталкиваясь ими, лягушка передвигается по суше прыжками, а в воде активно плавает, чему способствуют кожные перепонки между пальцами задних ног.

Тело лягушки покрыто *тонкой голой кожей*. Многочисленные *железы* обильно выделяют *слизь*, которая, испаряясь, понижает температуру тела земноводного на 5-8°C по сравнению с температурой окружающей среды. Кожа лягушки соединена с мускулатурой лишь в определенных участках. В пространствах между кожей и мускулатурой может запасаться много воды. В коже расположены пигментные клетки. Они придают ей зеленоватую окраску, делая животное незаметным в среде его обитания.

Наличие в скелете взрослых животных хряща объясняет его малую прочность и, как следствие, небольшие размеры земно водных. *Скелет* головы – *череп* – состоит из небольшого числа костей, подвижно сочленен с позвоночником. *Позвоночник* имеет четыре отдела: шейный (1 позвонок), туловищный (7 позвонков), крестцовый (1 позвонок), хвостовой (все позвонки слились в одну невидимую снаружи косточку, лежащую в области таза). Конечности устроены по принципу рычагов, подвижно соединенных суставами и приводимых в движение мышцами. В составе *передней пары конечностей* лягушки выделяют плечо, предплечье, кисть. *Задняя пара конечностей* состоит из костей бедра, голени и стопы. Кисть и стопа у большинства земноводных имеют по *пять пальцев*, на которые животное опирается при передвижении на

суше. Опорой для передних конечностей служит скелет *плечевого пояса* – парные лопатки, коракоиды (вороньи кости), ключицы и непарную грудину. Ключицы прикрепляются к грудине. *Ребер и грудной клетки нет*. Опорой задним конечностям служит *тазовый пояс* – две сросшиеся тазовые кости, присоединенные к крестцовому позвонку.

*Мышечная система* представлена пучками мышц в разных частях тела. При их участии осуществляется захват и заглатывание пищи, вентиляция легких, передвижение животного по суше и в воде и другие виды движений.

Лягушка *питается* подвижными животными: червями, слизнями, насекомыми, пауками. Своих жертв она захватывает подвижным длинным и липким языком. Он прикреплен к передней части дна ротовой полости и способен быстро выбрасываться вперед, прилипая к добыче.

Характерными особенностями пищеварительной системы являются наличие желудка и *клоаки* – расширенной концевой части заднего отдела кишечника. В ротоглоточную полость открываются протоки *слюнных желез*, смачивающие своим секретом пищу, стенки полости и язык. Пищеварительные соки желудка, поджелудочной железы, тонкого отдела кишечника и желчь, вырабатываемая печенью, способствуют быстрому перевариванию животной пищи.

*Органами дыхания* у взрослых лягушек являются *легкие* (парные полые тонкостенные мешки со слабо *ячеистой* внутренней поверхностью, пронизанной сетью кровеносных капилляров) и *кожа*, а у личинок – *кожа и жабры*. Поступление атмосферного воздуха в ротоглоточную полость происходит через ноздри во время опускания дна полости. Затем ноздри закрываются клапанами, дно ротоглоточной полости поднимается, ее объем уменьшается, и воздух проталкивается в легкие. Из легких воздух удаляется за счет сокращения мышц брюшной стенки. Дыхательная поверхность легких лягушки небольшая. Поэтому дополнительно газообмен происходит через влажную, покрытую слизью поверхность кожи. Кожное дыхание особенно важно при длительном пребывании животного в воде. Из-за ороговевшей кожи и частично наземного образа жизни дыхательная поверхность легких у жаб увеличилась.

*Сердце* состоит из *трех камер*: двух предсердий (левого и правого), разделенных продольной перегородкой, и одного желудочка. *Два круга кровообращения* – большой (туловищный) и малый (легочный). *Малый круг кровообращения* начинается в желудочке сердца, включает сосуды легких, где кровь насыщается кислородом, и завершается в левом предсердии. *Большой круг* начинается в желудочке, из которого кровь, пройдя по сосудам туловища, отдает кислород, насыщается углекислым газом, становится венозной и возвращается в правое предсердие. В правое предсердие попадает также и артериальная кровь, оттекающая от кожи и обогащенная кислородом. Это дает земноводным возможность полностью переходить на кожное дыхание при длительном пребывании под водой. В левое предсердие попадает артериальная

кровь из легких, в правое – смешанная: венозная кровь от всех остальных органов и артериальная кровь кожной вены.

Земноводные – малоактивные животные, это связано со снабжением органов и тканей их тела смешанной кровью, а также с постоянными потерями тепла через голую влажную кожу. Температура тела непостоянная и зависит от температуры окружающей среды – холоднокровные животные.

*Органы выделения* – парные туловищные почки. Образовавшаяся в них моча по мочеточникам поступает в клоаку, из нее – в мочевой пузырь, где моча накапливается, и выводится через клоаку наружу. В клоаке и в мочевом пузыре происходит концентрирование мочи. Благодаря этому у земноводных при пребывании на суше снижаются потери воды.

*Передний мозг* имеет большой размер и разделен на *два полушария*. В этот отдел поступает информация от органов обоняния, зрения и слуха, а также кожи и мышц, что способствует формированию более сложных форм поведения. *Мозжечок* развит слабо, что связано с малой подвижностью земноводных.

*Глаза* защищены от высыхания подвижными верхними и нижними веками. Имеется *третье веко* – мигательная перепонка, при помощи которой постоянно увлажняется поверхность глаза. *Роговица* глаза *выпуклая*, *хрусталик* имеет форму *двояковыпуклой* линзы, что позволяет земноводным видеть предметы на более далеком расстоянии; они видят только движущиеся объекты.

*Орган слуха* существенно усложнился в связи со слабой звукопроводимостью воздуха по сравнению с водой. Среднее ухо отделено от наружной среды барабанной перепонкой. В полости среднего уха находится крохотная палочковидная косточка – *стремечко*.

У самцов многих видов лягушек около заднего края рта расположены *резонаторы*, или голосовые мешки, которые при кваканьи надуваются наподобие пузырей, усиливая звуки, привлекающие самок во время нереста.

*Ноздри* лягушки ведут в удлиненный канал, выстланный чувствительным эпителием и заканчивающийся внутренней ноздрей – *хоаной*, которая открывается в ротовую полость. Атмосферный воздух поступает по сквозному носовому проходу в ротоглоточную полость, из нее – в легочные мешки.

Земноводные – *раздельнополые* животные. Парные семенники и яичники; созревшие сперматозоиды и яйцеклетки (икринки) выводятся в воду через клоаку. *Оплодотворение* – *наружное*, в воде. Во время нереста самка выметывает икру в воду, а самец поливает ее струйкой семенной жидкости. Из икринок выходят личинки, похожие на рыб: туловище вытянуто, есть хвост, с плавательной кожистой перепонкой, большая голова, есть жабры, орган боковой линии, двухкамерное сердце, один круг кровообращения, питаются растительной пищей, соскабливая ее роговыми зубчиками челюстей – *головастики*. По мере роста у головастика появляются сначала задние, а потом и передние ноги, сердце преобразовывается в трехкамерное, развиваются легкие и малый круг кровообращения. Развитие с метаморфозом.

Произошли Земноводные от древних земноводных – стегоцефалов, предками которых были пресноводные кистеперые рыбы.

*Отряд Бесхвостые:*

*Лягушка-голиаф, чесночница, озерная, прудовая, остромордая, травяная, квакша, травяная, краснобрюхая жерлянка; серая, зеленая, камышовая жаба* (занесена в Красную книгу РФ).

Животные с крупной широкой головой и коротким, без шеи и хвоста, туловищем.

*Отряд Хвостатые:*

*Гигантская саламандра, обыкновенный, гребенчатый тритон* (занесен в Красную книгу РФ).

Рыбообразная форма тела. Небольшая голова, удлиненное туловище, переходящее в длинный хвост. Конечности развиты слабо, в воде хорошо плавают, змееобразно изгибая тело.

Для человека земноводные полезны тем, что уничтожают вредных беспозвоночных, наносящих ущерб сельскохозяйственным культурам (слизней, насекомых и их личинок) и здоровью человека (комаров).

*Основные особенности земноводных:* 1) живут в двух средах – водной и наземной; 2) пятипалые конечности обеспечивают опору и передвижение на суше; 3) скелет слабый из-за наличия в нем хряща, размеры тела небольшие; в позвоночнике четыре отдела: шейный, туловищный, крестцовый, хвостовой; 4) питаются подвижной добычей (животными), которую схватывают языком или челюстями; 5) на суше взрослые особи дышат легкими и кожей, погруженные в воду – только кожей; личинки – кожей и жабрами; 6) два круга кровообращения, сердце трехкамерное; 7) органы выделения – парные туловищные почки; 8) холоднокровные животные – температура тела зависит от температуры окружающей среды; 9) передний мозг разделен на два полушария; 10) кроме внутреннего, развилось среднее ухо со стремечком (для улавливания и усиления колебаний в воздушной среде); 11) оплодотворение наружное; развитие с водной личиночной стадией.

### **1.8.13. Класс Пресмыкающиеся.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Класс Пресмыкающиеся. Ящерица прыткая. Многообразие пресмыкающихся. Отряды: Чешуйчатые, Крокодилы, Черепахи.

*Термолокатор* – орган тепловой чувствительности.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Внешне ящерица напоминает хвостатых земноводных. Заостренная голова соединена с туловищем короткой толстой шеей. Глаза, как и у всех наземных позвоночных, защищены подвижными веками и мигательной перепонкой. Перед глазами расположена пара ноздрей, позади глаз – пара округлых барабанных перепонок. Раздвоенный на конце язык – *орган осязания и вкуса*. По бокам тела расположены передние и задние конечности. На каждой ноге по пять пальцев, заканчивающихся маленькими коготками.

*Кожа* сухая, лишенная желез, покрыта сплошным роговым покровом в виде чешуй и щитков. Роговой покров защищает тело от механических повреждений, препятствует потере влаги. Ороговевшая кожа мешает росту пресмыкающихся, поэтому они время от времени сбрасывают ее – линяют.

*Скелет* пресмыкающихся состоит из прочной костной ткани, хрящ сохранился лишь в суставах. Позвоночник включает пять отделов: шейный, грудной, поясничный, крестцовый, хвостовой. Наличие в шейном отделе 8-10 позвонков повысило подвижность головы. К позвонкам грудного и поясничного отделов прикреплены длинные ребра, причем часть из них соединена с грудиной – *грудная клетка*. Передние и задние конечности, крепящиеся к плечевому поясу и тазу, располагаются по бокам тела, туловище провисает и касается земли.

*Мышечная система* разделена на отдельные группы мышц. Развились жевательные, шейные, межреберные, подкожные мышцы.

Большинство пресмыкающихся – хищники. Ящерица захватывает пищу челюстями, имеющими многочисленные *острые зубы*. Зубами пища не пережевывается, а удерживается. Большинство пресмыкающихся глотают добычу целиком. У многих змей рот раскрывается очень широко благодаря тому, что кости лицевой части черепа соединены эластичными, сильно растяжимыми связками, что дает им возможность заглатывать очень объемную добычу. Выделения *слюнных желез* ящериц смачивают пищу, облегчая ее заглатывание. У ядовитых змей слюнные железы преобразовались в ядовитые, секрет которых стекает по каналу ядовитых зубов, вонзающихся в жертву. *Мускулистый язык* способен далеко выдвигаться изо рта. У ящериц и змей он на конце раздвоен и используется как орган осязания. У хамелеонов длинный, расширенный на конце язык молниеносно выбрасывается изо рта почти на длину туловища и служит для ловли насекомых. Стенки *пищевода* у ящерицы имеют мощную мускулатуру, проталкивающую большие порции пищи в желудок. На границе тонкого и толстого кишечника у растительноядных пресмыкающихся отходит *слепая кишка*.

Орган дыхания – *легкие* (рис. 149). Ороговевшая сухая кожа в газообмене не участвует. Легкие имеют *ячеистое строение*, что увеличивает поверхность газообмена. Через носовые ходы, гортань, далее по трахее и бронхам атмосферный воздух поступает в легкие, по пути согреваясь и увлажняясь. Развитие длинных *воздухопроводящих путей (трахеи и бронхов)* дало возможность пресмыкающимся дышать сухим воздухом, не иссушая при этом легкие. Вентиляция в легких происходит за счет изменения объема грудной клетки: при ее расширении богатый кислородом воздух поступает в легкие и происходит вдох, при уменьшении объема грудной клетки из легких удаляется воздух, обогащенный углекислым газом, и происходит выдох.

*Сердце трехкамерное*: два предсердия и желудочек. В желудочке есть неполная продольная перегородка, которая частично препятствует смешиванию артериальной и венозной крови. От разных участков желудочка отходят три сосуда: *от правой части – легочный ствол*, несущий венозную кровь в легкие;

*левой части – правая дуга аорты*, от которой сосуды несут артериальную кровь к голове и передним конечностям; от *середины* желудочка – *левая дуга аорты* со смешанной кровью. Обогнув сердце, две дуги аорты сливаются в *спинную аорту*, которая несет смешанную кровь с преобладанием артериальной ко всем внутренним органам, мускулатуре туловища и задним конечностям. У *крокодилов* в желудочке перегородка сплошная, но из-за наличия в ней отверстия, а также двух дуг аорты органы и ткани снабжаются смешанной кровью.

*Органы выделения – тазовые почки*. Моча из почек по мочеточникам в клоаку, из нее – в мочевой пузырь. Там она концентрируется, а затем выводится наружу из клоаки.

В *головном мозге* развиты полушария переднего мозга. В мозговом слое полушарий появились *зачатки коры*, благодаря чему формы поведения пресмыкающихся стали более сложными. Хорошо развит мозжечок.

*Глаза* защищены подвижными веками и мигательной перепонкой. У змей веки срастаются, образуя прозрачную роговую оболочку. У хамелеонов каждый глаз двигается независимо от другого. Большинство видов обладают цветовым зрением. *Аккомодация* двойная, происходит за счет изменения кривизны хрусталика и расстояния между хрусталиком и сетчаткой. *Орган слуха* имеет большие размеры внутреннего уха. Некоторые змеи способны шипеть, хрипеть, стучать хвостовыми погребушками (гремучая змея). Крокодилы издают громкие ревущие звуки в период размножения и при охране своей территории. *Обоняние* острое. Орган тепловой чувствительности (*термолокатор*) хорошо развит у змей; находится на лицевой ямке между глазом и ноздрей с каждой стороны головы; помогает змеям в ночное время охотиться на теплокровных животных.

*Оплодотворение внутреннее*. Яйца содержат запас питательных веществ – желток, жидкий белковый слой яйца является источником воды для зародыша. Зародыш развивается в водной оболочке. Снаружи яйцо покрыто защитной оболочкой. У ящериц и змей она кожистая, у крокодилов и черепах – твердая, скорлуповая.

Предками пресмыкающихся были древние земноводные – стегоцефалы.

*Отряд чешуйчатые:*

Ящерицы – серый варан, геккон, веретеница – безногая ящерица, хамелеон.

Змеи – кобра, гюрза, гадюка (ядовитые); эфа (убивают жертву, вводя яд, затем заглатывают); удавы (тигровый питон, анаконда) предварительно душат добычу; уж; медянка (занесена в Красную книгу РФ).

У змей длинное цилиндрическое тело не имеет конечностей; веки глаз срослись и прозрачны; из-за отсутствия грудины все ребра свободны и упираются в брюшные роговые щитки.

*Отряд Крокодилы:*

*Аллигатор, крокодил, гавиал, кайман.*

*Ноздри и глаза сильно выступают* над поверхностью головы, что позволяет погруженному в воду животному дышать воздухом и наблюдать за окружающим. Тело покрыто роговыми щитками.

*Отряд Черепахи:*

*Зеленая (суповая) черепаха, болотная черепаха* (занесена в Красную книгу РБ).

Прочный костный панцирь, в который могут прятаться голова и конечности, сверху покрыт роговыми пластинами или мягкой кожей. Позвонки, кроме шейного и хвостового отделов, так же как и ребра, сращены со спинным щитом панциря. На челюстях имеются острые роговые края.

*Роль пресмыкающихся* в природе выражается в их участии в пищевых цепях: они поедают разнообразных животных, и сами являются пищевыми объектами для крупных хищных птиц и млекопитающих; человек использует яд змей для изготовления лекарственных препаратов; кожа является ценным сырьем для изготовления галантерейных изделий.

*Основные особенности пресмыкающихся:* 1) первые настоящие наземные хордовые животные; 2) кожа сухая, лишенная желез, с роговым покровом; 3) скелет полностью окостеневший, прочный; 4) в позвоночнике пять отделов, появляется грудная клетка; 5) дыхание легочное, развиты воздухоносные пути – трахея, бронхи; 6) сердце трехкамерное с неполной перегородкой в желудочке; 7) температура тела непостоянная; 8) органы выделения – тазовые почки; 9) хорошо развиты передний мозг (появились зачатки коры) и мозжечок; поведение сложное; 10) оплодотворение внутреннее; размножаются на суше, откладывая яйца, в которых зародыш развивается в водной оболочке; 11) развитие прямое; для некоторых характерно яйцеживорождение.

#### **1.8.14. Класс Птицы.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Класс Птицы. Сизый голубь. Экологические группы птиц: птицы лесов и открытых пространств; водоплавающие и околоводные птицы; птицы культурных ландшафтов; хищные птицы.

*Киль* – вырост грудины.

*Вилочка* – сросшиеся ключицы.

*Цевка* – сросшиеся кости стопы.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Птицы – высокоорганизованные теплокровные позвоночные животные, приспособленные к полету.

*Туловище* у голубя компактное, обтекаемое, яйцевидной формы. *Голова* небольшая, челюсти вытянуты в клюв и покрыты роговым чехлом. В клюве различают верхнюю часть – *надклювье* и нижнюю – *подклювье*. У основания надклювья открываются ноздри. У голубя они прикрыты мягкой, белой вздутой кожей – *восковицей*, выполняющей осязательную функцию. По бокам головы располагаются большие глаза, снабженные, верхним и нижним веками и мигательной перепонкой. За глазами находятся ушные отверстия. Голова расположена на длинной и подвижной шее. Передние конечности

преобразовались в крылья, обеспечивающие полет; задние конечности – ноги – служат для передвижения. Нижняя часть ног – *цевка* и пальцы покрыты роговыми чешуями. Хвост небольшой, на нем веером расположены перья, выполняющие функцию руля.

*Кожа* у птиц тонкая и сухая. Единственная железа – *копчиковая* – расположена у основания хвоста. Кожа покрыта роговыми образованиями – *перьями*. Основной тип пера – *контурное*, состоит из прочного, упругого, полого внутри стержня с отходящими от него в одной плоскости многочисленными тонкими и узкими роговыми пластинками – *бородками*. От каждой из них с двух сторон отходят более тонкие бородочки, которые имеют крючочки, сцепляющие соседние бородочки друг с другом, образуя широкую легкую пластинку – *опахало*. Часть стержня, не имеющая опахала, называется *очином*, закрепляет перо в углублении кожи. *Контурные маховые перья* образуют крыло птицы, контурные покровные, черепицеобразно налегая друг на друга, формируют обтекаемую поверхность тела. Под ними лежат пуховые перья, рыхлые, без бородочек.

*Кости скелета* тонкие, прочные и одновременно легкие из-за наличия в трубчатых костях воздухоносных полостей. *Череп* имеет большой мозговой отдел, в котором с двух сторон расположены огромные округлые впячивания – *глазницы*. Вытянутые вперед верхние и нижние челюсти образуют клюв. Все *кости черепа срастаются*, не оставляя швов. В результате формируется прочный и легкий череп обтекаемой формы. *Позвоночник* состоит из пяти отделов: шейный (9-25 позвонков); сросшиеся между собой грудные позвонки к ним прикреплены ребра, состоящие из двух подвижных частей, снизу ребра подвижно соединяются с грудиной, которая впереди имеет высокий продольный вырост – *грудной киль*, служащий местом прикрепления мощных летательных мышц (нелетающих, бегающих птиц – страусы, киль отсутствует); позвонки поясничного, крестцового и части хвостового отделов сращены друг с другом, образуют сложный крестец, который вместе с костями таза дает прочную опору задним конечностям. *Пояс передних конечностей* – плечевой – образован тремя парными костями: саблевидными лопатками, коракоидами и ключицами, сращенными между собой в виде *вилочки*. *Пояс задних конечностей* образован парными тазовыми костями, которые в спинной части срастаются со сложным крестцом, в нижней остаются свободными, не сросшимися – *открытый таз* (позволяет птице откладывать яйца крупных размеров). *Скелет передней конечности* преобразовался в крыло; содержит отделы: плечо, предплечье (состоит из локтевой и лучевой костей) и кисть, имеющую только три недоразвитых пальца. *Скелет задней конечности* состоит из бедра, голени, цевки и пальцев; *цевка* образована сросшимися костями стопы. На ногах по четыре пальца, три из них направлены вперед, один – назад; на конце каждого пальца имеется роговой коготь.

*Мышцы* хорошо развиты и многочисленны. Самыми крупными являются большие грудные мышцы, сокращения этих мышц опускают крылья; подъем

крыльев осуществляют подключичные мышцы; сильно развиты мышцы шеи, ног, подкожная мускулатура, поднимающая и опускающая перья.

Птицы совершают разнообразные *виды движений* – могут ходить (голуби, трясогузки, грачи, вороны), прыгать (воробьи), бегать со скоростью более 50 км/ч (страусы), лазать вертикально по стволам деревьев (поползни, пищухи).

Типичная форма движения птиц – полет. Различают *машущий* (для мелких птиц, колибри) и *парящий* (альбатрос, аист, грифы, пеликаны, цапля).

Голубь захватывает пищу клювом. Выделения *слюнных желез* смачивают поступившую пищу и облегчают ее заглатывание. За ротовой полостью следуют глотка, пищевод, желудок и кишечник. Хорошо развиты пищеварительные железы – печень и поджелудочная железа. Завершается пищеварительный тракт клоакой. У голубей, попугаев, куриных птиц пищевод в нижней части расширен и образует *зоб*, в котором корм (семена, плоды) накапливается и размягчается под действием жидких выделений стенок зоба. *Желудок* состоит из *двух отделов* – железистого и мускульного. Стенки железистого отдела сравнительно тонкие и содержат многочисленные железы, выделяющие в полость желудка пищеварительные соки. Мускульный отдел имеет толстые мышечные стенки. Его внутренняя поверхность складчатая и покрыта прочной рогоподобной оболочкой – кутикулой. Дополнительное измельчение пищи у зерноядных птиц происходит в желудке благодаря заглатываемым камешкам и песчинкам. Окончательное переваривание пищи, всасывание растворенных питательных веществ, происходит в тонком отделе кишечника. Задний отдел кишечника короткий, непереваренные остатки удаляются наружу через клоаку. Частое опорожнение кишечника облегчает тело птицы.

Соколы, орлы питаются крупными животными; синицы, ласточки, дятлы добывают разнообразных мелких беспозвоночных; питаются в основном вегетативными частями растений – гуси; семенами – клесты; всеядные – вороны, галки, грачи.

*Легкие* птиц малы, компактны и напоминают губку; имеют тонкостенные эластичные выросты – воздушные мешки, которые располагаются между внутренними органами, их ответвления проходят между мышцами, под кожей и даже в трубчатых костях. Вдох и выдох у нелетающей птицы происходят за счет изменения объема грудной клетки. В полете этот механизм дыхания невозможен из-за работы грудных мышц. Вентиляция в легких осуществляется с участием воздушных мешков. При подъеме крыльев мешки растягиваются, и воздух через дыхательные пути поступает в легкие, где происходит газообмен, большая часть свежего воздуха проходит в полости воздушных мешков. При опускании крыльев воздушные мешки сжимаются, и богатый кислородом воздух из них поступает в легкие, где вновь происходит газообмен. Обмен газами в легких у птиц на вдохе и выдохе получил название *двойного дыхания*. Его значение чрезвычайно велико: чем чаще птица машет крыльями, тем активнее она дышит. Кроме того, воздушные мешки облегчают тело птицы и предохраняют его от перегрева во время быстрого полета.

*Органы выделения* – тазовые почки. Отсутствует мочевой пузырь, что облегчает массу тела птицы. Моча вместе с непереваренными остатками пищи частыми порциями удаляется наружу через клоаку.

*Сердце* четырехкамерное: два предсердия и два желудочка. Левая половина сердца заполняется чистой артериальной кровью, поступающей в левое предсердие из легких. Артериальная кровь из левого желудочка по правой дуге аорты поступает ко всем тканям и органам тела. Отдав кислород, насыщенная углекислым газом венозная кровь вливается в правое предсердие, из него в правый желудочек, от него отходит легочный ствол, который разветвляется на две артерии, несущие в легкие венозную кровь. Обогатившись кислородом, артериальная кровь от легких по легочным венам оттекает в левое предсердие. Артериальный (большой круг кровообращения) и венозный (малый круг кровообращения) потоки крови разобщены. Частые сокращения сердца способствуют быстрому продвижению крови по сосудам, обеспечивая интенсивный газообмен в тканях. Все птицы – теплокровные животные с постоянной температурой тела.

*Головной мозг* птиц крупных размеров. Наиболее развитыми его отделами являются большие полушария переднего мозга и мозжечок. Передний мозг обеспечивает сложное поведение птиц, а мозжечок координирует все виды движений и полет.

Птицы обладают острым *зрением*. Глаза у них крупные, особенно у ночных и сумеречных видов. У большинства птиц глаза располагаются по бокам головы. Аккомодация двойная благодаря изменению кривизны хрусталика и его перемещению относительно сетчатки. Все птицы обладают цветовым зрением. *Орган слуха* состоит из внутреннего и среднего уха. У птиц развит элемент наружного уха – *наружный слуховой проход*. У некоторых ночных видов он оторочен кожистой складкой, усиливающей остроту слуха (ушастая сова, филин). *Обоняние* развито слабо. Поведение птиц отличается большим разнообразием и сложностью. Оно проявляется в выборе мест для постройки гнезд, поиске подходящего материала для строительства, насиживании яиц, выкармливании птенцов и защите их от врагов. Все эти действия *инстинктивны*. Однако птицы легко приобретают и *условные рефлексы*.

Хорошо развито голосовое общение – *пение*.

Птицы отлично ориентируются в пространстве. Сочетание безусловных (врожденных) и условных (приобретенных) рефлексов помогает птицам приспосабливаться к меняющимся условиям среды обитания.

В полости тела самцов птиц имеются *парные бобовидные семенники*, протоки которых открываются в клоаку. У самок развит *только левый яичник* и отходящий от него яйцевод, который также открывается в клоаку. Яйцеклетки развиваются в яичнике, в них в виде желтка накапливаются питательные вещества. По мере созревания яйцеклетки продвигаются в яйцевод, где и происходит оплодотворение. Стенки яйцевода богаты железами, которые выделяют вещества, формирующие белок и оболочки яйца.

В центре яйца находится *желток*, окруженный тонкой желточной оболочкой. На поверхности желтка оплодотворенного яйца имеется зародышевый диск, из которого формируется зародыш птицы. Желток подвешен на двух плотных *белковых канатиках*, позволяющих желтку вращаться и всегда принимать положение *зародышевым диском* кверху, т. е. диском к теплomu телу насиживающей птицы. Желток погружен в прозрачную вязкую жидкость – *белок*, который защищает развивающийся зародыш от механических повреждений и служит для него источником воды. Белок окружен двуслойной кожистой оболочкой. В отложенном яйце из-за потерь влаги эти слои расходятся, и на его тупом конце образуется воздушная камера. Прочная наружная известковая оболочка – *скорлупа* выполняет защитную функцию. Она пронизана порами, через которые происходит газообмен между развивающимся зародышем и атмосферным воздухом. Снаружи скорлупа свежееотложенного яйца покрыта тонким матовым слоем – *надскорлуповой оболочкой*. Она защищает яйцо от проникновения в него бактерий. Яйца у разных видов птиц различны по форме, величине и окраске.

*Типы развития птенцов*: у тетерева, кур, утки, гусей, страусов, журавлей, лебедей птенцы вылупливаются из яиц покрытые пухом, с открытыми глазами, способные самостоятельно передвигаться и следовать за взрослыми птицами – *выводковые*; птенцы выходят из яйца беспомощными, слепыми, голыми или слабо опушенными, в гнезде остаются долго, нуждаются в выкармливании, обогреве и защите – *птенцовые* или *гнездовые*.

Птицы устраивают *гнезда* на земле (жаворонок); в дуплах (дятел); земляных норах (береговая ласточка); певчие птицы размещают гнезда среди листвы на ветвях деревьев и кустарников, из сухих ветвей и сучьев (аисты, грачи); тростника (цапли); растительных волокон и пуха (синица ремез); на мокрой земле и иле (ласточки).

*Оседлые* птицы живут постоянно в одной и той же местности (сойки, синицы). *Кочующие* птицы мигрируют на относительно небольшие расстояния (свиристель, клест, полярная белая сова). *Перелетные* птицы прилетают ежегодно весной для выведения птенцов и улетают в конце лета или осенью (аисты, гуси, соловьи, ласточки, кукушки). Непосредственными причинами перелетов (миграций) птиц являются сокращение продолжительности светового дня, понижение температуры, ухудшение условий добывания пищи.

*Археоптерикс*: в его строении сочетались признаки, характерные для пресмыкающихся и птиц; как и птицы, он имел перьевой покров, крылья, сросшиеся в вилочку ключицы, саблевидные лопатки; с пресмыкающимися его сближали длинный хвост, наличие зубов, три свободных пальца с когтями на крыльях, не сросшиеся туловищные позвонки и отсутствие полости в трубчатых костях конечностей.

*Птицы леса*:

*Отряд Дятлообразные*: *Зеленый дятел* (занесен в Красную книгу РФ).

Дятлы удерживаются на стволах деревьев благодаря пальцам с острыми когтями, два из которых направлены вперед, а два – назад.

*Отряд Курообразные: тетерева, глухари.*

У самцов тетеревов и глухарей происходят турнирные бои – токование, после которого победители приступают к размножению.

*Болотные, водоплавающие и околотовные птицы:*

Плавать и нырять им помогают плавательные перепонки между пальцами ног. Оперение у них плотное. Хорошо смазанные жировыми выделениями копчиковой железы перья образуют водонепроницаемый поверхностный слой, защищающий их от намокания.

*Отряд Гусеобразные: гуси, утки, лебеди, утка кряква.*

*Отряд Пингвины: императорский.*

Большую часть года они живут в открытом море, питаются рыбой, моллюсками и ракообразными; на берег выходят лишь в период размножения; плотное, не смачиваемое оперение и маленькие крылья, превращенные в ласты; грудной киль хорошо развит, к нему крепятся мощные мышцы, приводящие в действие ласты; короткие ноги с перепонками между пальцами при плавании вытягиваются назад и служат рулем; единственное яйцо вынашивает самец на перепонках ног, прикрыв его складкой кожи.

*Отряд Аистообразные: серая цапля, белый аист, большая белая цапля и черный аист (занесены в Красную книгу РБ).*

Медленно ходят по мелководью на длинных ногах и вылавливают водных животных тонким и длинным, как пинцет, клювом.

*Птицы открытых местообитаний:*

Острое зрение.

*Отряд Страусообразные: африканский страус, американский страус – нанду).*

Крупные птицы, не способные к полету; грудной киль отсутствует; перья пышные, так как бородки не сцеплены между собой из-за отсутствия крючочков; сильно развитые ноги имеют только два (африканские страусы) или три пальца (американские страусы), что связано с быстрым бегом.

*Отряд Журавлеобразные: дрофа, серый журавль (занесен в Красную книгу РБ).*

*Хищные птицы:*

*Отряд Хищные: ястреб, тетеревиатник, перепелятник, канюк, болотный лунь; в Красную книгу РБ занесены: скопа, змеяяд, орел-карлик, большой подорлик, беркут.*

Острое зрение, короткий, но сильный клюв с загнутым книзу острым надклювьем; пальцы заканчиваются крупными изогнутыми когтями; мускулатура груди и ног мощная; полет маневренный; одни виды поедают мертвых животных (стервятники, грифы), другие ловят живую добычу (соколы – пустельга, орлы – беркут, степной орел, ястребы – черный коршун); одни охотятся днем, другие – ночью (совы, филины, сычи); к дневным хищникам принадлежат соколы, орлы, ястребы; ночные хищники имеют большие, направленные вперед глаза, чуткий слух, бесшумный полет за счет развития мягкого пушистого оперения (болотная сова).

*Птицы культурных ландшафтов (парков и садов), города:*

*Отряда Воробьинообразные:* синицы, ласточки, скворцы, дрозды, воробьи, дуплогнездник, голубь, серая ворона, грач, галка, сорока, полевой и домовый воробьи, свиристели, галки, стрижи, домовые сычи.

*Значение птиц в природе, для человека:*

Регулируют численность насекомых и мелких грызунов – основных пищевых объектов птиц; служат пищей для других животных; способствуют расселению растений: склевывая сочные плоды рябины, брусники, черемухи, черники; перелетая с места на место, и вместе с пометом разносят семена; колибри, нектарницы питаются цветочным нектаром, одновременно опыляют цветки растений.

Истребляя огромное количество насекомых-вредителей, насекомоядные птицы создают благоприятные условия для роста культурных и ценных дикорастущих растений – биологический способ борьбы с вредителями; хищные птицы истребляют мелких грызунов – вредителей полевых культур и распространителей возбудителей инфекционных заболеваний человека и животных (чумы, холеры); являются объектами спортивной или промысловой охоты (рябчик, тетерев, глухарь, куропатка, перепел, фазан, гуси, утки, различные кулики (бекас, вальдшнеп); помет морских водоплавающих птиц (бакланы) используется в качестве ценного удобрения; пух и перо используют при изготовлении подушек, перин, пошиве зимней одежды; эстетическая роль – звонкими мелодичными песнями они украшают и оживляют леса и парки, луга и берега водоемов.

*Разведение птиц* – одно из наиболее выгодных направлений животноводства. Птицы эффективнее других домашних животных перерабатывают пищу и быстро растут; дают высококачественное мясо, отличающееся хорошим вкусом и высокой питательностью; куриные яйца – высокой пищевой ценности продукт, служит источником многих витаминов, используются для приготовления разнообразных блюд, лечебных препаратов.

*Основные особенности птиц:* 1) высокоорганизованные теплокровные хордовые животные, приспособленные к полету; 2) тело обтекаемой формы, покрытое перьями, кожа тонкая, сухая; 3) скелет прочный, кости легкие; трубчатые кости с воздухоносными полостями; 4) передние конечности преобразованы в крылья; 5) челюсти вытянуты в клюв, зубов нет; 6) пищеварительная система обеспечивает быстрое переваривание пищи и усвоение питательных веществ; 7) сердце четырехкамерное, все органы и ткани снабжаются артериальной кровью; теплокровные животные; 8) дыхание легочное, во время полета двойное: газообмен и на вдохе, и на выдохе; 9) органы выделения – тазовые почки, мочевой пузырь отсутствует; 10) хорошо развиты большие полушария переднего мозга и мозжечок, поведение сложное; 11) оплодотворение внутреннее, у самок развит только левый яичник, откладывают богатые желтком яйца, большинство насиживают их в гнезде.

### **1.8.15. Класс Млекопитающие.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Класс Млекопитающие. Собака домашняя. Многообразие млекопитающих. Яйцекладущие и живородящие. Отряды: Сумчатые, Насекомоядные, Рукокрылые, Грызуны, Хищные, Парнокопытные, Непарнокопытные, Ластоногие, Китообразные, Приматы.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Млекопитающие – наиболее высокоорганизованный класс позвоночных животных.

*Тело* собаки подразделяется на голову, шею, туловище, парные конечности и хвост. Туловище приподнято над землей благодаря расположению передних и задних конечностей под туловищем.

Голова собаки относительно велика и подвижна благодаря гибкой и хорошо выраженной шее. Рот имеет верхнюю и нижнюю губы. Над ртом находится вытянутый нос с парой ноздрей. Глаза защищены верхними и нижними веками с ресницами; мигательная перепонка недоразвита. На голове имеются подвижные парные ушные раковины.

*Кожа* собаки толстая, прочная, эластичная. Состоит из трех слоев: наружный слой – эпидермис – многослойный. В глубине живые клетки активно делятся, верхние ороговевают и непрерывно слущиваются. *Эпидермис* может достигать большой толщины в местах, испытывающих постоянное трение при хождении, например на подошвах стоп, седалищных мозолях обезьян. *Средний слой* – собственно кожа – пронизан кровеносными сосудами и нервными окончаниями; в нем располагаются сальные и потовые железы, корни волос и чувствительные клетки, воспринимающие давление, боль, тепло, холод. *Внутренний слой* – подкожная жировая клетчатка; в ней находятся запасы жира, которые многие млекопитающие (сурки, суслики, медведи, барсуки и др.) используют в период спячки как источник энергии.

За счет *эпидермиса* кожи у млекопитающих развиваются разнообразные роговые образования: *волосы, ногти, когти, копыта, полые рога, чешуи. Рога оленей, лосей* являются *костными образованиями. Волосяной покров* – характерная особенность млекопитающих. У собаки различают толстые и длинные волосы – *остевые*, которые образуют верхний ярус волосяного покрова, под которым, в нижнем ярусе, лежат тонкие, нитевидные пуховые волосы – *подпушь*, или *подшерсток*. В подшерстке задерживается воздух, который сохраняет тепло тела. У некоторых млекопитающих (кабаны, олени) летний мех состоит только из одних остевых волос, а у кротов – только из пуховых. Покров водных млекопитающих образован обоими видами волос. *Иглы* ежей, дикобразов – видоизмененные остевые волосы. На голове зверей развивается небольшое количество очень длинных щетинковидных волос – *вибриссы*, выполняющих функцию осязания.

Часть волос постепенно выпадает, заменяясь новыми – *линька*. У животных умеренных широт волосяной покров полностью меняется дважды в год, весной и осенью. У некоторых видов (например, зайцев, белок) одновременно меняется густота и окраска шерсти.

В коже большинства зверей расположены сальные, потовые, млечные и пахучие железы. Протоки *сальных желез* открываются в волосяные сЭУМКи, смазывая отрастающий волос и делая его эластичным и ненамокающим. Протоки *потовых желез* открываются на поверхности кожи, испаряясь, пот охлаждает ее. *Млечные железы* являются видоизмененными потовыми железами. Они развиваются у всех без исключения самок млекопитающих, вырабатываемым ими молоком вскармливаются детеныши. *Пахучие железы* представляют собой видоизмененные потовые или сальные железы; выделяют пахучие секреты, которыми животные метят свою территорию, узнают особей своего вида или особей другого пола. Секрет *анальных желез* американских скунсов с неприятным, едким запахом используется ими для самозащиты.

*Скелет* состоит из черепа, позвоночника, плечевого и тазового поясов и скелета передних и задних конечностей. Особенностью *черепа* является увеличение объема мозгового отдела и уменьшение в нем числа костей. В *шейном отделе* позвоночника всегда 7 позвонков. *Грудные позвонки* (обычно их 12-15) вместе с ребрами и грудиной образуют грудную клетку. В *поясничном отделе* 2-9 подвижно сочлененных между собой позвонков, туловище может сгибаться и разгибаться. Позвонки *крестцового отдела* сросшиеся, к ним прирастают тазовые кости. *Хвостовых позвонков* от 3 до 49, что и определяет длину хвоста. *Плечевой пояс* млекопитающих состоит из 2 парных костей – лопаток и ключиц. *Ключицы* развиты у большинства млекопитающих, но отсутствуют у волчьих (собаки) и копытных, ноги которых перемещаются только вдоль продольной оси тела. *Пояс задних конечностей* – таз – образован парными тазовыми костями. *Конечности* собаки пятипалые. Кости отличаются небольшой массой и высокой прочностью.

*Мускулатура* сильно дифференцирована. Хорошо развиты мышцы спины, конечностей и их поясов, нижней челюсти. Благодаря хорошо развитой подкожной мускулатуре может изменяться положение волосяного покрова, обеспечивается лицевая мимика, особенно у хищников и обезьян.

*Опорно-двигательная система* млекопитающих позволяет осуществлять разнообразные виды движений – ходьбу, бег, лазанье, прыжки, полет, плавание, что отражается на строении конечностей. У наиболее быстро бегающих животных число пальцев сокращено: у парнокопытных развиты два пальца (третий и четвертый), у непарнокопытных – один (третий). У животных, ведущих подземный образ жизни (кроты), увеличена и своеобразно устроена кисть. Животные, способные к полету (летучие мыши), имеют удлинненные фаланги пальцев и кожистые перепонки между ними.

*Полость тела* собаки разделена плоской мышечной перегородкой – *диафрагмой* – на грудную и брюшную части. В грудной полости расположены сердце, легкие, трахея, пищевод, а в брюшной – все остальные внутренние органы.

Собака – *хищник*. Пищу схватывает зубами, погруженными в лунки челюстных костей. Вкус пищи определяется вкусовыми *сосочками языка*. По форме и назначению зубы подразделяются на *резцы, клыки и коренные*. Зуб

образован костной тканью и покрыт прочной эмалью. Число и форма зубов у млекопитающих различны и зависят от способа добывания и вида пищи. У представителей отряда Хищные сильно развиты клыки, которыми они схватывают и убивают жертву, коренные зубы имеют бугры с режущими краями (*хищные зубы*). У грызунов больше развиты резцы, отсутствуют клыки, коренные зубы имеют плоскую жевательную поверхность с валиками из эмали. У большинства видов млекопитающих происходит смена молочных зубов на постоянные. *Ротовое отверстие* окружено мясистыми губами, что свойственно только млекопитающим, детеныши которых сосут *материнское* молоко. В ротовую полость открываются протоки слюнных желез. *Слюна* смачивает измельченную зубами пищу и частично ее переваривает. Через *глотку* и *пищевод* пищевая кашица поступает в *желудок*, в стенках которого расположены многочисленные железы, выделяющие пищеварительный сок. *Кишечник* подразделяется на тонкий и толстый отделы. В *тонком отделе* кишечника пища полностью расщепляется под действием пищеварительных соков кишечника, поджелудочной железы и печени. На границе тонкого и толстого отделов кишечника у животных, питающихся растительной пищей, развита слепая кишка – начальный участок *толстого отдела кишечника*, в полости которого имеются симбиотические бактерии, происходит переваривание клетчатки – стенок растительных клеток. Непереваренные остатки поступают в толстый отдел кишечника, где обезвоживаются и затем через анальное отверстие выводятся наружу.

В дыхательной системе развиты воздухоносные пути: носовая полость, носоглотка, гортань, трахея, бронхи. Все млекопитающие дышат легкими. Дыхательная поверхность млекопитающих образована многочисленными эпителиальными легочными пузырьками – *альвеолами*, оплетенными густой сетью кровеносных капилляров. Общая поверхность альвеол легких в 50-100 раз больше поверхности тела, что позволяет зверям быстро и эффективно осуществлять газообмен. *Вдох* и *выдох* происходят за счет сокращений и расслаблений межреберных мышц и диафрагмы, вызывающих увеличение или уменьшение объема грудной клетки.

С дыханием связано и *воспроизведение звуков*. В гортани млекопитающих имеются *голосовые связки*. Выдыхаемый из легких воздух вызывает их колебания, благодаря которым животные издаются звуки, свойственные каждому виду.

*Сердце* собаки состоит из четырех камер: двух предсердий и двух желудочков. Движение крови осуществляется по *двум кругам кровообращения*: большому и малому. Все органы и ткани снабжаются чистой артериальной кровью, что повышает интенсивность процессов жизнедеятельности. Образуется много тепла, которое сохраняется благодаря шерстному покрову и подкожной жировой клетчатке – *теплокровные животные*.

У млекопитающих развиты *парные тазовые почки*. Образовавшаяся в них моча по мочеточникам оттекает в мочевой пузырь, накапливается, по мочеиспускательному каналу выводится наружу.

*Нервная система* млекопитающих состоит из головного и спинного мозга и отходящих от них нервов. *Головной мозг* сильно развит, состоит из пяти отделов, велики размеры переднего мозга и мозжечка. Развитие переднего мозга произошло за счет разрастания коры больших полушарий, в которой образовались борозды, увеличивающие поверхность коры.

Условные рефлексы у млекопитающих вырабатываются быстрее. Роль условных рефлексов в жизни млекопитающих резко возросла по сравнению с врожденными рефлексами и инстинктивной формой поведения более низкоорганизованных животных. Звери быстро приспосабливаются к жизни в меняющихся условиях среды, что повышает их выживаемость.

*Органы чувств* у млекопитающих хорошо развиты, особенно зрение и обоняние. Наибольшая острота зрения свойственна животным открытых пространств (антилопы), наименьшая – животным с подземным образом жизни (кроты). *Цветовое зрение* характерно не для всех млекопитающих. Лучше всего оно развито у приматов. Большинство млекопитающих имеет тонкое обоняние, благодаря которому они по запаху отыскивают особей своего вида, находят пищу, распознают на расстоянии врага или жертву. *Слух* у млекопитающих очень тонкий за счет развития *подвижной ушной раковины*, собирающей звуковые колебания, а также наличия в среднем ухе трех слуховых косточек (*молоточка, наковальни и стремечка*), усиливающих звуковые колебания.

*Органы размножения* самок представлены *парными яичниками*, лежащими в полости тела. Из них мелкие яйцеклетки поступают в яйцеводы. Левый и правый яйцеводы открываются в полость мускулистого мешковидного органа – *матку*. *Оплодотворение* происходит в яйцеводе. На пути из яйцевода в матку из оплодотворенной яйцеклетки начинает развиваться зародыш, который прикрепляется к стенке матки. Вокруг развивающегося зародыша образуются околоплодный мешок, содержащий жидкость, которая защищает зародыш от сдавливания, сотрясений и ударов. С помощью длинного канатика – *пуповины* – развивающийся зародыш связан с *плацентой* (детским местом), через нее с организмом матери. В плаценте стенки кровеносных капилляров матери и зародыша тесно соприкасаются друг с другом; через них от матери в зародыш поступает кислород и питательные вещества, от зародыша в организм матери – углекислый газ и продукты жизнедеятельности. На ранних стадиях развития у зародыша имеется хорда, свойственная всем хордовым животным.

Выкармливание детенышей молоком – характерная особенность всех млекопитающих. Млечные железы расположены на груди или на брюхе. Их протоки открываются наружу небольшими отверстиями на сосках.

*Подкласса Первозвери, или Яйцекладущие:*

*Первозвери* – наиболее примитивная и древняя группа современных млекопитающих; размножаются, откладывая яйца; детеныши выкармливаются молоком, которое они слизывают языком с железистых участков кожи или с шерсти матери, так как млечные железы не имеют сосков; отсутствуют губы; в составе плечевого пояса имеются каракоиды; развита клоака; температура их тела низкая и непостоянная (26-35 °С).

*Утконос* ведет полуводный образ жизни; тело покрыто густой шерстью, почти не намокающей в воде; пальцы ног соединены плавательной перепонкой; хвост уплощен; при помощи широкого клюва с роговыми пластинками процеживает взбаламученную воду, извлекая беспозвоночных животных.

*Ехидна* – наземное роющее млекопитающее. Пальцы кисти и стопы вооружены длинными сильными когтями. Тело покрыто жестким волосяным покровом и острыми иглами. Живет в норах, питается насекомыми, извлекая их длинным, клейким языком.

*Подкласс Настоящие звери:*

*Отряд Сумчатые: сумчатый медведь (коала), кенгуру, сумчатый волк, сумчатая белка.*

Не имеют плаценты или она развита слабо; детеныши рождаются маленькими (1,5-3 см) и слабо развитыми, вынашиваются в выводковой сЭУМKe на брюхе самки, прикрепившись к соску.

*Отряд Насекомоядные: кроты, землеройки, ежи, выхухоли, бурозубка.*

Примитивные плацентарные звери; мозг мал, кора полушарий гладкая, без извилин; у большинства видов зубы слабо дифференцированы; морда вытянута в длинный подвижный хоботок.

У крота шерстный покров не имеет направления, голова без ушных раковин сидит на короткой шее, маленькие недоразвитые глаза скрыты в шерсти.

У ежа спина покрыта иглами – видоизмененными остевыми волосами.

*Отряд Рукокрылые: ушан, рыжая вечерница, ночницы, кожаны.*

Летательными поверхностями у них являются кожистые перепонки, натянутые между пальцами передних конечностей и боками тела, а также задними конечностями и хвостом; на груди есть киль, к которому крепятся мощные грудные мышцы, приводящие в движение крылья; ведут сумеречный или ночной образ жизни, ориентируясь в воздушном пространстве с помощью эхолокации.

*Отряд Грызуны: полевки, крысы, белки, суслики, сурки, бобры, хомяки, морские свинки, лемминги, ондатра, нутрия, мыши.*

Самый многочисленный отряд млекопитающих; распространены повсеместно; отсутствуют клыки и сильно развиты резцы; резцы, у многих и коренные зубы, не имеют корней и растут всю жизнь; только передняя сторона резцов покрыта эмалью, поэтому больше стачивается их задняя сторона и резцы постоянно остаются острыми; между резцами и коренными зубами находится широкое пространство, лишенное зубов.

*Отряд Хищные:*

*Семейство Волчи: волки, шакалы, собаки, песцы, лисицы.*

Особое строение зубов; резцы малы, клыки всегда сильно развиты, коренные бугорчатые зубы с острыми режущими краями – хищные зубы; ключицы отсутствуют; кора больших полушарий хорошо развита, имеет извилины и борозды.

*Семейство Кошачьи: тигр, лев, гепард, дикие и домашние кошки, европейская рысь* (занесена в Красную книгу РФ).

Тело стройное, гибкое с округлой головой; хорошо развит слух и зрение; развиты на нижней стороне пальцев подушечки и втяжные когти, которые при ходьбе не стучат и не тупятся.

*Семейство Куны: ласки, куницы, соболи, хорьки, горностаи, выдры.*

Гибкое удлиненное тело и короткие ноги.

*Семейство Медвежьи: бурый медведь* (занесен в Красную книгу РФ), *белый медведь.*

Крупные, массивные животные с большой головой и коротким хвостом.

*Отряд Парнокопытные: жвачные (олени, жирафы, быки, верблюды) и нежвачных (бегемоты, свиньи).*

Одинаково сильно развиты третий и четвертый пальцы, у большинства покрыты роговыми копытами; первый палец отсутствует, второй и пятый развиты слабо или отсутствуют; зубной аппарат состоит из резцов (у жвачных – только на нижней челюсти) и коренных зубов с широкой жевательной поверхностью; клыки развиты только у нежвачных; желудок жвачных состоит из *четырёх отделов: рубца, сетки, книжки и сычуга* – в рубец попадает масса грубых, не измельченных зубами растительных кормов, где они сбраживаются под влиянием симбиотических бактерий; из рубца пища переходит в сетку, откуда, путем отрыгивания, снова попадает в ротовую полость для повторного пережевывания; затем смешанная со слюной полужидкая масса проглатывается и попадает в книжку, где перетирается; оттуда пищевая масса перемещается в сычуг (настоящий желудок), где обрабатывается кислым желудочным соком, переваривающим белковую часть корма.

*Отряд Непарнокопытные: лошадь, кулан.*

На ногах сильно развит один (третий) палец, который расширен в *копыто* – роговое образование; имеют резцы на верхней и нижней челюстях; коренные зубы с широкой складчатой поверхностью, что позволяет им питаться растительной пищей.

*Отряд Ластоногие: моржи, тюлени, котики.*

Большую часть жизни проводят в воде; на сушу или лед они выходят лишь для отдыха, размножения и линьки; обтекаемая форма тела; укороченные или видоизмененные в ласты конечностям; большие подкожные жировые отложения.

*Отряд Китообразные: зубатые киты (дельфины, кашалоты), беззубые усатых китов (синий кит).*

Исключительно водные млекопитающие с рыбообразной формой тела и горизонтально расположенным хвостовым плавником; передние конечности превращены в ласты, задние отсутствуют; не имеют шерстного покрова и ушных раковин; ноздри смещены на темя; для смены воздуха в легких они поднимаются к поверхности воды; подкожный слой жира 50 см. Зубатые киты (дельфины, кашалоты) имеют много зубов одинакового строения; у беззубых усатых китов (синий кит) развит цедильный аппарат в виде роговых пластин,

расположенных по бокам нёба и свешивающихся в ротовую полость (*китовый ус*).

*Отряд Приматы: гориллы, шимпанзе, орангутаны* (человекообразные обезьян).

Головной мозг относительно велик, кора полушарий переднего мозга имеет многочисленные извилины; хорошо развиты пальцы; большой палец противопоставлен остальным; развиты плоские ногти; конечности очень подвижные; хороший слух и острое зрение; глаза направлены вперед; предметы видят одновременно двумя глазами (*бинокулярное зрение*); живут стадами, семьями или парами; две млечные железы; детеныш рождается зрячим, но не способным к самостоятельному передвижению; вырабатываются условные рефлексы; мимика чрезвычайно разнообразна.

Млекопитающие – важные звенья цепей и сетей питания сообществ живых организмов. Многие питающиеся растительной или животной пищей, оказывают воздействие на рост, развитие и соотношение видов в биоценозах. Многие звери, поедая семена и плоды, которые не перевариваются, способствуют распространению этих растений. Полевки распространяют семена злаков. Роющие млекопитающие (землеройки, кроты), проделывая ходы в почве, рыхлят ее, благодаря чему почва обогащается кислородом. Помет зверей делает почву более плодородной. Насекомоядные млекопитающие, особенно кроты, ежи, а также летучие мыши, сдерживают рост численности насекомых. Хищные млекопитающие, стабилизирующие численность своих жертв. Хищники выполняют санитарную функцию, нападая, прежде всего на больных, травмированных, старых особей, что способствует оздоровлению популяций. Благодаря пищевой деятельности млекопитающие преобразуют ландшафты. Млекопитающие играют важную роль в жизни человека. Велика роль животноводства – отрасли хозяйства, дающей пищевую продукцию при разведении млекопитающих как сельскохозяйственных животных. Непищевая продукция животноводства – кожа, шерсть, щетина – используется как сырье в различных отраслях хозяйства. Лошади используются как тягловая сила. Велика роль в жизни человека отраслевого хозяйственной деятельности – звероводство, занимающегося разведением на зверофермах ценных пород зверей с целью получения пушнины и мяса.

В Красную книгу Республики Беларусь занесено 17 видов млекопитающих: европейский зубр, барсук, бурый медведь и др.

*Основные особенности млекопитающих:* 1) наиболее высокоорганизованные позвоночные животные; 2) активно двигаются благодаря развитой мускулатуре, гибкому позвоночнику и конечностям, расположенным под туловищем; 3) полость тела разделена диафрагмой на грудную и брюшную части; 4) питаются разнообразной пищей благодаря дифференциации зубов на резцы, клыки и коренные; 5) переваривание пищи начинается в ротовой полости под действием ферментов слюны; 6) сердце четырехкамерное, органы снабжаются артериальной кровью; 7) дыхание альвеолярными легкими; 8) теплокровные животные, имеющие постоянную

температуру тела; 9) хорошо развита кора больших полушарий переднего мозга, объем головного мозга большой; 10) поведение сложное, особенно у приматов; 11) орган слуха состоит из трех отделов: наружного, среднего и внутреннего уха, развита ушная раковина; 12) обоняние тонкое, зрение острое; 13) развитие зародыша происходит в матке, после рождения детеныш вскармливается материнским молоком.

## 1.9. ЧЕЛОВЕК

### 1.9.1. Общий обзор организма человека.

*Основные понятия и термины по теме:*

Общий обзор организма человека. Ткани, их классификация и принципы организации. Органы и системы органов.

*Анатомия (от греч. anatome – рассечение)* человека – наука изучающая строение человеческого тела в связи с его функциями и влиянием окружающей среды.

*Физиология (от греч. physis – природа)* – наука о функционировании организма как единого целого, а также о работе его отдельных органов и систем органов.

*Гигиена (от греч. hygieinos – здоровый)* – область медицины, которая изучает влияние условий жизни и труда на здоровье человека, разрабатывает меры профилактики заболеваний, определяет оптимальные условия для сохранения здоровья и продления жизни.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Внешние формы, размеры и пропорции тела человека, внутреннее строение органов – предмет анатомии.

Физиология – наука экспериментальная. Сходство в строении и функциях многих органов у животных и человека дает возможность предварительно изучать их на животных и экспериментировать. С целью изучения физиологических закономерностей широко используется *метод моделирования* – искусственного воспроизведения процессов разными теоретическими моделями и техническими конструкциями.

Применение гигиенических знаний на практике называется санитарией.

Элементарной структурно-функциональной единицей всего живого является клетка. Клетки существуют как самостоятельные единицы (протисты, бактерии) и в составе многоклеточных организмов. У животных различают *соматические* (например, нервные, костные, мышечные, секреторные) и *половые* (яйцеклетки, сперматозоиды) *клетки*. Последние служат для размножения организма. В многоклеточном организме клетки взаимодействуют между собой и выполняют строго определенный вид деятельности.

Большинство клеток нашего организма не имеют непосредственной связи с внешней средой. Средой обитания клеток является *межклеточная (тканевая) жидкость*. Между клеткой и этой жидкостью постоянно осуществляется обмен различными соединениями. Совокупность всех видов превращений веществ и энергии в клетках, и в организме, называется *обменом веществ*. Обмен веществ и энергии обеспечивает процессы жизнедеятельности клетки и ее связь с окружающей средой.

Всем живым клеткам свойственна *раздражимость* – способность реагировать на действие раздражителей (света, температуры, механических и химических воздействий). Некоторые клетки (например, нервные) могут переходить из состояния покоя в состояние возбуждения или торможения.

Нервные и мышечные клетки могут проводить электрический импульс – *проводимость*. Мышечным волокнам, кроме возбудимости и проводимости, свойственна *сократимость*. Благодаря ей они изменяют свою форму и размеры и таким образом выполняют двигательную функцию. Для клеток железистых органов характерна *секреция* – образование и выведение определенных веществ (секретов) из клетки за ее пределы. Различают *внешнюю* (например, желудочный сок, молоко, слюна) и *внутреннюю* (вещества из клеток поступают в кровь или лимфу) *секрецию*.

В многоклеточном организме клетки специализированы к выполнению определенных функций (проведение возбуждения, сокращение, секреция и др.). Сходные по происхождению, строению и функциям клетки и межклеточные структуры образуют *ткань*. Различают *четыре основных типа тканей тела человека*: нервную, эпителиальную, мышечную и ткани внутренней среды.

*Нервная ткань* состоит из нервных клеток – *нейронов* и клеток *глии*. В нервной клетке различают *тело* и отростки: короткие, сильно ветвящиеся, *дендриты*, длинный слабоветвящийся, *аксон*. Дендриты воспринимают сигналы от других нейронов или непосредственно от внешних раздражителей, по ним возбуждение поступает к телу клетки; по аксону – к следующей клетке. Клетки глии заполняют пространства между нейронами, обеспечивают питание, защиту и «упаковывают» нейроны. Основные свойства нервной ткани – возбудимость и проводимость.

*Эпителиальная ткань* представлена *покровным* (эпидермис кожи, эпителий пищеварительной, дыхательной, мочеполовой систем) и *железистым* (входит в состав большинства желез) эпителием. Клетки покровного эпителия лежат плотно друг к другу – межклеточного вещества между ними нет. Покровный эпителий выполняет защитную функцию. Он бывает однослойным и многослойным. В *однослойном эпителии* все клетки связаны с основной мембраной, в *многослойном* с мембраной связан только нижний слой клеток. В соответствии с формой клеток однослойный эпителий подразделяется на *плоский, кубический, призматический*. Клетки *железистого эпителия* вырабатывают и выделяют различные секреты – пищеварительные соки, слезы, пот; представлен клетками, собранными в группы, – железами. Различают железы внутренней, внешней и смешанной секреции.

*Железы внутренней секреции* не имеют выводных протоков. Вырабатываемые ими биологически активные вещества поступают непосредственно в тканевую жидкость или в кровь.

*Железы внешней секреции* имеют выводные протоки и по ним выделяют свой секрет на поверхность тела (молочные, потовые, сальные) или в полости – ротовую, желудок, кишечник (слюнные, кишечные и др.).

*Железы смешанной секреции* (поджелудочная, половые) содержат различные типы клеток. Одни из них выполняют внутрисекреторную, другие – внешнесекреторную функции.

*Мышечная ткань* образована вытянутыми мышечными клетками или мышечными волокнами. Характерной особенностью мышечных волокон

является наличие в их цитоплазме нескольких ядер. И мышечные волокна, и мышечные клетки имеют в цитоплазме упорядоченные тончайшие белковые нити, обеспечивающие их сокращение. Различают три вида мышечной ткани: гладкую, поперечнополосатую скелетную и поперечнополосатую сердечную.

*Гладкая (неисчерченная) мышечная ткань* находится в стенках полых внутренних органов (желудка, кишечника и др.) и кровеносных сосудов; состоит из удлинённых, заостренных на концах клеток с одним ядром; сокращается непроизвольно, без участия сознания.

*Поперечнополосатая скелетная мышечная ткань* представлена многоядерными мышечными волокнами. В состав мышечного волокна входят толстые и тонкие белковые нити. В силу их неодинаковой светопреломляющей способности мышечные волокна кажутся поперечно исчерченными. Сокращения скелетных мышц контролируются сознанием и обеспечивают движение одних частей тела относительно других, перемещение организма в пространстве, осуществление мимических реакций. Поперечнополосатая сердечная мышечная ткань состоит из мышечных волокон, между которыми имеются специальные контакты, которые обеспечивают очень быструю передачу возбуждения от одной клетки к другой.

*Сердечная мышца мышечная ткань* сокращается непроизвольно. В зависимости от состояния организма и характера выполняемой работы сила ее сокращений может увеличиваться или уменьшаться.

*Ткани внутренней среды* широко представлены во многих органах. Их основными функциями являются: сохранение постоянства внутренней среды организма; поддержание структурной организации разных органов; создание условий для обмена веществ; участие в защитных (иммунных) реакциях организма; депонирование энергетических запасов (размещение и хранение жиров). Различают следующие виды тканей внутренней среды: кровь и лимфа; собственно соединительные; скелетные (хрящевая и костная ткани). Для всех тканей внутренней среды характерно хорошо развитое межклеточное вещество. У кости оно твердое, у крови – жидкое, у хряща – эластичное и упругое. Эти различия обусловлены тесной гармоничной взаимосвязью между строением и функциями этих тканей.

*Кровь и лимфа* – особые виды тканей внутренней среды, для которых характерна жидкая консистенция межклеточного вещества. В крови роль межклеточного вещества играет особая, сложная по составу жидкость – плазма. В ней во взвешенном состоянии находятся форменные элементы (клетки) крови: эритроциты, лейкоциты и др. Лимфа – жидкость, циркулирующая в лимфатической системе и по составу близкая к плазме крови. В лимфе находятся лимфоциты – одна из форм лейкоцитов. Кровь и лимфа выполняют многочисленные функции, связанные с поддержанием постоянства химического состава внутренней среды организма.

*Собственно соединительные ткани* – это широко распространенные в организме ткани с развитой системой волокон в межклеточном веществе. В зависимости от того, как располагаются волокна, рыхло или плотно, выделяют

*рыхлую волокнистую соединительную ткань* (присутствует в стенках кровеносных сосудов) и *плотную волокнистую соединительную ткань* (образует связки и сухожилия). В группу собственно соединительных тканей, помимо волокнистых, входят ткани со специальными свойствами: жировая, пигментная. Скелетные ткани представлены хрящевой и костной.

*Хрящевая ткань* отличается упругой (желеподобной) консистенцией межклеточного вещества; образует межпозвоночные диски, суставные поверхности сочленяющихся костей.

*Костная ткань* представлена пластинками межклеточного вещества, между которыми лежат костные клетки; очень прочная; функция опоры, играет важную роль в обмене минеральных веществ в организме.

*Органы* – это анатомически обособленные части организма. Глаз, сердце, почка, мышца – все это органы. Каждый орган имеет свою, только ему присущую, форму и занимает в организме определенное место. В зависимости от функций разным может быть и строение органа. В образовании органов участвуют различные ткани.

Органы, выполняющие общие функции, объединяются в *системы органов* – дыхательную, сердечнососудистую, пищеварительную, выделительную.

*Дыхательная система* включает полость носа, носоглотку, гортань, трахею, бронхи и легкие; основная функция – газообмен; участвует в обеспечении организма кислородом и в освобождении его от углекислого газа.

*Сердечнососудистая система* обеспечивает движение крови в системе замкнутых сосудов; состоит из сердца и кровеносных сосудов. Сердце проталкивает кровь по сосудам к тканям.

*Лимфатическая система* дополняет деятельность сердечнососудистой, способствуя возвращению из тканевой жидкости белков и других веществ. Представлена лимфатическими узлами и сосудами.

*Пищеварительная система* включает язык, зубы, слюнные железы, глотку, пищевод, желудок, кишечник, печень, поджелудочную железу. В пищеварительной системе пища измельчается, смачивается, подвергается воздействию пищеварительных соков. В результате расщепления сложных молекул пищевых продуктов образуются простые молекулы необходимых организму веществ, которые всасываются и доставляются кровью ко всем клеткам организма.

*Мочевыделительная система* выполняет функцию удаления конечных продуктов обмена, включая азотсодержащие соединения. Основными органами мочевыделительной системы являются почки, мочеточники, мочевой пузырь и мочеиспускательный канал.

*Половая система* выполняет функцию размножения. К этой системе относятся наружные и внутренние половые органы и железы. У мужчин половые железы – семенники (яички), у женщин – яичники. В них формируются половые клетки.

*Эндокринная система* включает железы внутренней секреции (гипофиз, щитовидную железу, надпочечники и др.). Они вырабатывают и выделяют в

кровь биологически активные вещества, которые выполняют функцию регуляции практически всех процессов жизнедеятельности.

*Иммунная система* включает в себя красный костный мозг, селезенку, вилочковую железу, лимфоузлы; обеспечивает сохранение биологической индивидуальности и химического постоянства внутренней среды организма.

*Костная система* представлена большим числом различных по форме, размерам и конструкции костей, которые входят в состав скелета. Скелет выполняет функции опоры, защиты и движения (при активном участии мышц), является депо минеральных веществ.

*Мышечная система* объединяет все скелетные мышцы. Ее функцией является сохранение позы, перемещение тела или его отдельных частей в пространстве, выполнение тонких движений.

*Нервная система* состоит из центрального (спинной и головной мозг) и периферического (нервные узлы и нервы) отделов. Она регулирует и согласовывает работу всех систем организма, обеспечивает его приспособление к воздействиям внешней среды; создает основу для психики человека, его поведения.

*Сенсорные системы* (зрительная, слуховая, вкусовая, обонятельная и др.) представлены высокоспециализированными рецепторами, способными воспринимать действие раздражителей и преобразовывать их энергию в электрические импульсы. Импульсы доставляются в кору головного мозга, где осуществляется их обработка и формируются ощущения, реализуется функция связи организма с внешней средой.

В тех случаях, когда две или несколько систем объединяются для выполнения определенных функций, их называют *аппаратами*: опорно-двигательный (костная и мышечная системы), мочеполовой (мочевыделительная и половая). Органы, входящие в состав аппарата, связаны между собой выполняемой функцией, но могут иметь разное строение и (или) происхождение.

*Организм* – единое целое. Все системы органов тесно взаимодействуют и образуют целостный человеческий организм – динамическую систему, находящуюся в тесном контакте с окружающей средой.

### **1.9.2. Регуляция функций в организме.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Регуляция функций в организме. Нервная, гуморальная и нейрогуморальная регуляция функций. Саморегуляция процессов жизнедеятельности. Понятие о гомеостазе.

*Гомеостаз* (от греч. *homoios* – подобный, одинаковый, *stasis* – неподвижность, состояние) – постоянство внутренней среды организма как важнейшего условия его существования.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Все физиологические функции организма можно разделить на соматические (восприятие окружающей среды органами чувств и движение),

вегетативные (поддержание жизнедеятельности, размножение, развитие), психические (сознание, мышление, поведение).

*Регуляция* – это изменение характера деятельности органа или системы органов в целях сохранения относительного постоянства внутренней среды организма, достижения приспособительного результата.

У высокоорганизованных животных и человека регуляцию физиологических процессов и функций обеспечивают два механизма – гуморальный (от лат. humor – жидкость) и нервный.

*Гуморальная регуляция* осуществляется через жидкие среды (кровь, лимфу, тканевую жидкость) с помощью биологически активных веществ (гормонов) и некоторых продуктов обмена веществ (углекислого газа и ряда других соединений). В крови постоянно присутствуют вещества, которые обладают биологической активностью и способны оказывать влияние на деятельность органов и тканей. Одни из них вырабатываются самим организмом (гормоны), а другие являются продуктами обмена веществ. Например, в клетках образуется неорганическое соединение диоксид углерода (углекислый газ), которое, попав в кровь, изменяет характер дыхания (усиливает вентиляцию легких).

*Нервная регуляция* физиологических процессов – это координирующее влияние нервной системы на клетки, ткани и органы с учетом потребностей организма. Нервные влияния всегда предназначаются конкретным органам или тканям и реализуются очень быстро. Нервные импульсы приходят к строго определенным органам. Деятельность нервной системы осуществляется рефлекторно, в ответ на действие раздражителя.

*Нервный и гуморальный механизмы регуляции* действуют совместно и взаимосвязано. Необходимый организму приспособительный эффект достигается благодаря единому нейрогуморальному механизму регуляции, основанному на тесном взаимодействии нервной и эндокринной систем. Под постоянным контролем нервной системы находится выработка железами внутренней секреции биологически активных веществ (гормонов). Это пример прямой связи. В свою очередь, колебания содержания гормонов в крови оказывают влияние на нервную систему, повышая или понижая уровень ее возбудимости. Это пример обратной связи (железы внутренней секреции – нервная система) между механизмами управления функциями организма.

Организм – это единое целое, в котором все процессы скоординированы, что обеспечивает оптимальные условия для жизнедеятельности его клеток. В организме отдельные органы и системы органов влияют друг на друга. Этим обеспечивается важнейшее свойство организма – саморегуляция физиологических процессов, направленная на сохранение благоприятных условий для функционирования всех клеток организма в целом. *Саморегуляция* – это универсальный механизм взаимодействия органов и систем организма, благодаря которому автоматически возникают ответные реакции на воздействия внешней среды.

Каждый организм имеет свою собственную внутреннюю среду, в которой живут его клетки. К *внутренней среде* относят *тканевую жидкость, кровь* и

*лимфу*. Характерная черта внутренней среды организма – ее динамическое постоянство, которое является залогом выживания организма.

Постоянства внутренней среды организма как важнейшего условия его существования – *гомеостаз* (от греч. *homoios* – подобный, одинаковый, *stasis* – неподвижность, состояние). Гомеостаз характеризует состояние организма и процессы, направленные на устранение или максимальное ограничение воздействия на него различных факторов. Гомеостаз достигается благодаря согласованному влиянию нервного и гуморального механизмов регуляции на органы и системы, причастные к сохранению устойчивого состояния среды обитания клеток.

### **1.9.3. Нервная система. Общие принципы организации.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Нервная система. Общие принципы организации нервной системы. Значение нервной системы. Строение и виды нейронов. Рефлекс. Рефлекторная дуга.

*Рефлекс* – ответная реакция организма на изменение условий внешней или внутренней среды, осуществляющаяся при участии нервной системы.

*Ганглий* – нервный узел, расположенный за пределами ЦНС; образован скоплением тел нейронов.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Нервная система осуществляет связь организма с внешней средой, обеспечивает постоянство внутренней среды и тем самым выживание; объединяет в единое целое органы, системы и согласует их работу. При помощи органов чувств человек распознает объекты внешнего мира и оценивает их биологическую и социальную значимость. Способность нервной системы воспринимать, обрабатывать, хранить и воспроизводить информацию лежит в основе психических процессов. Нервная система участвует в организации целенаправленного поведения человека, формировании мотивации и удовлетворении его биологических и социальных потребностей, включая творческую деятельность.

По *анатомическому* и *топографическому* признакам нервную систему делят на *центральную* и *периферическую* части.

*Центральная нервная система* (ЦНС) представлена головным и спинным мозгом, которые находятся, в полости черепа и в позвоночном канале.

В *головном мозге* выделяют пять основных отделов: продолговатый мозг; задний мозг (мост и мозжечок); средний мозг; промежуточный мозг (таламус и гипоталамус); конечный мозг (большие полушария и мозолистое тело).

*Периферическая нервная система* представлена нервами, нервными окончаниями и нервными узлами.

По *функциональному признаку* нервную систему подразделяют на соматическую и автономную (вегетативную).

*Соматическая* (от греч. *soma* — тело) нервная система иннервирует кожу и опорно-двигательный аппарат, устанавливает взаимоотношения с внешней

средой – воспринимает ее воздействия (рецепция), вызывает сокращения скелетных мышц.

*Автономная (от греч. autos — сам) нервная система* контролирует работу сердца и сосудов, внутренних органов и желез внутренней секреции, регулирует обменные процессы, рост и размножение. Она представлена двумя взаимодействующими отделами – *симпатическим* и *парасимпатическим*. Благодаря их совместной деятельности обеспечиваются необходимые для существования клеток условия.

Структурно-функциональной единицей нервной системы является *нейрон*. Нейрон легко возбуждается и посредством нервных импульсов проводит и передает возбуждение другим нервным клеткам или рабочим органам (мышцам, железам и т. п.). *Нервный импульс* – это электрический сигнал, который способен перемещаться по отросткам нервной клетки. Отростки двух нейронов не соприкасаются друг с другом, а лишь сближаются. Место функционального контакта нейронов (аксона одной клетки с дендритами или телом другой) называется *синапсом*, промежуток между ними – *синаптической щелью*. Передача возбуждения от одной нервной клетки к другой осуществляется с помощью химических посредников – *медиаторов*. В результате прохождения нервного импульса по аксону из его окончания выделяется медиатор, который выбрасывается в *синаптическую щель*. Здесь медиатор вступает во взаимодействие с чувствительными к нему белками-рецепторами мембраны соседней клетки, в результате чего она либо возбуждается, либо снижает свою активность – тормозится.

*Нейроны* подразделяются на *чувствительные* (проводят нервный импульс в ЦНС), *вставочные* (соединяют несколько нервных клеток, их тела и отростки не выходят за пределы ЦНС), *двигательные* (проводят сигналы от ЦНС к рабочему органу). Характерной чертой чувствительных нейронов является наличие длинных, по сравнению с аксоном, дендритов, начинающихся рецепторами. Двигательные нейроны отличаются длинными аксонами, которые оканчиваются на рабочих органах.

Отросток нейрона, покрытый оболочками и проводящий нервный импульс, называется *нервным волокном*. Пучки нервных волокон, снабженные кровеносными сосудами и покрытые общей соединительнотканной оболочкой, образуют *нерв*. Большинство нервов являются смешанными: в их состав входят и чувствительные, и двигательные нейроны.

*Рефлекс (от лат. reflexus — отражение)* – ответная реакция организма на раздражение из внешней или внутренней среды, осуществляемая нервной системой. Структурной основой рефлекса является образованная нейронами рефлекторная дуга, или путь, по которому нервные импульсы следуют от рецептора к рабочему органу. В *рефлекторной дуге* принято различать пять отделов (частей): рецепторы, чувствительный путь, нервный центр (участок ЦНС), двигательный путь, рабочий орган. В самую простую двухнейронную рефлекторную дугу входят чувствительный и двигательный нейроны.

Любой рефлекс начинается с раздражения рецепторов – специальных чувствительных образований. Они приспособлены к восприятию энергии раздражителя и ее преобразованию в нервные импульсы. Рецептором может быть как нервное окончание – дендрит, так и вся специализированная клетка (например, светочувствительные клетки глаза). От рецептора по волокну нервный импульс доставляется к телу чувствительного нейрона. Оно находится в спинномозговом нервном узле за пределами ЦНС. После этого по аксону от тела чувствительной клетки возбуждение поступает в ЦНС, где через синапс передается на двигательный нейрон. От двигательного нейрона оно направляется к рабочему органу и изменяет его деятельность. В рабочем органе рефлекторная дуга заканчивается. Между чувствительным и двигательным имеются вставочные нейроны. Они переключают возбуждение с чувствительного на двигательный нейрон и передают его в выше- или нижележащие отделы спинного мозга. Поэтому правильнее говорить, что структурную основу рефлекторных дуг составляют нейронные цепи из чувствительных, вставочных и двигательных нейронов.

#### **1.9.4. Строение и функции спинного мозга.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Строение и функции спинного мозга.

*Сегмент* – это участок спинного мозга, имеющий два передних и два задних корешка

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Спинной мозг лежит в позвоночном канале и представляет собой цилиндрический, несколько уплощенный в переднезаднем направлении, тяж длиной около 45 см. Вверху он переходит в продолговатый мозг. Спинной мозг окружен тремя оболочками. Между внутренней и средней оболочками имеется пространство, заполненное спинномозговой жидкостью. Эта жидкость создает защитную механическую «подушку» вокруг мозга, участвует в удалении продуктов обмена и поддержании внутричерепного давления.

*Спинной мозг* состоит из серого и белого вещества. *Серое вещество* представлено телами нейронов. На поперечном разрезе спинного мозга оно имеет вид крыльев летящей бабочки. В нем различают передние и задние рога. В *передних рогах* расположены тела двигательных нейронов, в *задних* – вставочных. В грудном отделе спинного мозга между передними и задними рогами имеются *боковые рога*. *Белое вещество* – это нервные волокна. Они образуют восходящие и нисходящие проводящие пути, по которым возбуждение доставляется в головной и спинной мозг. Спинной мозг имеет сегментарное строение (всего 31 сегмент). *Сегмент* – это участок спинного мозга, имеющий два передних и два задних корешка. Передние – *двигательные корешки* – образованы аксонами двигательных нейронов; задние – *чувствительные* – сформированы из аксонов чувствительных нейронов. Передние и задние корешки за пределами позвоночного канала сливаются в *спинномозговую нерв*. От спинного мозга отходит 31 пара спинномозговых нервов (в соответствии с количеством сегментов). Это смешанные нервы, они

образованы разными волокнами: чувствительными, двигательными и волокнами автономной нервной системы. От сегментов шейной и верхней грудной частей спинного мозга отходят нервы к мышцам головы и верхних конечностей, к органам грудной полости, сердцу и легким. Остальные сегменты грудной и поясничной частей управляют мышцами туловища и органами брюшной полости, нижние поясничные и крестцовые сегменты спинного мозга – мышцами нижних конечностей и органами нижней части брюшной полости.

Спинной мозг выполняет две основные *функции*: 1) *рефлекторную* – в сером веществе спинного мозга замыкается множество рефлексов (сгибательные, разгибательные, сухожильные, поддержания позы). Рефлекторная функция заключается в том, что спинной мозг обеспечивает осуществление простейших двигательных рефлексов (сгибание и разгибание конечностей, отдергивание руки), а также более сложных движений, контролируемых, кроме того, и головным мозгом. В спинном мозге расположены центры всех двигательных произвольных (протекающих без участия сознания) рефлексов; центры автономной нервной системы, регулирующие функции сердца и бронхов, акты мочеиспускания, дефекации; 2) *проводниковую* – спинной мозг передает импульсы по проводящим путям к ниже- и вышележащим структурам нервной системы.

У человека только простые двигательные акты контролируются спинным мозгом. Сложные движения (ходьба, письмо и другие навыки) требуют обязательного участия головного мозга.

### **1.9.5. Строение и функции головного мозга.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Головной мозг. Строение и функции продолговатого, заднего, среднего и промежуточного мозга. Организация и значение больших полушарий.

*Ретикулярная* формация – множество нервных клеток с хорошо развитыми отростками, образующие густую сеть.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Головной мозг расположен в полости черепа и состоит из ствола и конечного мозга (больших полушарий).

*Ствол* включает продолговатый, задний, средний, промежуточный мозг, ретикулярную формацию. Здесь расположены ядра, от которых отходят 12 пар черепных нервов. Они иннервируют органы чувств, ткани головы, шеи, органы грудной и брюшной полостей.

*Продолговатый* мозг является продолжением спинного мозга. Спинной мозг проходит через затылочное отверстие в черепе и переходит в продолговатый. Продолговатый мозг не имеет строгого деления на серое и белое вещество. Серое вещество (тела нейронов) располагается в нем отдельными группами – *ядрами*. Так как они управляют жизненно важными рефлексами, их называют центрами (*сосудодвигательный, дыхательный, глотания, чиханья, кашля, рвоты, слезо-, слюноотделения, мигания*). Продолговатый мозг выполняет рефлекторную и проводниковую функцию. Через него проходят чувствительные и двигательные проводящие пути,

связывающие спинной мозг с различными структурами головного мозга. Продолговатый мозг является жизненно важным отделом нервной системы.

*Задний мозг* состоит из моста и мозжечка (рис. 12). *Мост* представлен белым и серым веществом. Через него проходят волокна, по которым нервные импульсы идут вверх к нейронам больших полушарий или вниз – к продолговатому и спинному мозгу. *Мозжечок* находится позади продолговатого мозга; состоит из средней связывающей части (*червь мозжечка*) и *двух полушарий*. Полушария мозжечка покрыты *корой* (серое вещество), которая имеет многочисленные возвышения (*извилины*) и углубления (*борозды*). Белое вещество, лежащее под корой, связывает полушария мозжечка между собой, а также с другими отделами ЦНС. В мозжечок поступает информация от мышц, сухожилий, суставов, двигательных центров головного мозга. Все это позволяет мозжечку регулировать мышечный тонус, контролировать равновесие, координировать движения.

*Средний мозг* состоит из четверохолмия и ножек (рис. 13). В *четверохолмии* выделяют верхние и нижние бугры. *Верхние бугры* получают импульсы от рецепторов глаз и мышц головы, *нижние* – от органов слуха. С их участием осуществляются *ориентировочные рефлекс*ы на свет и звук, *движения глаз, повороты головы*. В белом веществе среднего мозга находятся ядра, которые *регулируют мелкие движения пальцев рук, жевание*. Со средним мозгом связаны *рефлекс*ы удержания позы, *сохранения прямолинейности движения, приземления, подъема и спуска, вращения тела*. Эти рефлексы возникают при поступлении информации от органов равновесия и обеспечивают сложную координацию движений в пространстве. *Ножки мозга* представляют собой массивные тяжи, в которых проходят восходящие пути к коре больших полушарий и мозжечку, и нисходящие пути, несущие импульсы к продолговатому и спинному мозгу.

В значительной части ствола мозга имеется множество нервных клеток с хорошо развитыми отростками. Они образуют густую сеть – *ретикулярную формацию*. С ее деятельностью связана *регуляция пищеварения, дыхания, работы сердца, состояние бодрствования и сна*. Ретикулярная формация регулирует возбудимость всех отделов нервной системы, обеспечивает *формирование устойчивого внимания, эмоций, мышления и сознания*.

*Промежуточный мозг* является конечным отделом мозгового ствола. Он состоит из *зрительных бугров* и *подбугорной области (гипоталамуса)*. Любое возбуждение, следующее от органов чувств, проходит через зрительные бугры (таламус). Гипоталамус (подбугорная область) контролирует практически все *обменные процессы* и обеспечивает *поддержание постоянства внутренней среды организма*. В нем расположены *центры жажды и ее утоления, голода и насыщения*. В промежуточном мозге находится *центр терморегуляции*. В промежуточном мозге есть также *центры агрессии, удовольствия и страха*.

*Конечный мозг* – *большие полушария* являются высшим отделом центральной нервной системы. Они представляют собой парные образования, объединенные *мозолистым телом*, которое представляет собой тяж нервных

волокон. Сверху они покрыты серым веществом – *корой* больших полушарий. В коре насчитывается 12-18 млрд нервных клеток.

Кора является материальной основой психики. Она обеспечивает речевую, мыслительную деятельность и память. Многочисленные *борозды* (углубления) делят полушария на выпуклые *извилины* (складки) и доли. Складчатое строение существенно увеличивает площадь поверхности и объем коры. Три главные *борозды* – *центральная, боковая и теменно-затылочная* – разграничивают каждое полушарие головного мозга на четыре *доли: лобную, теменную, затылочную и височную*. Доли расчленяются бороздами на множество извилин. Разные участки коры больших полушарий выполняют различные функции, поэтому их делят на зоны. Различают *сенсорные (чувствительные), ассоциативные, двигательные (моторные) зоны*. *Сенсорные зоны* являются высшими центрами различных видов чувствительности; при их раздражении возникают ощущения, при поражении наступает нарушение сенсорных функций (слепота, глухота).

В *затылочной области коры* находится *зрительная, в височной – обонятельная, вкусовая и слуховая сенсорные зоны*. *Зоны кожного и мышечного чувств* располагаются за центральной бороздой, а *двигательная зона* – перед ней.

Особенно важную роль в сложных формах поведения играют *лобные ассоциативные зоны коры*. Они обеспечивают обработку сенсорной информации и формируют цель и программу действий. Программа состоит из команд, которые направляются к исполнительным органам. От них информация возвращается в лобные ассоциативные зоны, где определяется, достигнута цель или нет. В последнем случае команда корректируется. С развитием этих долей коры в значительной мере связан высокий уровень психических способностей человека.

*Двигательными зонами* называются отделы коры больших полушарий, которые осуществляют управление произвольными движениями. Двигательная функция различных частей тела представлена в передней центральной извилине.

Правое и левое полушария у человека выполняют разные функции. *В левом полушарии находятся центры устной и письменной речи*. Здесь же осуществляются процессы анализа и синтеза информации, делаются обобщения и принимаются решения. Обеспечиваемое *левым полушарием словесно-логическое мышление* позволяет познать сущность объекта. На его основе формируется человеческое знание. *Правое полушарие осуществляет образное мышление*. Оперирова образными объектами внешнего мира, оно может создавать из них небывалые, фантастические комбинации – основа творчества, принятия необычных решений. Исключительно велико значение правого полушария для музыкального и художественного творчества.

### **1.9.6. Вегетативная нервная система.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Общий план строения вегетативной нервной системы. Симпатический и парасимпатический отделы, их функции.

Гигиена нервной системы.

*Симпатическая нервная система* – отдел автономной нервной системы, включающий нервные клетки грудного и верхнепоясничного отделов спинного мозга и нервные клетки пограничного симпатического ствола, солнечного сплетения, брыжеечных узлов, отростки которых иннервируют все органы.

*Парасимпатическая нервная система* – отдел автономной нервной системы, центры которой находятся в спинном, продолговатом и среднем мозге.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Автономная нервная система* управляет жизненно важными процессами обмена веществ, работой сердца, гладкой мускулатуры полых внутренних органов и сосудов, различных желез. *Автономную нервную систему делят на симпатический и парасимпатический отделы.* И тот, и другой имеют сходное строение: они делятся на центральную и периферическую части. *Центральная часть* расположена в пределах центральной нервной системы. *Периферическая часть* состоит из нервных узлов (ганглиев) и нервных волокон.

В соматической нервной системе нервные волокна толстые и покрыты специальной оболочкой, волокна автономной нервной системы в большинстве своем тонкие. Скорость распространения возбуждения по ним не превышает 18 м/с, по соматическим нервам она может достигать 120 м/с.

*Центральная часть симпатического отдела* автономной нервной системы представлена телами нейронов, локализованных в грудных и поясничных сегментах спинного мозга; *периферическая* – парными симпатическими стволами, расположенными по обе стороны от позвоночника. Каждый ствол образован симпатическими узлами (ганглиями), соединенными друг с другом. Аксоны симпатических нейронов сначала в составе передних корешков, а затем в виде отдельной ветви направляются к пограничному стволу, в ганглиях которого осуществляется переключение возбуждения на вторую нервную клетку. От нее нервный импульс идет к рабочему органу. Путь от спинного мозга до симпатического ганглия называют *преганглионарным*, путь от ганглия до рабочего органа – *постганглионарным*. Часть периферических, или постганглионарных, нейронов лежит не в ганглиях симпатических стволов, а в вегетативных нервных сплетениях, располагающихся вблизи внутренних органов. *Путь от центра в спинном мозге до иннервируемого органа в автономной нервной системе состоит из двух нейронов.* Это ключевое отличие автономной нервной системы от соматической.

В *соматической рефлекторной дуге* аксон двигательного нейрона в составе нерва доходит непосредственно до рабочего органа.

Общая организация *парасимпатического отдела автономной нервной системы* подобна симпатическому. Его *центральная часть* образована телами преганглионарных нейронов, расположенных в среднем, продолговатом и спинном мозге (крестцовые сегменты). Тела постганглионарных нейронов

находятся в узлах нервных сплетений, которые лежат вблизи или внутри иннервируемых ими органов. Постганглионарные парасимпатические волокна направляются к глазным мышцам, слезным и слюнным железам, мускулатуре и железам пищеварительного тракта, к трахее, гортани, легким, сердцу, мочеполовым органам.

В автономной нервной системе передача через синапсы осуществляется с помощью *двух медиаторов*.

Автономная нервная система обеспечивает поддержание постоянства внутренней среды организма через регуляцию работы внутренних органов, сердца и сосудов. Она приспособливает их деятельность к меняющимся условиям среды и потребностям организма, регулирует обмен веществ, осуществляет его коррекцию. Внутренние органы и сердце обладают *двойной иннервацией*: к каждому из них подходят симпатические и парасимпатические нервные волокна. Они оказывают противоположное влияние. *Симпатические нервы усиливают* и ускоряют работу сердца, а *парасимпатические* (например, блуждающий нерв) – *замедляют* ритм и силу его сокращений. *Исключение* составляют кровеносные сосуды – они имеют только симпатическую иннервацию.

Таблица 7 – Влияние симпатического и парасимпатического отделов автономной нервной системы на различные функции и процессы

Органы и физиологические показатели	Симпатический Отдел	Парасимпатический отдел
Сердце и сосуды	Учащает и усиливает сокращения сердца; сужает кровеносные сосуды кожи и кишечника; расширяет сосуды мозга и скелетных мышц; повышает артериальное давление	Замедляет и ослабляет сокращения сердца, понижая артериальное давление
Потовые железы	Усиливает секрецию	Не влияет
Слюнные и слезные железы	Уменьшает секрецию	Усиливает секрецию
Концентрация глюкозы в крови	Увеличивает	Уменьшает
Мочевой пузырь	Стенки расслабляются	Стенки сокращаются
Потребление кислорода	Увеличивает	Уменьшает

Симпатический отдел автономной нервной системы создает условия для интенсивной деятельности организма, особенно в экстремальных условиях. Парасимпатический отдел (система «отбоя») – снижает уровень активности, способствуя восстановлению истраченных организмом ресурсов. Оба отдела автономной нервной системы взаимодополняют друг друга и подчинены

высшим центрам, расположенным в гипоталамусе. Гипоталамус играет ведущую роль в регуляции вегетативных функций. Он согласует работу автономной нервной системы с деятельностью эндокринной и соматической систем.

Практически все функции нервной системы осуществляются путем взаимодействия процессов возбуждения и торможения. Возбуждение в одних центрах сопровождается торможением в других, и наоборот. Торможение выполняет защитную роль, предохраняя нервные клетки от перенапряжения и разрушения. В здоровом организме эти процессы четко согласованы и обеспечивают оптимальное функционирование организма.

У здоровых людей любая форма деятельности через определенное время неизбежно приводит к утомлению. *Утомление* – это временное понижение работоспособности организма, которое связано с изменениями в центральной нервной системе. Утомление сопровождается возникновением чувства усталости. Первый признак утомления – общее двигательное беспокойство, которое со временем переходит в вялость и сонливость. Хроническое (длительное) утомление приводит к переутомлению. При этом нарушаются восприятие, память, внимание, возможно появление головных болей, бессонницы, снижение аппетита. Переутомление ослабляет регулируемую функцию нервной системы и может спровоцировать возникновение ряда заболеваний: психических, сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных, кожных. Благоприятные условия для нормальной деятельности нервной системы создаются при правильном чередовании труда, отдыха и сна.

### **1.9.7. Эндокринная система. Железы внутренней секреции.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Эндокринная система. Гормоны, их роль в организме. Железы внутренней секреции. Гипофиз и его связь с другими железами. Щитовидная железа. Надпочечники.

*Железы* – органы, выделяющие особые вещества (секреты), которые участвуют в обмене веществ.

*Железы внешней секреции* – обычно имеют выводные протоки и выделяют секреты на поверхность тела (потовые, сальные) или в полости внутренних органов (слюнные, кишечные и др.).

*Железы внутренней секреции* – не имеют выводных протоков и выделяют вырабатываемые ими вещества в кровь или лимфу (гипофиз, эпифиз, вилочковая, щитовидная и околощитовидные железы и др.).

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Эндокринные железы составляют эндокринную систему.

Железы внутренней секреции вырабатывают гормоны. Способностью синтезировать гормоны обладают также слизистая оболочка кишечника, сердце, почки. Для гормонов характерна высокая биологическая активность. Небольшая молекулярная масса позволяет им легко проникать через стенки кровеносных капилляров в ткани и оказывать влияние на процессы обмена веществ, рост, развитие организма, на наше поведение. В здоровом организме

образование гормонов строго регулируется. Однако в некоторых случаях их количество может оказаться больше необходимого, и тогда говорят о *гиперфункции* железы. Ослабленную деятельность железы принято называть *гипофункцией*. Повышенная, равно как и сниженная, продукция гормонов является причиной различных заболеваний и аномалий развития.

*Щитовидная железа* располагается на шее, в области гортанных хрящей и состоит из двух долей, соединенных мостиком. Ее гормоны (*тироксин, трийодтиронин*) влияют на процессы обмена веществ: увеличивают использование белков, жиров и углеводов, повышают расход энергии, усиливают кровообращение и дыхание. *Гипофункция* щитовидной железы в *детском возрасте* приводит к задержке роста тела и развития половых желез, нарушениям психики, в наиболее тяжелых случаях к серьезному заболеванию – *кретинизму*. У взрослых при *гипофункции* возникает заболевание *микседема*, или слизистый отек. Щитовидная железа содержит йод, который жизненно необходим для ее деятельности. Характерный признак расстройства – увеличение железы в виде *зоба*. *Гиперфункция* щитовидной железы ведет к увеличению ее размеров и усиленному образованию гормонов. Избыток гормонов вызывает повышение возбудимости нервных клеток, развитие пучеглазия, учащение сердцебиения, чрезвычайное исхудание – *базедову болезнь*.

*Надпочечники* – парные железы, располагающиеся у верхних полюсов почек. В надпочечниках выделяют наружный корковый слой (90 % железы) и внутренний – мозговой. *Гормоны коркового слоя* надпочечников (*кортизон, альдостерон*) регулируют водно-солевой обмен, поддерживают на высоком уровне работоспособность, обеспечивают быстрое восстановление сил после физических нагрузок, обладают противовоспалительным действием. В корковом слое надпочечников в незначительном количестве образуются также *мужские и женские половые гормоны*. У людей с недостаточной продукцией гормонов коры надпочечников развивается *бронзовая болезнь* (Аддисонова). Больные испытывают слабость, быстро худеют. При этом заболевании происходит потемнение кожи до бронзового оттенка. *Гормоны мозговой части надпочечников* – *адреналин* и *норадреналин* называются «гормонами страха и гнева». Они ускоряют кровоток, учащают сокращения сердца, расширяют бронхи, сосуды сердца и мозга; сужают сосуды кожи и кишечника, увеличивают распад гликогена в печени и вывод глюкозы в кровь, усиливают сокращение мышц, снижают степень утомления. Все эти реакции направлены на мобилизацию ресурсов организма при тяжелой физической нагрузке или психоэмоциональном напряжении.

*Гипофиз* находится у основания мозга под гипоталамусом. Он состоит из трех долей – передней, средней и задней. Часть гормонов гипофиза влияют на деятельность эндокринных желез (надпочечников, щитовидной, половых желез), часть из них регулируют функции других тканей и органов.

Клетки *передней доли гипофиза* вырабатывают шесть гормонов – гормон роста, или *соматотропин*, принимает участие в регуляции процессов роста и

физического развития; влияет на костную и хрящевую ткани. *Избыток* соматотропина в детском возрасте ведет к чрезмерному увеличению линейных размеров тела – *гигантизму*. *Гипофункция передней доли гипофиза* является причиной *карликовости*. *Адренокортикотропный* гормон оказывает стимулирующее действие на кору надпочечников. *Тиреотропин* инициирует образование в щитовидной железе гормонов *тироксина* и *трийодтиронина*. *Гонадотропины* регулируют деятельность половых желез. Они усиливают рост и развитие мужских и женских половых клеток. *Пролактин* стимулирует рост молочных желез и образование молока у женщин после родов.

*Средняя доля гипофиза* вырабатывает *меланотропный* гормон. Он регулирует содержание в клетках кожи пигмента меланина, который определяет ее цвет: от светлого до темно-коричневого, почти черного.

В клетках *задней доли гипофиза* накапливаются *вазопрессин* (*антидиуретический гормон*) и *окситоцин*. Эти гормоны синтезируются в гипоталамусе и доставляются в гипофиз. *Вазопрессин* регулирует процесс образования мочи. Связанное с недостатком вазопрессина заболевание называют *несахарный диабет* – увеличивается суточный объем мочи. *Окситоцин* вызывает сокращение гладких мышц, стимулирует родовую деятельность, способствует выделению молока из молочных желез кормящих женщин.

Действие гормонов гипофиза на железы внутренней секреции – это пример прямой функциональной связи, а влияние гормонов на гипофиз – пример обратной связи. Функции гипофиза находятся под контролем нервной системы, в частности гипоталамуса. Вырабатываемые гипоталамусом нейрогормоны по кровеносным сосудам попадают в переднюю долю гипофиза, где усиливают или угнетают продукцию его гормонов. Гипоталамус и гипофиз образуют систему, контролирующую уровень обмена веществ, температурный режим и другие гомеостатические функции. Гипоталамо-гипофизарная система – типичный пример тесного сотрудничества нервного и гуморального механизмов регуляции функций нашего организма.

### **1.9.8. Железы смешанной секреции.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Железы смешанной секреции: поджелудочная железа, половые железы.

*Железы смешанной секреции* – обладают внутри- и внешнесекреторной секрецией (поджелудочная, половые – яичники и семенники).

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Поджелудочная железа* – железа смешанной секреции. Выполняет двойную функцию. Основная часть ее клеток, как железы внешней секреции, вырабатывает *пищеварительный сок*, который через специальный проток доставляется в кишечник. В ее эндокринных клетках вырабатываются гормоны, поступающие непосредственно в кровь (*инсулин* и *глюкагон*). *Инсулин* повышает проницаемость клеточных мембран для глюкозы, способствуя ее переходу в ткани и превращению в гликоген; оказывает противоположное действие по сравнению с адреналином, который повышает содержание

глюкозы в крови. Эти гормоны поддерживают концентрацию глюкозы на оптимальном уровне. *Глюкагон* обладает противоположным инсулину эффектом – повышает содержание глюкозы в крови; способствует выходу жиров из тканей и использованию их в качестве источника энергии. В случае снижения выработки инсулина в крови увеличивается уровень сахара, который начинает выводиться из организма в составе мочи – *сахарный диабет*.

*Половые железы* – это *семенники (яички)* у мужчин и *яичники* у женщин. В этих железах вырабатываются половые гормоны. *Мужские половые гормоны (андрогены)* регулируют рост и развитие организма, контролируют возникновение и развитие у мальчиков вторичных половых признаков (размеры и пропорции тела, волосяной покров, отложение жира, тембр голоса), влияют на поведение и психику; оказывают влияние на развитие мускулатуры, увеличивая ее массу и рельеф, контролируют созревание сперматозоидов. Женские половые гормоны (*эстрогены*) регулируют развитие вторичных половых признаков у женщин (узкие плечи и широкие бедра, округлая форма тела, тембр голоса), контролируют цикличность созревания яйцеклеток, влияют на психику и поведение. Андрогены и эстрогены вырабатываются и в мужском, и в женском организме, но у мужчин преобладают мужские половые гормоны, у женщин – женские. Во время беременности в женском организме развивается плацента – орган, осуществляющий связь плода с организмом матери в период внутриутробного развития. В плаценте вырабатываются гормоны, обеспечивающие нормальное протекание беременности и родов. При рождении ребенка плацента отторгается и прекращает свое существование как эндокринный орган.

### **1.9.9. Опорно-двигательная система.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Опорно-двигательная система. Опорно-двигательная система, ее пассивная и активная части, их функции.

Строение костей. Виды костей. Рост костей. Соединения костей.

*Движение* – основная форма активности человека при его взаимодействии с окружающей средой.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Кости скелета отличаются размерами, формой и строением. Всего в скелете человека 204-208 костей. Различают трубчатые, губчатые, плоские и смешанные кости. Форма и функции костей тесно взаимосвязаны и взаимообусловлены. *Трубчатые кости* образуют скелет конечностей (кости плеча, предплечья, бедра и голени). Они являются прочными рычагами, при участии которых возможно передвижение организма или перемещение его частей, поднятие тяжестей. Все трубчатые кости имеют вид полых цилиндров с утолщенными концами – *эпифизами* (среднюю часть называют *диафизом*). В полостях трубчатых костей находится богатая жиром ткань – желтый костный мозг. Сверху кости покрыты соединительнотканной оболочкой – *надкостницей*, которая прочно сращена с костной тканью.

За надкостницей следует слой *компактного вещества*. На конечных участках кости компактное вещество переходит в *губчатое*. И компактное, и губчатое вещества образованы костными пластинками, которые состоят из клеток (*остеоцитов*) и тонковолокнистого межклеточного вещества. В компактном веществе костные пластинки образуют сложные системы, состоящие из вставленных друг в друга цилиндров, по которым проходят кровеносные сосуды и нервы.

В *губчатом веществе* костные пластинки и перекладины образуют множество ячеек. Направление перекладин сводчатых конструкций совпадает с линиями основных напряжений. Это позволяет костям выдерживать очень большие нагрузки.

Распределение компактного и губчатого веществ и их количественное соотношение зависят от места кости в скелете и ее функции. В костях, которые выполняют функцию опоры и движения, компактное вещество преобладает. Между перекладинами губчатого вещества (в плоских и на концах трубчатых костей) содержится особый вид ткани внутренней среды – *красный костный мозг*. В нем происходит образование клеток крови – кроветворение.

*Губчатые кости* (*надколенник и кости запястья*) образованы губчатым веществом. Снаружи они покрыты тонким слоем компактного вещества. Такие кости расположены там, где необходима одновременно большая прочность и высокая подвижность.

*Плоские кости* (*лопатка, тазовая кость, кости мозгового отдела черепа*) образуют стенки полостей: грудной, брюшной, черепа – выполняют функции опоры и защиты.

*Смешанные кости* (*позвонки, кости основания черепа и др.*) состоят из нескольких частей, имеющих различное строение и форму. Они выполняют функции опоры и защиты.

Кость представляет собой живое образование, в котором происходят процессы роста и обмена веществ. В *толщину* кость растет за счет деления клеток внутреннего слоя надкостницы. Рост костей *в длину* осуществляется за счет пластинок (зон) роста, которые расположены ближе к концам костей. Здесь хрящевая ткань непрерывно растет и замещается костной тканью.

В скелете человека существует три *типа соединения костей*: неподвижное (непрерывное), *полуподвижное* (*полупрерывное*) и *подвижное* (*прерывное, или сустав*). *Неподвижные соединения костей* осуществляются посредством швов или путем срастания костей. Примером срастания костей является соединение позвонков копчика. Неподвижные соединения обеспечивают надежную защиту и опору для внутренних органов и мозга. В *полуподвижных соединениях* кости связаны между собой небольшими хрящевыми дисками, в толще которых находится полость; диски расположены между телами позвонков. Полуподвижные соединения смягчают толчки и удары; работают как биологические амортизаторы. *Подвижные соединения (суставы)* представляют собой подвижные соединения костей. Благодаря особенностям конструкции они обеспечивают подвижность костей в различных плоскостях. В *одноосевых*

*суставах* (лучелоктевом) движения возможны только в *одной оси (плоскости)* – сгибание и разгибание. В *двухосевом* (лучезапястном) суставе движения можно производить в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, сгибание-разгибание, приведение-отведение кисти. В *трехосевых суставах* (плечевой), наряду со сгибанием и разгибанием, отведением и приведением, можно производить и вращения в противоположных направлениях.

### 1.9.10. Скелет человека.

*Основные понятия и термины по теме:*

Отделы скелета человека: скелет головы, скелет туловища, скелет конечностей.

*Кость* – орган, состоящий из пластинчатой костной ткани, покрытый надкостницей и содержащий полость, в которой находится костный мозг.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

В скелете человека выделяют три отдела: *скелет головы (череп), скелет туловища и скелет конечностей.*

*Череп* защищает головной мозг и органы чувств от повреждений. В нем выделяют *два отдела: мозговой и лицевой.* В состав *мозгового отдела черепа* входят *парные теменные, височные, непарные лобная, затылочная* и некоторые другие кости. Они образуют полость, в которой располагается головной мозг. Кости черепа взрослого человека соединены между собой при помощи швов. Череп новорожденного ребенка не имеет швов, они формируются позже. Там, где сходятся кости, располагаются роднички – зоны, покрытые соединительнотканной перепонкой.

*Лицевой отдел черепа* представлен 15 костями, самые крупные из которых – верхнечелюстная и нижнечелюстная. Нижнечелюстная кость является единственной подвижной костью черепа. Челюстные кости имеют углубления – альвеолы, в которых располагаются корни зубов.

*Скелет туловища* образован позвоночным столбом, или позвоночником, и грудной клеткой. *Позвоночный столб* является основным стержнем, костной осью тела и его опорой. Он защищает спинной мозг, составляет часть грудной, брюшной и тазовой полостей и, наконец, участвует в движении туловища и головы. В связи с прямохождением позвоночный столб человека приобрел S-образную форму. Образовались четыре *изгиба: шейный, грудной, поясничный и крестцовый.* У новорожденных детей изгибов позвоночника нет. *Шейный изгиб* появляется по мере того, как ребенок начинает держать голову, *грудной и поясничный* – когда начинает сидеть и стоять. Изгибы позвоночного столба обеспечивают сохранение телом равновесия, увеличивают размеры грудной клетки, придают позвоночнику упругость при ходьбе, беге и прыжках. *Позвоночный столб* состоит из 33-34 позвонков, 7 из которых образуют шейный отдел, 12 – грудной, 5 – поясничный, 5 – крестцовый и 4-5 позвонков срослись в одну кость – копчик

*Позвонки* представляет собой кость, состоящую из *тела и дуги*, с отходящими от нее *отростками.* Позвонки, накладываясь один на другой, образуют *позвоночный столб*, или позвоночник, а их отверстия формируют

*позвоночный канал.* Между телами позвонков располагаются хрящевые образования – *межпозвоночные диски.* *Крестцовые позвонки* к 19-20 годам срастаются, образуя единую кость – *крестец*, к которой присоединяются кости таза.

*Грудная клетка* защищает внутренние органы от ударов и повреждений, принимает участие в осуществлении дыхательных движений. Образована *грудными позвонками, грудиной и 12 парами ребер.* *Ребра* представляют собой плоские и изогнутые костные дуги. К каждому позвонку одним концом прикрепляется одна пара ребер. Верхние ребра (*I-VII пары*) передним концом срастаются с грудиной – *истинные.* Ребра *VIII-X пар* – *ложные*; соединены с хрящом вышерасположенного ребра. *XI и XII пары* ребер передним концом ни к чему не присоединены – *колеблющиеся*; лежат в мягких тканях.

*Скелет верхних конечностей* представлен поясом верхних конечностей и свободными верхними конечностями.

*Скелет пояса верхних конечностей образован 2 лопатками и 2 ключицами.* *Лопатка* – плоская парная кость треугольной формы, находящаяся на задней поверхности грудной клетки. Каждая лопатка подвижно сочленяется с плечевой костью и ключицей. *Ключица* – парная кость, имеющая изогнутую S-образную форму. Она отставляет плечевой сустав на некоторое расстояние от грудной клетки и обеспечивает свободу движений верхней конечности.

*Скелет свободной верхней конечности* представлен *плечевой костью, костями предплечья (лучевая и локтевая) и кистью.* *Кисть* состоит из костей *запястья, пясти и фаланг пальцев.*

*Скелет нижних конечностей* образован *поясом нижних конечностей и свободными нижними конечностями.*

*Скелет пояса нижних конечностей* взрослого человека состоит из *крестца и двух неподвижно соединенных с ним тазовых костей.*

*Скелет свободной нижней конечности* образован: *бедренной костью (бедро), большеберцовой и малоберцовой костями (голень), костями предплюсны, плюсны и фаланг пальцев (стопа).* *Бедренная кость* – самая длинная трубчатая кость человека. Она соединяется с тазовой костью тазобедренным суставом, с большой берцовой образует коленный сустав, в состав которого входит надколенник. *Предплюсна* состоит из *семи костей*, самая крупная из них – *пяточная.* Сзади она имеет пяточный бугор, служащий опорой при стоянии, ходьбе и беге.

*Основные функции конечностей* – опора, перемещение тела в пространстве и обеспечение трудовой деятельности. С помощью верхних конечностей человек способен манипулировать предметами, осуществлять разнообразные трудовые и другие необходимые в жизни операции. Благодаря ключицам, лопаткам, грудной клетке и большому числу мелких мышц рука человека приобрела исключительную подвижность. Нижние конечности человека выдерживают большую нагрузку и целиком принимают на себя функцию передвижения. Для них характерны массивность костей, крупные и устойчивые суставы и сводчатая стопа. Развитые продольные и поперечные своды стопы

присущи только человеку. Они позволяют распределить тяжесть, падающую на стопу, уменьшают сотрясения и толчки, сообщают походке плавность и пружинистость.

Резкие неосторожные движения, прыжки, падения могут привести к повреждению костей скелета (перелому) или суставов (вывиху).

При *вывихе* изменяется положение костей в суставе – головка одной кости выскакивает из суставной впадины другой. При этом происходит растяжение, а зачастую – и разрыв связок. Вывих сопровождается сильной болью. При оказании доврачебной помощи пострадавшему с вывихом следует придать вывихнутой конечности положение, при котором отсутствуют болевые ощущения, и зафиксировать ее с помощью повязки; при сильной боли дать обезболивающее средство, к суставу приложите снег, лед или ткань, смоченную холодной водой.

*Переломы* бывают открытые и закрытые. При *закрытом переломе* на место повреждения накладывают повязку с применением шин – приспособлений, обеспечивающих неподвижность суставов и мягких тканей. Шина должна захватывать два ближайших здоровых сустава. Шину плотно, но без сдавливания, прибинтовывают к поврежденной конечности. Иногда в результате перелома нарушается целостность кожи и мягких тканей, образуется открытая рана – *открытый перелом*. Необходимо остановить кровотечение, наложить стерильную повязку, затем доставить пострадавшего в больницу.

### 1.9.11. Строение и функции мышц.

*Основные понятия и термины по теме:*

Строение и функции мышц. Основные группы скелетных мышц. Работа мышц и утомление мышц.

Значение двигательной активности для сохранения здоровья. Осанка, ее нарушения. Плоскостопие.

Первая помощь при вывихах и переломах.

*Работа мышц* – необходимое условие их жизнедеятельности.

*Гипокинезия* – недостаточная двигательная активность.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Скелетная мышца* состоит из большого количества расположенных параллельно и собранных в *пучки мышечных волокон* – активная, сокращающаяся часть. *Мышечное волокно* образовано тонкими нитями – *миофибриллами*, которые в свою очередь содержат упорядоченно расположенные тончайшие белковые нити *актина* и *миозина*. Благодаря взаимодействию последних происходит напряжение, укорочение мышцы.

Мышцы прикреплены к костям с помощью беловатых тяжей соединительной ткани – *сухожилий* (пассивная, несокращающаяся часть). Сухожилия очень прочны, практически нерастяжимы и выдерживают огромную нагрузку. Посредством сухожилий мышцы крепятся к костям.

Мышцы хорошо снабжаются кровью, которая доставляет необходимые для их жизнедеятельности кислород и питательные вещества и удаляет конечные продукты обмена. В мышцах находятся нервные окончания – рецепторы. Они

воспринимают степень растяжения и укорочения мышцы и доставляют эту информацию в спинной и головной мозг, где осуществляются процессы управления движениями. Сокращаясь, мышца перемещает кость как рычаг и производит механическую работу. В момент сокращения она укорачивается, становясь при этом толще, и сближает кости, к которым прикреплена. Таким образом мышцы производят перемещение тела или его частей в пространстве, а также другие движения.

Движение в любом суставе обеспечивается как минимум двумя мышцами, действующими в противоположных направлениях. Такие мышцы называют *антагонистами* (сгибатели и разгибатели). При каждом движении напрягаются не только мышцы, совершающие его, но и их антагонисты, противодействующие тяге и тем самым придающие движению точность и плавность. В одном направлении (сгибание или разгибание) могут действовать не одна, а несколько мышц – *синергисты*.

*Работа мышцы* зависит от ее длины и диаметра. Чем больше поперечный диаметр мышцы, тем она сильнее и тем большую работу может осуществлять. Степень сокращения мышцы определяется длиной образующих ее мышечных волокон: чем они длиннее, тем больше укорачиваются.

*Основные группы скелетных мышц*: поперечнополосатые, мышцы головы, шеи, туловища, верхних и нижних конечностей.

*Мышцы головы* – жевательные и мимические. *Жевательные* мышцы обеспечивают движения нижней челюсти, *мимические* – крепятся к кости только одним концом, другой – заканчивается в коже.

*Мышцы шеи* контролируют движения головы. Самая крупная мышца шеи – грудиноключично-сосцевидная.

*Мышцы туловища*: *мышцы груди* – обеспечивают движения грудной клетки и верхних конечностей; *мышцы спины* – способствуют движению верхних конечностей, головы и шеи, обеспечивают сохранение вертикального положения тела; *мышцы живота* – образуют брюшной пресс; с их участием происходят различные движения туловища.

*Мышцы конечностей* подразделяются на мышцы поясов верхних и нижних конечностей и свободных верхних и нижних конечностей. *Мышцы верхней конечности* – дельтовидная, дву- и трехглавая. При сокращении дельтовидная мышца поднимает руку, двуглавая и трехглавая приводят в движение предплечье (первая сгибает руку в локтевом суставе, вторая – разгибает). *Мышцы нижней конечности* обеспечивают сгибание и разгибание в коленном суставе, приводят в движение голень. Самой крупной мышцей голени является трехглавая; очень хорошо развита, так как принимает участие в поддержании вертикального положения тела.

По степени укорочения мышцы различают два основных режима мышечных сокращений: *статический* и *динамический*. К *статической работе* относится стояние, удержание головы в вертикальном положении или груза на вытянутой руке. При *динамической работе* различные группы мышц

сокращаются поочередно; не всегда сокращаются все мышечные волокна одной мышцы.

*Работа мышц* – необходимое условие их жизнедеятельности. Длительное снижение двигательной активности (*гипокинезия*) ведет к потере силы мышечного сокращения – *гиподинамии*.

Тренировка мышц способствует увеличению их объема, силы и работоспособности. Мышечная деятельность, совершаемая в высоком ритме, приводит к быстрому развитию утомления. Быстрее развивается утомление и при больших физических нагрузках. Мышечная работоспособность достигает максимального уровня при умеренном ритме и средней величине нагрузки. Для отдыха большое значение имеет смена деятельности, активный и пассивный отдых.

*Осанка* – привычное положение тела человека при стоянии, сидении, ходьбе и работе. Правильная осанка – одно из условий благоприятного функционирования организма человека, способствующее повышению его работоспособности. При неправильной осанке *голова выдвинута вперед, грудная клетка уплощена, плечи сведены кпереди, живот выпячен, грудь западает*. Сильнее подчеркнуты поясничный и грудной изгибы – «круглая спина», или сутулость. Неправильная осанка приводит к *сколиозу* – боковому искривлению позвоночного столба. При сколиозе *плечи, лопатки и таз асимметричны*. Неправильная осанка затрудняет работу сердца, легких, органов пищеварительной системы. Это приводит к снижению обмена веществ, уменьшению жизненной емкости легких, появлению головных болей, повышенной утомляемости.

Серьезной проблемой является плоскостопие. У здорового человека сводчатая стопа. Свод действует как пружина и поддерживается крепкими суставными связками и мышцами, смягчая толчки тела при ходьбе. При длительном стоянии и сидении, переносе больших тяжестей, при ношении узкой или на каблуках обуви связки растягиваются, что приводит к уплощению свода стопы.

### **1.9.12. Внутренняя среда организма.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Внутренняя среда организма. Компоненты внутренней среды организма: кровь, тканевая жидкость, лимфа. Постоянство внутренней среды организма.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

По мере усложнения организма в процессе эволюции произошло функциональное объединение *трех жидкостей тела – тканевой жидкости, крови и лимфы*. Они получили название внутренней среды организма, из которой клетки получают все необходимые им вещества.

Кровеносная и лимфатическая системы, выполняя транспортную функцию, через тканевую жидкость влияют на работу всех без исключения органов и тканей. Перемещаясь по разветвленной системе сосудов, кровь снабжает кислородом и питательными веществами каждый орган, ткань, каждую клетку

тела, уносит из них углекислый газ, конечные продукты обмена, которые могут нанести вред организму.

На уровне тканей кровь под воздействием гидростатического давления фильтруется через стенки капилляров. В межклеточные пространства выходят вода и растворенные в ней минеральные соли, питательные и биологически активные вещества. Обратно в кровь возвращается только часть отфильтрованной жидкости и растворенных в ней веществ. За сутки тканевая жидкость обновляется приблизительно на 30 %. Часть соединений (белки, соли и жиры) из тканевой жидкости переходит в лимфатические сосуды. За сутки образуется до 2 л лимфы, которая по специальным протокам возвращается в кровеносное русло, где смешивается с кровью.

Тканевая жидкость обменивается веществами только с кровью. *Лимфа образуется из тканевой жидкости* и направляется по лимфатическим сосудам в венозный отдел системы кровообращения.

Для обеспечения жизнедеятельности клеток им необходимы: постоянное потребление питательных веществ, кислорода и других соединений, удаление из цитоплазмы конечных продуктов обмена веществ.

Кровь постоянно осуществляет обмен с тканевой жидкостью, поддерживая благоприятные условия для жизнедеятельности клеток. Кровь уносит из тканевой жидкости ненужные продукты к органам выделения и доставляет кислород и необходимые питательные вещества к тканям. Благодаря движению крови становится возможным поддержание на относительно устойчивом уровне необходимых условий для существования клеток.

### **1.9.13. Состав и функции крови.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Состав и функции крови. Плазма крови. Эритроциты. Гемоглобин и его функции. Группы крови и резус-фактор. Тромбоциты. Свертывание крови. Лейкоциты. Фагоцитоз.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Общее количество крови у взрослого человека составляет 4-6 л (у мужчин - около 5,4 л, у женщин - 4,5 л).

Кровь состоит из жидкой части – плазмы– и взвешенных в ней форменных элементов. Плазма и форменные элементы крови находятся в определенном соотношении. На клетки приходится 35-45 % объема крови, остальное (55-65 %) составляет плазма. Это соотношение известно как *гематокритное число*.

*Функции крови:* 1) *терморегуляторная* – передача тепла от органов, в которых оно вырабатывается, всему организму, что обеспечивает постоянную температуру тела; 2) *газотранспортная* – перенос кислорода из легких к тканям и углекислого газа в обратном направлении; 3) *питательная* – доставка от органов пищеварительной системы к тканям необходимых соединений, солей, витаминов; 4) *выделительная* – перенос к почкам ненужных и вредных конечных продуктов обмена веществ – мочевины, мочевой кислоты; 5) *регуляторная* – транспорт гормонов и других биологически активных соединений, которые влияют на деятельность отдельных органов и тканей; 6)

*защитная* – благодаря особым клеткам (лейкоцитам) и белкам (антителам) поддерживаются биологическая индивидуальность организма, сопротивляемость инфекциям, осуществляется борьба с чужеродными телами; свертывание крови.

Все функции крови связаны с ее движением и направлены на поддержание постоянства состава и свойств внутренней среды организма. Их можно объединить в одну – *гомеостатическую*.

*Плазма* крови на 90 % состоит из воды, в которой в растворенном состоянии находятся 6-8 % белка, 0,10-0,12 % глюкозы, 1,1 % других органических веществ, 0,9 % NaCl и других неорганических компонентов.

*Белки плазмы* крови осуществляют доставку питательных веществ, витаминов и гормонов к клеткам организма. Они играют существенную роль в переносе жирных кислот, фармакологических препаратов и других соединений. Белки плазмы являются защитными антителами, связывающими и обезвреживающими проникшие в кровь антигены, принимают участие в процессах свертывания крови.

*Форменные элементы крови* представлены эритроцитами, тромбоцитами и лейкоцитами

Все форменные элементы образуются в красном костном мозге из стволовых клеток крови (клеток-предшественниц).

*Эритроциты* (от греч. *erythros* — красный) – безъядерные клетки; красными кровяными клетками. Составляют основную часть форменных элементов. Основная функция эритроцитов – *перенос дыхательных газов* ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) – тесно связана с их строением. Эритроциты эластичны, легко деформируются, что помогает им проходить по самым узким капиллярам. *Отсутствие ядра и форма двояковогнутого диска* способствуют эффективному связыванию и транспорту газов. Эритроциты более чем на 90 % заполнены *гемоглобином* (от греч. *haima* – кровь и лат. *globus* – шар) – красным дыхательным пигментом, состоящим из *белковой части (глобина)* и *активной группы (гема)*, в состав которой входит железо. В процессе переноса  $O_2$  гемоглобин превращается в *оксигемоглобин*. Гемоглобин соединяется и с  $CO_2$  – *карбгемоглобин*. Угарный газ (CO) образует прочное соединение с гемоглобином – *карбоксигемоглобин*. Количество эритроцитов в крови увеличивается при нехватке кислорода на больших высотах, при интенсивной мышечной работе. У людей, живущих в высокогорных районах, эритроцитов примерно на 30 % больше, чем у жителей морского побережья. Средняя продолжительность жизни эритроцитов 100-120 сут. По мере старения, проходя через мелкие кровеносные сосуды печени или селезенки, эритроциты приклеиваются к клеткам, выстилающим их внутреннюю поверхность, и погибают. Новые клетки, образовавшиеся в красном костном мозге, поступают в кровоток. При нарушениях кроветворной функции может развиваться тяжелое заболевание анемия. Одной из причин анемии являются дефицит железа или неспособность организма связывать его и доставлять в красный костный мозг.

Кровь каждого человека имеет индивидуальные признаки. Они связаны с присутствием в ней специфических веществ. По совокупности этих признаков выделяют *четыре группы крови* 0 (I), A (II), B (III), AB (IV). Принадлежность к той или иной группе обусловлена наличием на мембранах эритроцитов особых белков – антигенов A и B и растворенных в плазме антител  $\alpha$  и  $\beta$ . При взаимодействии соответствующих антигенов и антител (A и  $\alpha$  или B и  $\beta$ ) образуются «мостики» между несколькими эритроцитами, и они склеиваются. 0 (I) –  $\alpha \beta$ , A (II) – A  $\beta$ , B (III) – B  $\alpha$ , AB (IV) – A B.

В эритроцитах 85 % людей содержится особый белок – *резус-фактор*. Люди, в крови которых имеется этот антиген, называются *резус-положительными* ( $Rh^+$ ), те, у кого его нет, – *резус-отрицательными* ( $Rh^-$ ). Жизненно важным значение этого фактора становится при переливании крови и беременности. Если резус-отрицательная женщина вынашивает резусположительный плод, то возникает резус-конфликт. В этом случае резус-антиген плода попадает в кровь матери и провоцирует выработку специфических антител. Антитела проникают в организм плода и разрушают его эритроциты.

*Переливание крови*: переливание эритроцитарной массы (взвеси эритроцитов), свежзамороженной плазмы, плазмозаменителей, цельной крови. Людей, дающих кровь, называют (от лат. *donare* – дарить, жертвовать), человека, которому вливают кровь, – реципиентом (от лат. *recipiens* – принимающий). Кровь доноров A (II) или B (III) группы можно переливать совпадающим по группе реципиентам, и реципиенту с AB (IV) группой также только в чрезвычайных ситуациях.

*Тромбоциты* – форменные элементы крови представляют собой уплощенные безъядерные пластинки диаметром. Установлены суточные колебания количества тромбоцитов: днем в крови их больше, чем ночью. Число кровяных пластинок возрастает в 3-5 раз при тяжелой физической работе и в некоторых других случаях. Тромбоциты *образуются в красном костном мозге*. Кровяные пластинки циркулируют в крови в течение 5-7 дней и затем *разрушаются в селезенке*. Функции тромбоцитов многообразны и определяются рядом специфических свойств – способность прилипать и расплываться на чужеродной или шероховатой поверхности (на поврежденном кровеносном сосуде). Пластинки при этом резко увеличиваются в размерах; место округлой они приобретают звездчатую форму с многочисленными вытянутыми отростками – ложноножками. *Свертывание крови* – защитная реакция организма; выражается в остановке кровотечения при повреждении стенки сосуда. При повреждении кровеносных сосудов или их механическом сдавливании нежные, нестойкие кровяные пластинки – тромбоциты – разрушаются. В плазму из стенок поврежденного сосуда и тромбоцитов выделяются особые вещества – факторы свертывания. Под их влиянием происходит сложная цепь химических реакций. В результате растворимый белок *плазмы фибриноген* превращается в нерастворимый – *фибрин*. Его нити образуют густую сеть, в которой «запутываются»

эритроциты, образуя *сгусток крови (тромб)*. При отсутствии в плазме крови особых белков – участников свертывания – развивается тяжелое заболевание гемофилия. У людей, страдающих гемофилией, свертываемость крови резко понижена. Гемофилия передается по наследству. Болеют ею главным образом лица мужского пола.

Кровь содержит все необходимые для свертывания компоненты, она находится в жидком состоянии. Это объясняется наличием в ней специальных противосвертывающих веществ. К их числу относятся *гепарин, антитромбины*.

*Лейкоциты* (белые кровяные клетки, от греч. leukos – белый) являются единственными *ядросодержащими* клетками крови. Образуются в *красном костном мозге*. Продолжительность жизни лейкоцитов колеблется от нескольких часов до нескольких лет. Основная функция белых кровяных клеток – защита организма от инфекций, чужеродных белков и инородных тел, способных нанести ему вред, – поддержание гомеостаза.

Среди *незернистых лейкоцитов* различают *лимфоциты* (круглые клетки с округлыми ядрами) и *моноциты* (клетки с ядрами неправильной формы). Подавляющее большинство *зернистых лейкоцитов* приходится на долю *нейтрофилов* – клеток, способных обезвреживать инородные тела. Лейкоциты (кроме лимфоцитов) осуществляют свои функции за пределами кровеносного и лимфатического русла – в тканях. Обладая амебоидной подвижностью, они при наличии определенных раздражителей могут выходить в межклеточное пространство. Приблизившись к микроорганизму, лейкоцит обволакивает его ложноножками и втягивает внутрь цитоплазмы. Один нейтрофил может поглотить до 15-20 бактерий. Поглощение и переваривание лейкоцитами различных микроорганизмов и чужеродных веществ называется *фагоцитозом* (от греч. phagos – пожиратель), сами лейкоциты – *фагоцитами*. Явление фагоцитоза было открыто выдающимся русским ученым И. И. Мечниковым.

#### **1.9.14. Иммунная система. Кровообращение.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Иммунная система. Виды иммунитета. Вакцинация.

Сердечно-сосудистая система.

Кровообращение.

Сердце, его строение. Сердечный цикл. Автоматия.

*Иммунная система* – группа органов, участвующих в образовании иммунных клеток.

*Автоматия* – способность сердца сокращаться независимо от внешних воздействий под влиянием импульсов, возникающих в нем самом.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Кожа и слизистые оболочки являются не только физической, но и биологической преградой: вещества, содержащиеся в секретах потовых и сальных желез кожи, слезной жидкости и слюне, губительны для многих возбудителей заболеваний. Заболевания, вызываемые патогенными микроорганизмами и вирусами (корь, коклюш, свинка, грипп) и передающиеся от зараженного человека здоровому – *инфекционные*. В ответ на воздействие

болезнетворных агентов: физических, химических (ожог), биологических (внедрение микроорганизмов) возникает воспалительный процесс. Его основные общие признаки – повышение температуры тела и изменение состава крови, местные – покраснение пораженного участка, боль и отек. Вторым барьером для повреждающих факторов становится *иммунная система* – группа органов, участвующих в образовании иммунных клеток. В ее состав *входят красный костный мозг, вилочковая железа (тимус), лимфатические узлы, селезенка.*

*Иммунитет* – способность организма противостоять вмешательству чужеродных веществ и инфекционных агентов (антигенов), а также сохранить химическое постоянство внутренней среды и свою биологическую индивидуальность.

*Антигены* – это вещества, которые воспринимаются организмом как генетически чужие и вызывают специфический иммунный ответ.

Неспецифического иммунитета – фагоцитоз. Главную роль в *специфическом* иммунном ответе организма играют незернистые лейкоциты – лимфоциты. Среди них выделяют два типа клеток, которые обладают способностью безошибочно выявлять болезнетворные микроорганизмы, чужие или переродившиеся (опухолевые) собственные клетки. При проникновении в организм антигенов лимфоциты одного типа превращаются в особые клетки – *плазмоциты* — «фабрики» по производству антител.

*Антитела* – представляют собой белки, обладающие способностью специфически связываться с возбудителями заболеваний; они препятствуют размножению болезнетворных микроорганизмов и нейтрализуют выделяемые ими токсические вещества. Основную роль в описанной иммунной реакции играют защитные вещества, выделяющиеся в плазму крови, этот вид иммунитета называется *гуморальным*. Лимфоциты другого типа вступают в непосредственный контакт с антигеном, разрывают его мембрану и уничтожают – *клеточный иммунитет*. Для гуморального и клеточного иммунитета характерно то, что часть лимфоцитов при первом контакте с антигеном делится и превращается в клетки иммунной памяти. Это клетки-долгожители. При повторной встрече с антигеном они «узнают» его и интенсивно делятся. В результате в крови быстро увеличивается содержание лимфоцитов.

Различают врожденный и приобретенный иммунитет. *Врожденный иммунитет* генетически обусловлен; передается по наследству; характеризуется невосприимчивостью одного биологического вида к возбудителям, вызывающим заболевания у других видов. *Приобретенный иммунитет* бывает естественным и искусственным. *Естественный иммунитет* может сформироваться в результате перенесенного инфекционного заболевания. Он сохраняется в течение длительного времени, так как в крови выздоровевшего человека остаются клетки иммунной памяти против возбудителя перенесенной болезни. Иммунитет можно выработать искусственно. При *активной иммунизации* вводят вакцину – ослабленных (убитых) возбудителей заболевания или их фрагменты, против которых

организм сам вырабатывает антитела. Искусственный иммунитет не отличается устойчивостью. Со временем организм утрачивает иммунитет к этому заболеванию, и тогда при попадании в него возбудителей той или иной болезни человек может заболеть снова. По этой причине прививки против некоторых инфекций через определенные промежутки времени необходимо повторять. Широко пользуются *пассивной иммунизацией*. При этом заболевшему человеку *вводят сыворотку* крови переболевших людей или животных. В ней уже есть готовые антитела против возбудителя болезни.

Непрерывная циркуляция крови обеспечивается работой сердца, которое вместе с сосудами образует систему кровообращения. У человека сердечно-сосудистая система замкнутая. Она включает в себя малый и большой круги кровообращения. Кровеносные сосуды присутствуют почти во всех тканях. Их нет только в ногтях, хрящах, эмали зубов, хрусталике глаза, эпителии кожи. Питание клеток этих структур обеспечивается диффузией необходимых веществ из пограничных тканей.

*Сердце* располагается в грудной полости почти по средней линии тела, за грудиной, несколько влево от нее. Верхняя, расширенная часть сердца, от которой отходят сосуды, называется основанием, нижняя, несколько суженная часть, – вершуккой. Сердце – полый орган. Стенка состоит из трех слоев (оболочек): наружного соединительнотканного (*эпикарда*), среднего – мышечного (*миокарда*) и внутреннего, образованного однослойным плоским эпителием (*эндокарда*). Эпикард плотно срастается с миокардом. Сердце находится в околосердечной сЭУМKe – *перикарде*. Между эпикардом и перикардом имеется замкнутая полость, содержащая незначительное количество жидкости, которая уменьшает трение сердца при его сокращениях. Сердце состоит из *правой и левой половин*, в каждой из которых находятся *предсердие и желудочек*, которые сообщаются друг с другом через *предсердно-желудочковые* отверстия, которые закрыты в *левой половине двустворчатым, в правой – трехстворчатым клапанами*. Мышечная стенка предсердий значительно тоньше и слабее стенки желудочков. Это объясняется тем, что предсердия выполняют менее интенсивную работу по сравнению с желудочками. Особенно большая нагрузка по перемещению крови ложится на левый желудочек. От правого желудочка отходит *легочный ствол*, от левого – *аорта*. Отверстия, от которых начинаются эти сосуды, закрыты *полулунными клапанами*. Они открываются только во время сокращения желудочков. Работа клапанов сердца обеспечивает однонаправленность кровотока: из предсердий в желудочки, из желудочков в артериальные сосуды, отходящие от сердца.

Деятельность сердца характеризуется чередованием сокращения и расслабления предсердий и желудочков. *Сокращение – систолой, расслабление – диастолой*. Период, охватывающий одно сокращение и расслабление сердца, называется *сердечным циклом*. В состоянии покоя сердце здорового человека сокращается в среднем 75 раз в минуту. При таком ритме один сердечный цикл продолжается 0,8 с. Из этого времени *систола предсердий* в среднем занимает 0,1 с, *систола желудочков* – 0,3 с, *период общей паузы* – 0,4 с.

Количество крови, выбрасываемой желудочком за одно сокращение, называют ударным или систолическим объемом. Умножив частоту сердечных сокращений на систолический объем можно вычислить минутный объем крови.

Предельно возможная частота сердечных сокращений у человека не превышает 210 ударов. Способность сердца сокращаться независимо от внешних воздействий под влиянием импульсов, возникающих в нем самом, называется *автоматией*. Источником автоматии служат входящие в состав миокарда скопления особых мышечных клеток – *водители ритма*, которые генерируют электрические импульсы. Скопления таких мышечных клеток образуют несколько узлов в различных отделах сердца. В них находятся не только мышечные, но и нервные клетки. Главный узел проводящей системы сердца расположен в месте впадения верхней и нижней полых вен в правое предсердие. Здесь возникают импульсы, определяющие ритм сердечных сокращений. Под воздействием этих импульсов мышечная ткань сердца сокращается, изгоняя кровь из полостей сердца. Если в силу каких-либо причин в главном узле возбуждение не возникает, роль водителя ритма берет на себя узел, расположенный в толще сердечной перегородки на границе предсердий и желудочков.

### 1.9.15. Строение и функции кровеносных сосудов.

*Основные понятия и термины по теме:*

Строение и функции кровеносных сосудов. Большой и малый круги кровообращения. Движение крови по сосудам. Кровяное давление, пульс.

Нейрогуморальная регуляция кровообращения.

*Артерии* – сосуды, несущие кровь от сердца к органам и тканям тела. *Вены* – сосуды, несущие кровь от органов и тканей к сердцу.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Кровеносные сосуды подразделяются на артерии, капилляры и вены. *Артерии* – сосуды, несущие кровь от сердца к органам и тканям тела. Стенка артерии состоит из трех оболочек. *Наружная соединительнотканная оболочка* придает артериям прочность. *Средняя оболочка* состоит из *эластических волокон* и хорошо развитого слоя *гладких мышечных клеток*, расслабление или сокращение которых меняет внутренний диаметр сосуда. Этим обеспечивается регуляция доставки необходимого количества крови к тканям и органам. *Внутренняя оболочка* образована одним слоем плоских клеток – *эндотелием* – и *соединительной тканью*. Внутренняя оболочка придает артериям прочность. Артерии, многократно разветвляясь, образуют все более мелкие сосуды – *артериолы*, которые тоже способны изменять свой просвет. Самые мелкие артериолы переходят в капилляры. *Капилляры* – тончайшие сосуды, проникающие практически во все органы и ткани организма и образующие в них густую сеть. В капиллярах происходит обмен различных веществ и газов между кровью и тканевой жидкостью. Эти процессы возможны потому, что стенки капилляров представлены одним слоем неплотно примыкающих друг к другу клеток (*эндотелием*). Проходя через капилляры, кровь в результате

диффузии отдает кислород и питательные вещества и обогащается углекислым газом и конечными продуктами обмена веществ.

Из капилляров кровь поступает в *венулы* – мелкие вены. Стенки капилляров и венул имеют сходное строение. Функция венул – отведение крови от органов, участие в обмене веществ между кровью и тканевой жидкостью. Такое строение стенок сосудов решает важнейшую проблему – обеспечивает все клетки организма необходимыми для жизнедеятельности продуктами и уносит от них ненужные вещества. Из венул кровь собирается в более крупные кровеносные сосуды – *вены*, несут насыщенную углекислым газом и продуктами обмена веществ, кровь (венозную) от органов и тканей к сердцу (исключая легочные вены, которые несут артериальную кровь). Как правило, количество вен превосходит количество приносящих артерий, что улучшает отведение крови от органов. В венозном русле находится 2/3 объема всей циркулирующей крови. Такая организация кровеносного русла позволяет быстро осуществлять усиление кровоснабжения или перераспределение крови: направлять кровь в необходимом объеме к тому или иному органу (за счет увеличения притока венозной крови к сердцу или снижения кровоснабжения других органов). Стенки вен значительно тоньше и эластичнее стенок артерий. Их мышечный слой развит относительно слабо, иногда и вовсе отсутствует. В некоторых венах (в венах нижних конечностей) есть карманоподобные клапаны, препятствующие обратному току крови.

Движение крови происходит по двум замкнутым системам сосудов, каждая из которых соединена с сердцем, – большому (системному) и малому (легочному) кругам кровообращения. Кровь, циркулирующая по *большому кругу кровообращения*, снабжает все клетки тела кислородом и питательными веществами и обеспечивает выведение из них углекислого газа и других продуктов распада. Начинается *большой круг кровообращения* от левого желудочка сердца самой крупной артерией – аортой. Она идет вверх, образуя дугу, и затем спускается вниз вдоль позвоночного столба. От дуги аорты под высоким давлением кровь поступает в крупные артерии. Они несут кровь к голове и верхним конечностям. Ниже от дуги аорты отходят крупные артерии, снабжающие кровью туловище, внутренние органы и нижние конечности. Продвижению крови к сердцу способствуют: перепад давления в грудной полости при дыхании, тонус скелетных мышц и клапанный аппарат вен. Заканчивается большой круг кровообращения верхней и нижней полыми венами, впадающими в правое предсердие (здесь самое низкое давление крови). По верхней полой вене к сердцу притекает кровь от головы, шеи и верхних конечностей, а нижняя полая вена несет в сердце кровь от туловища, органов брюшной полости и нижних конечностей.

Из правого предсердия венозная кровь попадает в правый желудочек. Из него кровь выталкивается в легочный ствол, который делится на две легочные артерии, входящие в легкие. Это *малый круг кровообращения*. В легочных артериях давление значительно ниже, чем в артериях большого круга кровообращения. Войдя в легкие, они ветвятся на артериолы все меньшего

диаметра вплоть до капилляров. Проходя через капилляры легких, кровь в результате диффузии теряет  $\text{CO}_2$  и насыщается кислородом (превращается в артериальную). Капилляры сливаются в вены, которые, в свою очередь, формируют вены, и, наконец, по легочным венам артериальная кровь попадает в левое предсердие сердца.

Движение крови в сосудах встречает противодействие – сосудистое, или периферическое, сопротивление. Сопротивление току крови напрямую зависит от просвета сосуда. Чем меньше диаметр сосуда, тем большее сопротивление встречает кровь на своем пути. Чем дальше от сердца находится сосуд, тем меньшей кинетической энергией обладает кровь, и скорость ее движения снижается. Наибольшая скорость тока крови наблюдается в *аорте* – примерно  $0,5 \text{ м/с}$ , в *капиллярах* она наименьшая – примерно  $0,5-1,2 \text{ мм/с}$ . Скорость движения крови в *венах* по мере приближения к сердцу постепенно увеличивается до  $0,2 \text{ м/с}$ .

В кровеносных сосудах циркулирует не вся кровь. Часть ее находится в *кровеносных депо* – селезенке, коже, печени, легких. В кровеносных сосудах кожи может храниться до 1 л крови.

Несмотря на то, что кровь поступает в аорту и легочную артерию порциями, по сосудам она течет непрерывной струей. Непрерывность движения крови обусловлена упруго-эластичными свойствами стенок артерий и значительным сопротивлением току крови в мелких сосудах. Так как стенки аорты и артерий, с одной стороны, обладают эластичностью, они растягиваются во время систолы желудочков и вмещают в себя выбрасываемую сердцем кровь. С другой стороны, упругие стенки сосудов ограничивают возможность увеличения их емкости, поэтому проталкивают кровь вперед. Из-за этого происходит растяжение стенок и последующее повышение давления на соседнем участке. Периодические колебания стенок сосудов, вызванные изменениями давления крови в течение одного сердечного цикла, называются *пульсом*. Пульс можно прощупать в местах, где артерии (лучевая, височная, стопы) проходят в непосредственной близости к коже. Пульс дает представление о скорости, силе и ритме сердечных сокращений, а также о состоянии артерий. Скорость распространения пульсовой волны не зависит от скорости кровотока. Она определяется свойствами стенок сосудов, их жесткостью.

У здорового человека уровень кровяного давления в различных сосудах неодинаков, но относительно постоянен. Стабильное давление – следствие эффективной регуляции просвета сосудов и силы сердечных сокращений. В течение сердечного цикла давление в аорте колеблется от 115-140 мм рт. ст. до 60-85 мм рт. ст. Эти колебания отражают ритмическую деятельность сердца. Давление в момент сокращения желудочков получило название *систолического* или *максимального артериального давления*, в момент диастолы – *диастолического* или *минимального артериального давления*. В мелких артериях давление снижается до 60-70 мм рт. ст., в капиллярах оно составляет 30-40 мм рт. ст., в мелких венах – 10-20 мм рт. ст., в полых венах вблизи места

их впадения в правое предсердие приближается к нулю. Благодаря разности давления в артериальном и венозном отделах обоих кругов кровообращения кровь продвигается по сосудам и возвращается к сердцу.

Повышенное давление крови в сосудах, обусловленное увеличением их тонуса и производительности сердца, получило название «*гипертензии*», пониженное давление крови в сосудах – «*гипотензия*».

Сердце является центральным органом системы кровообращения. Оно способно самостоятельно регулировать режим и характер своей работы. Один из основных механизмов саморегуляции связан с изменением длины рабочих волокон миокарда. Чем больше крови притекает к сердцу во время диастолы, тем больше растянуты мышечные волокна и тем сильнее они сокращаются. Благодаря этому сердце работает как автоматический насос, прокачивающий любое количество крови, поступающее к нему. Для нормальной работы сердцу необходим нервный контроль. Он быстро приспосабливает силу и частоту сердечных сокращений (производительность сердца) к текущим запросам по снабжению кровью работающих органов. К сердцу от продолговатого мозга идут парасимпатические (блуждающий), от спинного мозга – симпатические нервы. Они влияют на уровень обмена веществ в мышечных клетках и клетках водителей ритма, создавая этим благоприятные условия для регуляции частоты и силы сердечных сокращений. Парасимпатический отдел нервной системы замедляет и ослабляет работу сердца. При стимуляции симпатических нервов, идущих к сердцу, его сокращения учащаются и усиливаются. В основе этих эффектов лежит действие биологически активных соединений (*ацетилхолина* и *норадреналина*) на кровообращение и обмен веществ в мышечных клетках сердца.

Сократимость сердечной мышцы зависит и от ионного состава крови. Увеличение концентрации ионов *калия тормозит*, *избыток ионов кальция усиливает* работу сердца.

Уровень кровоснабжения зависит от интенсивности обмена веществ и потребностей тканей в кислороде, от накопления продуктов обмена.

При физической нагрузке в органах брюшной полости кровоснабжение снижается, в мышцах – увеличивается. Ведущим отделом нервной системы, через который осуществляются практически все влияния на сосуды и сердце, является *сосудодвигательный центр продолговатого мозга*. Его активность регулируется нервными импульсами, поступающими от органов и тканей, а также из различных отделов ЦНС (коры больших полушарий, промежуточного мозга). Нервные влияния на сосуды осуществляются преимущественно симпатическими нервными волокнами. Парасимпатические нервы не оказывают влияния на просвет большинства кровеносных сосудов.

Функциональное состояние сердца и гладкой мускулатуры кровеносных сосудов находится под контролем биологически активных веществ – выброс в кровь гормона надпочечников адреналина. Артерии кожи, почек и органов пищеварения он сужает, сосуды скелетных мышц расширяет. Так адреналин способствует перераспределению крови в организме.

### 1.9.16. Строение и функции лимфатической системы.

*Основные понятия и термины по теме:*

Первая помощь при кровотечениях.

Строение и функции лимфатической системы. Образование и движение лимфы.

*Лимфа* – прозрачная, практически бесцветную жидкость, содержащаяся в лимфатических сосудах.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

В большинстве органов наряду с кровеносными присутствуют лимфатические сосуды, содержащие прозрачную и практически бесцветную жидкость – *лимфу*. В ней меньше белков, чем в плазме крови, много лимфоцитов, отсутствуют эритроциты.

Лимфатические капилляры являются начальным звеном лимфатической системы. Они имеются во всех органах и тканях человека, кроме головного и спинного мозга и их оболочек, а также хрящей и костного мозга. Начинаются лимфатические капилляры слепо, иногда в виде булавовидных расширений. Стенки лимфатических капилляров образованы одним непрерывным слоем клеток. *Лимфатические капилляры* имеют большой диаметр. У них присутствуют выпячивания и расширения в местах слияния. Лимфатические капилляры, соединяясь, формируют замкнутые сети.

Количество лимфы в организме человека составляет примерно 1,5-2 л. Образование лимфы обеспечивается постоянным поступлением жидкости в ткани из плазмы крови и ее переходом из тканевых пространств в лимфатические капилляры. Из капилляров лимфа поступает в более крупные *лимфатические сосуды*, которые имеют мышечные «манжетки» – спиралевидные образования, сокращения которых способствуют перемещению лимфы. Оно также обеспечивается двигательной активностью внутренних органов, сокращениями скелетных мышц тела и низким давлением в венах. Обратному току лимфы, как и в венах, препятствуют клапаны, которые расположены между манжетками.

По ходу лимфатических сосудов располагаются специальные образования – лимфатические узлы. Некоторые из них расположены в глотке миндалина (гланды). Снаружи лимфатические узлы покрыты капсулами, от которых внутрь узла отходят перегородки. Между перегородками находятся лейкоциты, участвующие в очищении лимфы от чужеродных объектов. Лимфатические узлы выполняют защитную функцию, обеспечивая постоянство внутренней среды организма.

Лимфатическая система заканчивается правым лимфатическим и грудным протоками. Они изливают лимфу в вены большого круга кровообращения недалеко от сердца. Наряду с защитной функцией лимфатическая система дополняет функции кровеносной, возвращая белки, жиры, воду и минеральные вещества из межклеточной жидкости в кровь.

Нарушение целостности кожи и мягких тканей, как правило, сопровождается кровотечением. *Кровотечения* могут быть *внешними*, когда

кровь выливается наружу, и *внутренними*, когда целостность кожных покровов не нарушена и кровь изливается внутрь органа, в полость тела или межклеточное пространство. При небольших поверхностных поражениях сосудов, когда кровь вытекает в рыхлую клетчатку, обычно возникает *гематома (синяк)*.

При ушибе головы излившаяся из сосудов кровь скапливается под надкостницей, образуя «шишку». «Шишку» можно уменьшить, прижав к ушибленному месту холодный предмет. Холод способствует сужению сосудов и уменьшению боли.

Если рана небольшая и кровь сочится слабо, повреждена капиллярная сеть – *капиллярное кровотечение*. В этом случае желательно промыть пораженный участок перекисью водорода, смазать его края йодной настойкой или бриллиантовым зеленым («зеленкой»). После этого следует зажать рану марлевым тампоном. Если этим приемом удалось остановить кровь, повязку можно не накладывать.

При *венозном кровотечении* кровь вишневого цвета вытекает довольно сильной струей, ровно, без толчков. Края раны часто расходятся, и она становится зияющей. Оказывая помощь в этом случае, надо смазать кожу вокруг раны йодной настойкой, закрыть ее стерильной салфеткой (можно из бинта) и туго перебинтовать. Стенки вен мягкие, и, сдавливая их, повязка способствует остановке кровотечения. Если повязка не останавливает кровотечение, ниже места повреждения следует наложить жгут.

*Артериальные кровотечения* нетрудно узнать: ярко-алая кровь вырывается из раны пульсирующей струей, при повреждении крупного сосуда фонтанирует. Артериальное кровотечение опасно тем, что пострадавший может быстро потерять много крови. При ранении крупной артерии нужно попытаться пережать ее пальцами выше места повреждения. Затем пораженную конечность приподнимают вверх и место, на которое будут накладывать жгут (5-7 см выше раненого участка), оборачивают имеющейся в наличии мягкой тканью. Под конечность подводят жгут и свободно завязывают его. В получившуюся петлю просовывают небольшую палочку или любой другой прочный предмет и вращают его до тех пор, пока кровотечение не остановится. Конец палочки привязывают к жгуту. Далее приступают к обработке раны, наложению повязки и доставке пострадавшего в медицинское учреждение. Под жгут надо положить записку с указанием времени его наложения: в теплое время года жгут можно не снимать в течение 2 ч, в холодное – 1 ч. Если в течение этого времени доставить пострадавшего в больницу не удалось, жгут надо ослабить на 2-3 мин, чтобы не произошло омертвление тканей, а потом затянуть снова.

В случае носового кровотечения пострадавшего укладывают на спину и вставляют в носовой ход туго скрученный ватный тампон, смоченный раствором перекиси водорода, на переносицу кладут холодный компресс.

### **1.9.17. Дыхательная система.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Дыхательная система. Значение дыхания. Строение и функции дыхательных путей. Строение легких.

*Дыхание* – поступление в организм кислорода, использование его для окисления органических веществ с освобождением энергии и удаление углекислого газа.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Жизнедеятельность организма человека сопряжена с постоянными энергозатратами и энергообразованием. Больше всего энергии образуется при окислении органических веществ, в присутствии кислорода. Оба эти процесса протекают с поглощением кислорода и выделением углекислого газа. Поступление в организм кислорода, использование его для окисления органических веществ с освобождением энергии и удаление углекислого газа называется *дыханием*. Дыхание осуществляется специальными органами и включает следующие процессы: поступление в легкие и выведение из них воздуха (внешнее дыхание); газообмен в легких; перенос газов кровью; газообмен в тканях; клеточное, или тканевое, дыхание.

Система органов дыхания состоит из *воздухоносных путей* (*носовая полость, носоглотка, гортань, трахея и бронхи*) и *легких*. По воздухоносным путям перемещается вдыхаемый и выдыхаемый воздух, в легких совершается газообмен между воздухом и кровью.

*Воздухоносные пути* начинаются носовой полостью, которая делится сплошной перегородкой на правую и левую половины, содержащие по три *носовых хода*. Воздух в носовую полость проникает через парные отверстия – *ноздри*. От полости рта носовая полость спереди отделена *твердым*, сзади – *мягким нёбом*. У наружного края ноздрей располагаются волоски, препятствующие проникновению в дыхательную систему крупных частиц пыли. *Эпителий*, выстилающий носовую полость, выделяет *слизь*, которая склеивает пылинки и губительно действует на микроорганизмы. Здесь также расположены рецепторы, реагирующие на запахи. Слизистая оболочка носовых ходов обильно снабжена кровеносными сосудами. Благодаря их поверхностному расположению вдыхаемый воздух согревается и увлажняется.

Из носовой полости воздух попадает в *носоглотку* и дальше в гортань. *Гортань* образована несколькими *хрящами*, соединенными между собой *связками* и мышцами. Самый крупный из хрящей – *щитовидный*. Он состоит из двух пластин, сомкнутых спереди под углом. У мужчин этот хрящ выступает вперед, образуя на шее *кадык*. Над гортанью располагается *надгортанник* – хрящ листовидной формы. При глотании он закрывает вход в гортань.

В складки слизистой оболочки боковых стенок гортани заключены *голосовые связки*. Когда человек спокойно дышит, связки разведены. При сведении связок щель между ними сужается. Они начинают вибрировать – образуются звуки. У мужчин голосовые связки длиннее и толще, поэтому мужской голос более низкий, грубый. В формировании членораздельной речи принимают участие голосовые связки, язык, зубы, губы, щеки.

*Трахея* (от греч. *tracheia* – дыхательное горло) имеет длину 10-13 см. Ее образуют 16-20 *хрящевых полуколец*, несомкнутая часть которых обращена к пищеводу. Изнутри трахея, как и полость носа, выстлана эпителием, реснички которого выводят пылевые частицы из легких в глотку.

На уровне IV-V грудных позвонков трахея делится на *левый и правый бронхи*. Бронхи в отличие от трахеи состоят из *цельных хрящевых колец*. В легких бронхи последовательно ветвятся на трубки все меньшего диаметра, образуя бронхиальное дерево. В самых мелких бронхах (бронхиолах) хряща нет, их стенки состоят из *эластических волокон*.

*Легкие* (правое и левое) занимают большую часть грудной клетки. Они плотно прилегают к ее стенкам, оставляя место для сердца, крупных сосудов, пищевода и трахеи. Легкие снаружи и грудная полость изнутри покрыты тонкими плотными оболочками. Между ними находится узкая щель, называемая *плевральной полостью*. Она содержит небольшое количество жидкости, которая уменьшает трение легких о стенки грудной полости при дыхании. Благодаря отрицательному давлению внутри плевральной полости легкие всегда находятся в расправленном состоянии и следуют за движениями грудной клетки. Бронхиолы легких разветвляются на ходы с мешочками, каждый из которых образован множеством легочных пузырьков – *альвеол*, окруженных снаружи густой сетью капилляров.

### **1.9.18. Дыхательные движения.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Дыхательные движения. Жизненная емкость легких. Газообмен в легких и тканях. Транспорт газов кровью. Нейрогуморальная регуляция дыхания.

Гигиена дыхания.

*Жизненная емкость легких* – сумма дыхательного объема, резервного объема выдоха, резервного объема вдоха.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Для эффективного дыхания необходима постоянная смена воздуха в альвеолах – *вентиляция*. Она обеспечивается регулярными движениями грудной клетки – *вдохом и выдохом*.

*Вдох* осуществляется за счет сокращения наружных межреберных мышц и *диафрагмы* – куполообразной сухожильно-мышечной перегородки, отделяющей грудную полость от брюшной. Межреберные мышцы приподнимают и отводят ребра несколько в стороны. При сокращении диафрагмы ее купол опускается, в результате чего объем грудной полости увеличивается. Ткань легких обладает эластическими свойствами – она способна растягиваться, поэтому легкие следуют за грудной клеткой. Этому способствуют возрастание разрежения в плевральной полости и увеличение присасывающей силы. Увеличение объема легких ведет к падению давления в альвеолах, и в них через дыхательные пути засасывается атмосферный воздух.

При спокойном дыхании *выдох* происходит пассивно. Наружные межреберные мышцы и диафрагма расслабляются, ребра возвращаются в исходное положение, и объем грудной клетки уменьшается. Так как легкие

обладают определенной упругостью, они принимают первоначальную форму. Вследствие этого давление воздуха в альвеолах становится выше атмосферного, и он выходит наружу. При физической нагрузке выдох становится активным. В его осуществлении принимают участие внутренние межреберные мышцы и мышцы брюшной стенки.

В состоянии покоя взрослый человек делает в среднем 15-17 дыхательных движений в минуту. При мышечной работе дыхание может учащаться в несколько раз. У тренированных людей оно редкое и глубокое. При глубоком дыхании воздух проникает в большее количество альвеол и растягивает их. В результате условия газообмена улучшаются, и кровь дополнительно насыщается кислородом.

При спокойном дыхании в легкие поступает около  $500 \text{ см}^3$  воздуха – это *дыхательный объем*. После спокойного выдоха можно дополнительно выдохнуть еще примерно  $1500 \text{ см}^3$  – это *резервный объем выдоха*. После спокойного вдоха человек может дополнительно вдохнуть еще  $1500 \text{ см}^3$  – это *резервный объем вдоха*. Сумма трех указанных объемов составляет *жизненную емкость легких*, которая в среднем равна  $3500 \text{ см}^3$ . Измерить величину жизненной емкости легких можно с помощью специальных приборов – спирометра или спирографа, представить графически в виде спирограммы.

При спокойном дыхании в альвеолах поддерживается относительно постоянный газовый состав. Альвеолярный воздух не должен существенно менять свой газовый состав. В противном случае нарушится стабильность процессов диффузии газов из крови. Так как в альвеолах кислорода всегда больше, чем в крови капилляров, он перемещается в зону пониженного давления. Содержание углекислого газа больше в крови, чем в альвеолах, поэтому он следует из капилляров в альвеолы. Вентиляция и газообмен в легких осуществляются в соответствии с законами физики.

Кислород транспортируется кровью от легких ко всем органам и тканям организма. Его основными переносчиками являются эритроциты. Находящийся в них гемоглобин (железо, входящее в его структуру) связывает кислород, превращаясь при этом в оксигемоглобин. Углекислый газ транспортируется кровью в обратном направлении – от тканей, где он непрерывно образуется, к легким. Попадая в кровь, он, как и кислород, направляется в эритроциты. Здесь  $\text{CO}_2$  взаимодействует с водой, образуя нестойкую угольную кислоту ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), которая диссоциирует на ионы  $\text{H}^+$  и  $\text{HCO}_3^-$  –  $\text{HCO}_3^-$  – поступает из эритроцитов в плазму и с ней переносится к легким, где вновь проникает в эритроциты и совместно с ионом  $\text{H}^+$  образует  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Углекислый газ из капилляров поступает в альвеолы и выходит наружу в составе выдыхаемого воздуха

Обмен газов в тканях происходит в капиллярах органов, где кровь отдает кислород и насыщается углекислым газом. Так как в клетках кислород постоянно используется, его концентрация здесь ниже, чем в капиллярах. Поэтому из просвета сосудов он проходит через тканевую жидкость и проникает в клетки, обеспечивая протекание процессов биологического окисления. Углекислый газ поступает из клеток в капилляры, где его очень

мало, и током крови транспортируется в легкие, где по законам диффузии происходит обмен газов. Пройдя через легкие, венозная кровь становится артериальной и поступает в левое предсердие.

Структуры, регулирующие дыхание, находятся в коре больших полушарий и в продолговатом мозге. Совокупность нейронов, обеспечивающих ритмическую деятельность дыхательных мышц, называется *дыхательным центром*. В зависимости от того, в какую фазу дыхательного цикла эти нейроны усиливают свою активность, выделяют нейроны вдоха и выдоха. От *нейронов вдоха* возбуждение передается на нервные клетки спинного мозга, под контролем которых находится сокращение дыхательных мышц. Увеличение объема легких приводит к возбуждению рецепторов воздухоносных путей и альвеол. Импульсы от них поступают в продолговатый мозг, вызывая торможение нейронов вдоха и стимулируя нейроны выдоха. В результате диафрагма и наружные межреберные мышцы расслабляются, и происходит выдох. Раздражение слизистой оболочки носа пылью или резко пахнущими веществами вызывает остановку дыхания и смыкание голосовых связок. При этом давление в грудной полости резко нарастает, и наступает момент, когда воздух с силой прорывается через голосовые связки в носовую полость – возникает характерный звук чиханья. Вместе с воздухом и слизью выделяются и раздражители слизистой оболочки.

При мышечной работе в крови накапливается углекислый газ и другие недоокисленные продукты обмена. Как только уровень углекислого газа в крови повышается, ритмическая активность дыхательного центра возрастает и, как следствие, увеличиваются частота и глубина дыхания. В результате вентиляция легких становится адекватной текущему состоянию организма. При понижении концентрации углекислого газа в крови тонус дыхательного центра снижается, и организм переходит на более спокойный режим дыхания, соответствующий уровню обменных процессов.

При правильном дыхании выдох несколько длиннее вдоха. Такой характер дыхания наиболее благоприятен для продуктивной умственной деятельности и умеренных физических нагрузок. Одно из важных условий полноценного дыхания – хорошо развитая грудная клетка.

При отравлении угарным или бытовым газом пострадавшего необходимо как можно скорее вынести на свежий воздух и вызвать «скорую помощь».

Затруднение или остановка дыхания могут наступить как вследствие заболевания, так и в результате несчастного случая. Наиболее частой причиной прекращения поступления воздуха в легкие является закупорка глотки инородными телами. В этом случае нужно попытаться достать посторонний предмет пальцем. Если инородное тело попало в трахею или бронхи, для его извлечения понадобится специальная медицинская аппаратура.

При остановке дыхания в результате утопления необходимо как можно скорее удалить из воздухоносных путей и легких утонувшего воду, песок и рвотные массы. С этой целью его кладут животом на колени и резкими движениями сдавливают грудную клетку. Затем пострадавшего

переворачивают на спину, предварительно освободив шею и грудь от одежды. Под лопатки следует положить твердый валик, голову запрокинуть и приступить к искусственному дыханию. Оказывающий первую помощь периодически (примерно 16-18 раз в минуту) активно вдвует воздух через марлю или носовой платок в рот пострадавшего. Если его грудная клетка при этом расширяется, помощь оказывается верно. Затем надавливают на грудную клетку пострадавшего и вызывают выдох. В выдыхаемом воздухе содержится 16-17 % кислорода, которого вполне достаточно для обеспечения газообмена в организме. А высокое содержание углекислого газа (3-4 %) стимулирует дыхательный центр. При отсутствии пульса искусственное дыхание сочетают с непрямой массажем сердца. Для этого сразу после каждого вдвухания воздуха в легкие следует производить 4-5 быстрых надавливаний на нижнюю часть грудины, стараясь прогнуть ее на 4-5 см по направлению к позвоночнику.

### **1.9.19. Пищеварительная система.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Пищеварительная система. Обмен веществ.

Значение питания и пищеварения. Пищеварительные ферменты, их свойства и значение.

*Пищеварение* – совокупность процессов, обеспечивающих механическое измельчение пищи, расщепление питательных веществ на компоненты, пригодные к участию в обмене веществ, и их всасывание.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Энергию для восстановления численности клеток организм извлекает из поступивших в него питательных веществ – углеводов, белков и жиров. В питании участвуют также вода, минеральные соли, витамины, не имеющие энергетической ценности. Усвоение питательных веществ становится возможным только после предварительной физической и химической обработки пищи. Суть *физических* изменений пищи заключается в ее механическом измельчении, перемешивании и растворении. Без химической обработки питательные вещества, представляющие собой высокомолекулярные соединения, не могут всосаться в кровь и использоваться клетками организма. *Химические* изменения включают ряд последовательных этапов расщепления белков, жиров и углеводов.

Через стенку пищеварительного тракта *в кровь и лимфу* поступают лишь преобразованные, простые, хорошо растворимые в воде и лишенные видовой специфичности химические соединения. Только вода, минеральные соли и некоторые органические вещества поступают в кровь неизменными. Продукты расщепления поступают в кровь и в дальнейшем используются клетками организма как строительный материал для синтеза собственных белков, жиров и углеводов. Освобождаемая в процессе биологического окисления энергия запасается в форме богатых энергией соединений – АТФ. Питательные вещества подвергаются действию ферментов, которые поступают в различные отделы пищеварительного тракта в составе пищеварительных соков.

Являясь белками по природе, ферменты существенно увеличивают скорость протекания биохимических реакций. Для их оптимального действия необходимы определенные температура (+37-38 °С) и концентрация ионов  $H^+$  (рН среды). *Ферменты слюны расщепляют углеводы в щелочной среде, ферменты желудочного сока расщепляющие белки в кислой среде. Ферменты сока поджелудочной железы активны лишь в щелочной среде. Пищеварение – совокупность процессов, обеспечивающих механическое измельчение пищи, расщепление питательных веществ на компоненты, пригодные к участию в обмене веществ, и их всасывание.*

### **1.9.20. Строение и функции органов пищеварительной системы.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Строение и функции органов пищеварительной системы: ротовой полости, глотки, пищевода, желудка, кишечника, поджелудочной железы, печени. Пищеварительные процессы в ротовой полости, желудке, тонкой и толстой кишке. Всасывание. Нейрогуморальная регуляция пищеварения. Гигиена питания.

*Всасывание – это совокупность процессов, обеспечивающих перенос веществ из пищеварительного тракта во внутреннюю среду организма (кровь и лимфу).*

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Пищеварительная система состоит из нескольких отделов: ротовой полости, пищевода, желудка, тонкой и толстой кишок. С тонкой кишкой протоками связаны печень и поджелудочная железа, которые вырабатывают пищеварительные соки. Существенную роль в пищеварении играют слюнные железы и железы, находящиеся в стенках желудка и тонкой кишки.

*Стенки полых органов пищеварительной трубки состоят из трех оболочек: наружной – соединительнотканной, средней – мышечной и внутренней – слизистой. Благодаря сокращению гладких мышц средней оболочки пищевая масса перемещается из одного отдела в другой.*

*Ротовая полость* принимает участие в механической и химической переработке пищи. Сверху она ограничена твердым и мягким нёбом, снизу – челюстно-подъязычной мышцей, по бокам – щеками, спереди – губами. В ротовой полости имеется 32 зуба: по 4 резца, 2 клыка, 4 малых коренных и 6 больших коренных зубов на каждой челюсти. Зуб имеет, погруженный в лунку челюсти. Внутри корня проходит канал, расширяющийся в полость зуба. Он заполнен пульпой, представленной рыхлой соединительной тканью, содержащей кровеносные сосуды и нервы. Основу зуба составляет дентин, покрытый на коронке эмалью, на шейке и корне – цементом. Дентин и цемент – виды костной ткани. Эмаль – самая прочная ткань в организме человека: по твердости она приближается к кварцу. В ротовую полость открываются протоки трех пар крупных слюнных желез – околоушных, подъязычных и поднижнечелюстных. В ротовой полости находится язык – подвижный мышечный орган, покрытый слизистой оболочкой и богато снабженный

сосудами и нервами. Язык передвигает пищу в процессе жевания, служит органом вкуса и участвует в звукообразовании.

Ротовая полость сообщается с глоткой отверстием, которое называется зевом. По его бокам находятся особые образования – *миндалины* (органы лимфатической системы), содержат лейкоциты, обезвреживающие микроорганизмы, которые присутствуют в продуктах питания.

*Глотка* – это участок пищеварительного канала, соединяющий ротовую полость с пищеводом и носовую – с гортанью. От глотки начинается *пищевод* – мышечная трубка длиной около 25 см. Вместе с трахеей пищевод проходит в грудную полость и на уровне XI грудного позвонка открывается в желудок.

*Желудок* – расширенная часть пищеварительной трубки, покрытая соединительной тканью; слизистая оболочка собрана в складки, в которые открываются выводные протоки желез, вырабатывающих желудочный сок. Мускулатура желудка состоит из нескольких слоев гладких мышц.

Тонкая кишка занимает большую часть брюшной полости. У взрослого человека ее длина составляет 5-6 м. Тонкая кишка подразделяется на *двенадцатиперстную, тощую, подвздошную кишки*. В ее начальную часть – двенадцатиперстную кишку открываются протоки поджелудочной железы и печени. Тощая и подвздошная кишки со всех сторон покрыты *брыжейкой* – соединительнотканной складкой брюшины, прикрепляющей внутренние органы к стенкам брюшной полости. Слизистая оболочка тонкой кишки содержит огромное количество микроскопических желез, вырабатывающих кишечный сок. Кроме того, она образует многочисленные выросты – *ворсинки*. Внутри каждой из них *находятся гладкие мышечные клетки и хорошо развитая кровеносная и лимфатическая сети*. Ворсинки в свою очередь покрыты пальцеобразными выростами – *микроворсинками*, благодаря которым площадь поверхности тонкой кишки возрастает более чем в 30-40 раз.

*Поджелудочная железа* находится под желудком, ей принадлежит главная роль в переваривании пищи в кишечнике. Сок поджелудочной железы по специальному протоку поступает в двенадцатиперстную кишку.

*Печень* является самой крупной пищеварительной железой, которая связана с тонкой кишкой. У взрослого человека масса печени достигает 1,8 кг. Расположена она *справа под диафрагмой* в верхнем отделе брюшной полости. На нижней поверхности правой доли печени располагается *желчный пузырь*, который является накопителем желчи. Из желчного пузыря желчь по протоку поступает в двенадцатиперстную кишку. Печень принимает активное участие в пищеварении. Вырабатываемая ею *желчь активизирует ферменты тонкой кишки и сока поджелудочной железы, эмульгирует жиры, подщелачивает пищевую кашицу; участвует в синтезе витамина А, оказывает влияние на процессы кроветворения; свертывания крови; барьерная функция печени* – задерживает и обезвреживает ядовитые вещества, попадающие в кровь из кишечника.

*Толстая кишка* – конечный отдел пищеварительной системы. Ее длина 1,5-2 м. Толстая кишка не имеет ворсинок и почти лишена пищеварительных

желез. В начале толстой кишки находится мешкообразное выпячивание – *слепая кишка*, от которой отходит червеобразный отросток – *аппендикс*. Последним отрезком толстой кишки является прямая кишка с анальным отверстием, которое служит для удаления непереваренных остатков пищи.

При пережевывании пища смешивается со слюной, которую секретируют слюнные железы. *Слюна* содержит около 99 % воды, остальное – пищеварительные ферменты, соли и слизь. *Слизь* представляет собой вязкую жидкость, состоящую из воды и веществ белковой природы – лизоцима и др. *Лизоцим* обладает обеззараживающим действием – разрушает оболочки бактериальных клеток. Благодаря слизи пищевая масса легко проглатывается. Слюнные железы вырабатывают *пищеварительные ферменты* – *амилазу*, *мальтазу*, которые в *слабощелочной среде* расщепляют сложные углеводы (крахмал) до простых (глюкозы). Язык проталкивает пищу в направлении глотки, которая ведет в пищевод. В момент совершения глотательных движений вход в трахею прикрывается надгортанником. Во рту пища измельчается, смачивается, обволакивается слизью, частично обеззараживается и подвергается действию ферментов.

Из пищевода пища направляется в желудок, где она накапливается и задерживается на некоторое время (2-8 ч). В результате сокращений стенок желудка пища перетирается, смешивается с желудочным соком и приобретает консистенцию жидкого супа. *Желудочный сок* – бесцветная жидкость, в состав которой входят пищеварительные ферменты, слизь и 0,5-процентный раствор соляной кислоты (HCl). Она активизирует ферменты желудочного сока и уничтожает болезнетворные микроорганизмы. Слизь препятствует перевариванию стенок желудка собственными ферментами. Ведущую роль в переваривании пищи в полости желудка играет фермент *пепсин*, который превращает сложные молекулы белка в относительно простые. Содержащаяся в желудочном соке *липаза* расщепляет эмульгированные жиры молока до глицерина и жирных кислот. Тонкая кишка выделяет *кишечный сок*, который состоит из жидкой части и комочков слизи, содержащих слущенные клетки кишечного эпителия. При разрушении этих клеток освобождаются содержащиеся в них ферменты, которые активно участвуют в пищеварении.

Оптимальной для работы ферментов является *щелочная среда*. Важную роль в пищеварении играют сок поджелудочной железы и желчь, которые по выводным протокам поступают в полость двенадцатиперстной кишки через несколько минут после начала приема пищи. Количество (в среднем за сутки выделяется 1,5 л) и качественный состав сока поджелудочной железы соответствуют химическому составу пищи. Ферменты, входящие в его состав, становятся активными только в двенадцатиперстной кишке. Они расщепляют белки, а также углеводы и жиры. *Желчь*, создавая *щелочную реакцию*, усиливает двигательную активность тонкой кишки и влияет на процессы всасывания. Соли желчных кислот, входящие в ее состав, облегчают переваривание и всасывание жиров, а также других веществ, нерастворимых в воде.

*Толстая кишка* служит главным образом для подготовки к выведению непереваренных остатков пищи. В нем происходит *всасывание основной массы воды, минеральных солей, некоторых витаминов*. Непереваренные остатки пищи становятся полутвердыми и образуют кал. Многочисленные бактерии, находящиеся в толстой кишке, принимают участие в образовании органических кислот, газов и токсических веществ. Здесь под действием микрофлоры происходит частичное расщепление целлюлозы, что имеет существенное значение, так как пищеварительные ферменты на нее не действуют.

*Всасывание* – это совокупность процессов, обеспечивающих перенос веществ из пищеварительного тракта во внутреннюю среду организма (кровь и лимфу). Всасывание осуществляется практически во всех отделах пищеварительной системы, но с различной интенсивностью. В ротовой полости всасывание незначительно вследствие кратковременного пребывания здесь пищи. В желудке всасываются глюкоза, частично вода и минеральные соли, некоторые лекарственные препараты. Поскольку всасывание продуктов расщепления происходит в основном в тонкой кишке, ее слизистая оболочка по своему строению максимально приспособлена для этих процессов. Особое значение для эффективного переноса веществ имеет большая площадь поверхности кишечника и постоянно высокий кровоток в его слизистой оболочке. Продукты расщепления жиров, белков и углеводов всасываются в кровеносные капилляры ворсинок. Наиболее интенсивно этот процесс идет в верхней части тонкой кишки. Оттекающая от кишечника кровь направляется к *печени*, где *глюкоза превращается в гликоген* (животный крахмал) и откладывается про запас. Таким образом, продукты пищеварения в конечном итоге поступают во внутреннюю среду организма. Они переносятся к клеткам, где либо окисляются с выделением энергии, либо используются в процессах биосинтеза как строительный материал.

От момента поступления продуктов питания в организм и до завершения процессов пищеварения проходит от 6 до 14 ч (в зависимости от количества и состава пищи). Все это время пища претерпевает существенные физико-химические изменения – измельчается, смачивается, перемешивается, подвергается действию ферментов. Согласование двигательной, секреторной и всасывательной функций пищеварительной системы достигается путем тесного взаимодействия нервных и гуморальных механизмов регуляции.

С помощью рецепторов полости рта мы распознаем вкус, температуру и другие свойства пищевых продуктов. От рецепторов по чувствительным нервным волокнам возбуждение передается в центр слюноотделения, который расположен в продолговатом мозге. От него команда направляется к слюнным железам, в результате чего выделяется слюна, количество и качественный состав которой соответствуют физико-химическим свойствам пищи. Управление слюноотделением осуществляется рефлекторно.

Сходным образом выделяются желчь и сок поджелудочной железы. Последующее механическое раздражение пищей рецепторов полости рта и желудка усиливает желудочную секрецию. В регуляции секреции желудочного

сока важную роль играют биологически активные вещества. Под воздействием всосавшихся в кровь продуктов пищеварения слизистая оболочка желудка высвобождает гормоны, которые могут усиливать или снижать секрецию соляной кислоты и пепсина. Как только кислая пищевая кашица поступает в начало тонкой кишки, ее слизистая оболочка начинает рефлекторно выделять кишечный сок. К рефлекторному механизму присоединяется гуморальный: выделяются гормоны, которые стимулируют продукцию сока поджелудочной железы и желчи. Таким образом, контроль за деятельностью органов пищеварительного тракта осуществляется нервным и гуморальным механизмами.

### **1.9.21. Обмен веществ. Витамины.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Обмен белков, жиров и углеводов. Водно-солевой обмен.

Витамины, их роль в процессах обмена веществ. Водорастворимые (С, В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub>) и жирорастворимые (А, D) витамины.

Недостаток витаминов в пище и его последствия.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Обмен белков, углеводов и жиров складывается из биохимических реакций распада этих соединений и биосинтеза веществ, свойственных организму, проходящих под действием ферментов.

*Белки* занимают особое место в обмене веществ. Они участвуют в регуляции практически всех процессов жизнедеятельности, обеспечивают иммунитет, определяют индивидуальные особенности организмов. Белки пищи, содержащие весь необходимый организму набор аминокислот, называются *полноценными*. Наиболее высока биологическая ценность белков яиц, мяса, молока, рыбы. Недостаток белков в пище невосполним, так как аминокислоты, из которых они синтезируются, не образуются ни из жиров, ни из углеводов. При распаде белков образуется ядовитое вещество *аммиак*, которое *в печени превращается в мочевины*. Конечные продукты обмена веществ – углекислый газ, вода, мочевина, мочевая кислота и некоторые другие азотистые соединения выводятся из организма с мочой, потом и в составе выдыхаемого воздуха.

*Углеводами* особенно богата пища растительного происхождения: хлеб, крупы, овощи, фрукты. В присутствии кислорода углеводы окисляются до СО и воды, обеспечивая при этом клетки энергией. Окисление углеводов может идти и в бескислородных условиях. Энергии при этом освобождается значительно меньше, но образуется она очень быстро.

Содержание *жиров* в организме человека колеблется от 10 до 30 % от массы тела и зависит от характера питания, двигательной активности, возраста и пола. Жиры выполняют пластическую и энергетическую функции.

*Водно-солевой обмен* состоит в потреблении растворов, содержащих ионы, использовании воды в качестве растворителя и выведении ее излишков из организма в виде мочи и пота. Вода и минеральные соли составляют основную часть плазмы крови, лимфы и тканевой жидкости, являются важнейшими элементами внутренней среды. Кроме того, они входят в состав

пищеварительных соков, что во многом определяет их значение для пищеварения. При комфортной температуре окружающей среды (около 20 °С) человеку в сутки нужно 2-2,5 л воды. Она поступает в организм при питье (около 1 л), с пищей (около 1 л). Часть ее образуется при обмене белков, жиров и углеводов. С минеральными веществами связаны такие свойства живого, как возбудимость, проводимость и сократимость. Неорганические ионы ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ,  $Ca^{2+}$ ) необходимы для нормальной деятельности нервной и мышечной систем. Ионы  $Na^+$  и  $Cl^-$  создают осмотическое давление, которое определяет распределение воды между клетками. От обмена *кальция* и *фосфора* зависит рост костей. *Кальций* влияет на свертывание крови, обмен белков и жиров.

*Витамины* (от лат. *vita* – жизнь) – низкомолекулярные органические соединения, входящие в состав ферментов, повышающих эффективность обменных процессов. При *недостатке* витаминов нарушается обмен веществ и развивается *гиповитаминоз*. Не менее опасно избыточное поступление витаминов – *гипервитаминоз*.

Все витамины делят на растворимые в жирах и растворимые в воде. К *жирорастворимым* относятся витамины *A*, *D* и некоторые другие. *Недостаток* в пище *витамина A* приводит к развитию *куриной слепоты* – заболеванию, при котором исчезает способность видеть с наступлением сумерек. В организме человека витамин *A* синтезируется из веществ, содержащихся в свежей моркови, помидорах, шпинате, салате и других овощах. *Витамин D* регулирует обмен кальция и фосфора. Его особенно много в рыбьем жире, печени, желтке куриного яйца. Дефицит витамина *D* *вызывает* у детей тяжелое заболевание – рахит. При рахите происходит размягчение и искривление костей ног, замедляется рост зубов, деформируется грудная клетка, резко ослабевает мускулатура. Из группы *водорастворимых* витаминов наиболее изучены витамины *C*, *B<sub>1</sub>*, *B<sub>6</sub>*. *Витамин C* (*аскорбиновая кислота*) необходим для синтеза белков, входящих в состав соединительнотканых волокон кожи и десен, а также антител крови. При его недостатке развивается *цинга*. Это заболевание характеризуется кровоточивостью десен, выпадением зубов, появлением на коже язв, разрушением костей. Во время эпидемий вирусных и других инфекционных заболеваний суточную дозу витамина *C* следует увеличивать в несколько раз, так как он повышает сопротивляемость организма. *Витамин B<sub>1</sub>* повышает активность целого ряда ферментов. При его недостатке происходит накопление недоокисленных продуктов обмена в мышцах и нервных клетках. Это ведет к развитию болезни *бери-бери*. Она сопровождается поражением нервной системы, сердечно-сосудистыми нарушениями, отеками. Биологической активностью обладает *витамин B<sub>6</sub>*, который содержится в мясе, рыбе, молоке, печени, дрожжах, многих растительных продуктах и, кроме того, синтезируется микрофлорой кишечника. Он принимает участие в обмене белков. Недостаток витамина *B<sub>6</sub>* вызывает *дерматиты*, *анемию*, *судороги*.

### 1.9.22. Выделительная система.

*Основные понятия и термины по теме:*

Выделительная система.

Значение выделения в жизнедеятельности организма. Органы, принимающие участие в процессах выделения: почки, потовые железы, легкие.

*Почки, желудочно-кишечный тракт, легкие, кожа* – органы, благодаря выделительной функции которых поддерживается постоянство объема и химического состава жидкостей внутренней среды.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Оптимальные условия для жизнедеятельности клеток поддерживаются благодаря тесным связям организма с внешней средой. Из нее он получает необходимые питательные вещества и в нее же выделяет образующиеся в ходе обмена веществ конечные продукты. Освобождение организма от конечных продуктов обмена, чужеродных веществ, избытка воды, солей и составляет сущность процесса выделения. Конечные продукты обмена удаляются из организма через почки, легкие, кожу и кишечник. Исключительная роль в выведении из организма образовавшихся в процессе обмена веществ азотсодержащих продуктов принадлежит мочевыделительной системе. Ее главные составляющие – это *почки*, мочеточники, мочевой пузырь и мочеиспускательный канал. Почки извлекают из плазмы крови аммиак, мочевины, мочевую кислоту, лекарственные препараты и в составе мочи выделяют их во внешнюю среду. Почки участвуют в поддержании постоянства водно-солевого обмена и других параметров гомеостаза.

### **1.9.23. Мочевыделительная система.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Мочевыделительная система. Строение и функции почек. Нефрон. Образование мочи. Мочевыделение.

Гигиена мочевыделительной системы.

*Почки* – органы бобовидной формы, расположенные в поясничной области по бокам от позвоночника.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Почки – органы бобовидной формы, расположенные в поясничной области по бокам от позвоночника. Левая почка располагается несколько выше, чем правая. Каждая почка покрыта соединительнотканной капсулой, к которой снаружи прилегает слой жировой клетчатки.

*Наружный край почки* имеет выпуклую форму, а *внутренний* – глубокую вырезку – *ворота*. Сюда входит почечная артерия, несущая неочищенную кровь, выходят почечная вена и мочеточник. *Вена* содержит очищенную от жидких продуктов распада кровь, а по мочеточнику вещества, подлежащие удалению, в составе мочи перемещаются в мочевой пузырь. В каждой почке имеется корковое и мозговое вещества. *Корковое вещество* занимает поверхностную зону. В виде столбиков оно входит в *мозговое вещество* и делит его на 15-20 почечных пирамид. Их основания примыкают к корковому веществу почки, вершины направлены в *почечную лоханку* – полость, где моча собирается перед поступлением в мочеточники. Структурно-функциональной единицей почки является *нефрон*. У человека в обеих почках насчитывается

более 2 млн нефронов. *Нефрон* состоит из капиллярного клубочка, погруженного в двухслойную капсулу, и системы канальцев.

*Капсула* своей полостью сообщается с *извитым канальцем I порядка*, который расположен в корковом веществе почки. Отсюда каналец направляется в мозговое вещество, где образует петлю Генле. *Петля Генле* переходит в *извитой каналец II порядка*, который впадает в *собирательную трубочку*. Почки имеют достаточно сложно устроенную систему кровоснабжения. *Почечная артерия*, войдя в почку, ветвится на мелкие артериолы. Каждая из них заходит в капсулу, где образует *капиллярный клубочек* (около 50 первичных капилляров). Затем капилляры собираются в *выносящую артериолу*. Она выходит из капсулы и вновь разветвляется, но уже на вторичные капилляры, густо оплетающие почечные канальцы. Из вторичных капилляров кровь поступает в мелкие вены, которые, укрупняясь, образуют почечную вену, впадающую в нижнюю полую вену.

Процесс мочеобразования состоит из двух этапов. Вначале из плазмы крови образуется *первичная*, затем – *конечная моча*. Тонкие стенки капилляров клубочка и капсулы нефрона выполняют функцию фильтров. Они задерживают форменные элементы крови и крупные молекулы белков, но пропускают воду с растворенными в ней низкомолекулярными веществами: глюкозой, аминокислотами, витаминами и др. В капиллярах клубочков кровь движется под большим давлением. Это обусловлено тем, что диаметр приносящей артериолы клубочка вдвое больше, чем выносящей. Высокое давление создает благоприятные условия для перехода плазмы крови из капилляров клубочка в полость капсулы нефрона. Это *I фаза мочеобразования – фильтрация*. Образовавшийся фильтрат носит название *первичной мочи*. По своему составу она напоминает плазму крови, лишенную белков. Ежедневно образуется приблизительно 160 л первичной мочи. Первичная моча продвигается по канальцам нефрона, которые оплетены густой сетью капилляров. Из мочи обратно в кровь всасываются необходимые организму вещества и большая часть воды (158-159 л). Это *II фаза мочеобразования – реабсорбция*. В канальцах остаются соединения, в которых организм больше не нуждается, и те вещества, которые он сохранить не в состоянии (глюкозу при сахарном диабете). В результате образуется конечная моча (1,5 л в сутки). По извитому канальцу II порядка она движется через собирательные трубочки в почечную лоханку, откуда по мочеточникам поступает в мочевой пузырь.

Выведение мочи из организма осуществляется рефлекторно. Поступающая в мочевой пузырь моча растягивает его стенки, раздражая рецепторы. В них возникает возбуждение, которое передается к *центру мочеиспускания*, расположенному в *крестцовом отделе спинного мозга*. Отсюда нервные импульсы поступают к мускулатуре пузыря, заставляя ее сокращаться. *Мышечный сфинктер* на выходе из мочевого пузыря расслабляется, моча поступает в мочеиспускательный канал и удаляется из организма. Спинномозговой центр мочеиспускания находится под контролем больших

полушарий головного мозга, поэтому акт мочеиспускания контролируется сознанием.

Ночное недержание мочи – *энурез*.

Деятельность почек находится под контролем как нервных, так и гуморальных механизмов регуляции. При возбуждении симпатического отдела автономной нервной системы кровеносные сосуды почек сужаются, объем протекающей по ним крови уменьшается и, как следствие, снижается образование первичной мочи. На образование мочи влияют гормоны гипофиза (*вазопрессин*), надпочечников (*альдостерон*), других желез и самих почек. Действие вазопрессина проявляется в усилении реабсорбции воды из почечных канальцев. В результате объем образующейся мочи резко уменьшается. Под влиянием альдостерона происходит задержка ионов  $\text{Na}^+$  и воды в организме. Адреналин сужает приносящие и выносящие сосуды клубочков, вследствие чего объем фильтрата уменьшается. Взаимодействие нервных и гуморальных механизмов регуляции состава и количества выводимой мочи обеспечивает водно-солевой гомеостаз.

Гигиена мочевыделительной системы играет очень важную роль в сохранении здоровья и трудоспособности каждого человека. Нарушение правил личной гигиены может приводить к воспалению мочевого пузыря, мочеиспускательного канала и мочевыводящих путей. Часто причиной заболеваний почек и мочевыводящих путей становятся так называемые восходящие инфекции. Возбудители заболеваний проникают через мочеиспускательный канал в мочевой пузырь и, распространяясь по органам мочевыделительной системы, вызывают их воспаление.

Болезнетворные микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности, попавшие в выделительную систему в результате перенесенной ангины, также способны вызвать воспаление почек – заболевание *пиелонефрит*, характеризуется повышением температуры, нарушениями белково-жирового обмена, болями, отеками, выделением крови с мочой.

#### **1.9.24. Покровная система. Кожа.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Покровная система. Кожа. Строение кожи: эпидермис, дерма, подкожная жировая клетчатка. Функции кожи. Роль кожи в поддержании температурного гомеостаза.

Гигиена кожи.

Первая помощь при повреждении кожи (ожог, обморожение), тепловом и солнечном ударах.

*Кожа* – наружный покров тела животных и человека.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Наружным покровом нашего тела является кожа. Будучи прочной и упругой, она защищает ткани и органы от механических воздействий внешней среды. Кожа практически непроницаема для микроорганизмов. Наличие чувствительных нервных окончаний позволяет ей выполнять рецепторную функцию. Благодаря имеющемуся в ней пигменту *меланину* кожа способна

защищать лежащие под ней органы и ткани от действия ультрафиолетовых лучей. Через кожный покров с потом удаляются из организма вода, минеральные соли и другие продукты обмена. Кожа играет важную роль в поддержании постоянной температуры тела. Через нее выводится до 90 % образовавшегося в организме тепла.

Покровная система – кожа – участвует в поддержании температурного и водно-солевого гомеостаза, осуществляет связь организма с внешней средой.

В коже различают тонкий наружный слой – *эпидермис* и внутренний – *дерму (собственно кожу)*, переходящую в *подкожную жировую клетчатку*.

*Эпидермис* образован поверхностно расположенным *роговым слоем* и более глубоко лежащим *ростковым*. Поверхностный слой состоит из мертвых, ороговевших клеток, которые постоянно слущиваются. В слое эпидермиса, прилежащем к дерме, происходит деление новых клеток, заменяющих отмершие. Клетки глубокого слоя эпидермиса вырабатывают и накапливают *меланин* – пигмент, который определяет цвет кожи. Под влиянием солнечного излучения образование меланина увеличивается. *Производными кожи* являются *ногти*, образованные элементами рогового слоя. Ногтевое ложе находится на конечной фаланге пальца. Покрывающая его ногтевая пластинка прозрачна, за исключением корня ногтя, где заметна белая луночка. В ногтевой пластинке нет нервных окончаний и кровеносных сосудов, но ногтевое ложе богато ими. Ногти защищают кончики пальцев, являясь опорой для мягких тканей.

*Дерма (собственно кожа)* представлена соединительной тканью с большим количеством волокон, придающих ей упругость. Здесь расположены кровеносные и лимфатические сосуды, нервы, осязательные, холодовые, тепловые и болевые рецепторы. В дерме находятся потовые и сальные железы, волосяные луковицы. *Потовые железы* залегают в самом глубоком слое дермы. Они имеют вид *клубочков*, длинные выводные протоки которых открываются на поверхности кожи. Больше всего потовых желез на ладонной части кистей, на подошве стоп, в подмышечной впадине. Продуктом деятельности потовых желез является *пот* – бесцветная, солоноватая на вкус жидкость. Она содержит NaCl, мочевину, мочевую кислоту, аммиак, некоторые аминокислоты. Пот выделяется даже в условиях полного функционального покоя. *Сальные железы* имеют вид разветвленных *пузырьков*. В отличие от потовых желез, выделяющих секрет во внешнюю среду без нарушения своей целостности, эпителий сальных желез в процессе выделения кожного сала разрушается. Кожное сало состоит из продуктов распада эпителиальных клеток, витаминов А, D и др. Под влиянием пота кожное сало разлагается с образованием жирных кислот, обладающих характерным запахом. Выводные протоки сальных желез открываются в волосяные сЭУМКи. Кожное сало смазывает растущие волосы и кожу, предохраняя их от высыхания и смачивания водой. Благодаря жировой смазке волосы выглядят эластичными и блестящими. *Волосы* – роговые производные кожи. В волосе различают две части: стержень и корень. *Стержень* находится над поверхностью кожи,

корень скрыт в ее толще. *Корень* с расширением на конце (*волосяной луковицей*) располагается в волосяном мешке, образованном узким удлинённым каналом – *сЭУМКой*. К *сЭУМКе* прикрепляются мышцы, поднимающие волос. Цвет волос зависит от количества в них меланина. Когда пигмент исчезает, волосы становятся седыми.

*Подкожная жировая клетчатка* образована рыхлой соединительной тканью, между волокнами которой располагаются жировые клетки. За счет этого слоя образуется своеобразная подушка, смягчающая механические воздействия, препятствующая потере тепла.

Для нормальной жизнедеятельности человеку необходимо поддерживать температуру тела в пределах 36-37 °С. Это достигается регулированием процессов образования и отдачи тепла – *терморегуляцией*. Образование тепла в организме происходит за счет биохимических процессов, происходящих в сердце, печени, почках и других органах. Значительно возрастает выработка тепла в результате работы скелетных мышц.

При повышении температуры окружающей среды обмен веществ в организме рефлекторно снижается, что ведет к уменьшению теплопродукции. Понижение внешней температуры стимулирует рецепторы, воспринимающие холод. В результате рефлекторно усиливается сокращение мышц и повышается теплопродукция. В уменьшении теплоотдачи и сохранении тепла большое значение имеет подкожный жировой слой. Чем больше жира в подкожной основе, тем лучше организм сохраняет температуру тела. *При снижении температуры окружающей среды кровеносные сосуды кожи рефлекторно сужаются. Количество протекающей по ним крови уменьшается, и соответственно уменьшается отдача тепла с поверхности тела. При этом снабжение кровью внутренних органов возрастает, что позволяет сохранять тепло внутри организма. При повышении температуры окружающей среды происходит расширение кровеносных сосудов кожи, увеличение количества циркулирующей в них крови, что способствует потере тепла организмом. Когда температура воздуха выше температуры тела, расширение сосудов кожи не может усилить теплоотдачу.*

Поддержание постоянной температуры тела обеспечивается нейрогуморальными механизмами регуляции. Важная роль в терморегуляции принадлежит гипоталамусу. Его ядра контролируют процессы теплоотдачи и теплообразования. Гуморальные факторы терморегуляции – биологически активные вещества – регулируют уровень теплопродукции и теплоотдачи посредством изменения интенсивности обменных процессов в клетках и тканях организма.

Горячая вода снижает эластичность кожи, холодная – стимулирует выделение сальных желез и нарушает нормальный отток кожного сала.

*Закаливание* – целенаправленное использование климатических факторов в целях повышения сопротивляемости организма к неблагоприятным воздействиям внешней среды. Закаливание стимулирует размножение клеток

кожи, что ведет к ее утолщению, усилению пигментации – повышению защитных свойств.

*Первая помощь при ожогах:* при ожогах I степени пораженный участок кожи краснеет и припухает, рекомендуется охладить обожженное место под струей воды или другим способом, затем промыть его водным раствором питьевой соды и приложить содовую примочку; при ожогах II степени на покрасневшей и припухшей поверхности образуются пузыри, наполненные жидкостью, на пузыри следует наложить стерильную повязку, при необходимости принять обезболивающее и обратиться за медицинской помощью; при ожогах III степени происходит омертвление подкожных тканей; при ожогах IV степени обожженные участки кожи и тканей обугливаются, пораженную поверхность необходимо закрыть сухой стерильной повязкой, доставить пострадавшего в больницу.

*Химические ожоги: щелочью* – поврежденный участок тела в течение нескольких минут промывают под струей проточной воды, затем обильно орошают 1-2-процентным раствором борной или уксусной кислот; *кислотами* – обмыть водой пораженные места, обработать слабым (2-процентным) раствором питьевой соды, на обожженную поверхность наложить влажную повязку с тем же раствором.

*Первая помощь при отморожениях:* в случае утраты чувствительности и бледности кожных покровов (I степень отморожения) надо чистыми руками или носовым платком растереть пострадавший участок тела до покраснения кожи и появления ощущения потепления (снегом растирать кожу нельзя, так как при этом наступает еще большее охлаждение), после растирания на отмороженные участки тела накладывают ватно-марлевые или шерстяные повязки, пострадавшему дают горячее питье; *отморожение II степени* вызывает значительные болевые ощущения, в течение 2-3 сут после поражения на коже появляются желтоватые пузыри, образуется отек, захватывающий не только охлажденную, но и расположенные рядом области; *отморожение III степени* сопровождается очень сильными болями, теряется чувствительность пораженной области, кожа пораженного участка принимает синюшную окраску, образовавшиеся пузыри наполнены мутной, кровянистой жидкостью, растирать обмороженные участки и вскрывать пузыри нельзя, надо наложить на них повязку с дезинфицирующей мазью, доставить пострадавшего в лечебное учреждение; при *отморожении IV степени* происходит омертвление кожи, пострадавшего необходимо срочно направить в больницу.

*Первая помощь при тепловом и солнечном ударах:* пострадавшего следует срочно отвести в прохладное, затемненное и хорошо вентилируемое место; освободить тело от лишней одежды; на лицо, голову, шею положить холодный компресс или пакет из полиэтилена со льдом; можно сделать влажное обертывание; дать попить воды; доставить пострадавшего в больницу.

### **1.9.25. Репродуктивная система.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Репродуктивная система. Индивидуальное развитие человека. Строение и функции мужской и женской половых систем. Оплодотворение. Беременность. Роды.

Алкоголь, никотин и токсические вещества как факторы, нарушающие индивидуальное развитие.

*Репродукция* (от лат. *re* – приставка, указывающая на повторное действие, *produco* произвожу) – воспроизведение себе подобных – важнейшее свойство всего живого.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Репродукция* (от лат. *re* – приставка, указывающая на повторное действие, *produco* — произвожу) – воспроизведение себе подобных – важнейшее свойство всего живого. Большинству многоклеточных организмов свойственно половое размножение, в котором участвуют мужские и женские половые клетки. Половые клетки вырабатываются в железах репродуктивных органов. Кроме них, в этих железах образуются половые гормоны. Они обеспечивают нормальное протекание беременности, рост и развитие плода.

*Оплодотворение* у человека *внутреннее*, происходит в половых путях женщины. В момент оплодотворения мужская половая клетка сливается с женской и образуется одноклеточный организм – зигота (от греч. *zygotos* – спаренный). Зигота содержит наследственную информацию обоих родителей. Внутриматочное развитие нового организма продолжается 10 лунных месяцев (280 суток) и заканчивается его рождением.

*Мужская половая система* представлена *семенниками (яичками), семенными пузырьками, предстательной железой, семявыносящими протоками, половым членом.*

Половые клетки – *сперматозоиды*– образуются в семенниках. Семенники лежат вне таза, в кожно-мышечном образовании – *мошонке*. Положение семенников вне полости тела обеспечивает оптимальный температурный режим для созревания сперматозоидов (около +35 °С).

Предстательная железа и семенные пузырьки вырабатывают *семенную жидкость*, смешиваясь с которой сперматозоиды приобретают подвижность. Кроме сперматозоидов, в половых железах вырабатываются *гормоны андрогены*, которые оказывают стимулирующее влияние на рост половых органов, развитие вторичных половых признаков, созревание сперматозоидов, половое поведение. *Образование сперматозоидов начинается в период полового созревания. Зрелый сперматозоид состоит из головки, средней части и хвоста.* Хвост сперматозоида обеспечивает его движение.

Предстательная железа и семенные пузырьки вырабатывают *семенную жидкость* – питательную среду для сперматозоидов. В семенной жидкости сперматозоиды приобретают подвижность, необходимую для перемещения к яйцеклетке. Во время полового акта сперматозоиды направляются через семявыносящий проток в мочеиспускательный канал, откуда попадают в женские половые пути.

*Женская половая система представлена яичниками, маточными трубами (яйцеводами), маткой, влагалищем.*

*Влагалище* прикрыто малыми и большими половыми губами, между которыми находится *клитор*. Это наружные половые органы женского организма.

*Яичники* – парные половые железы, расположенные в полости таза. В них происходит созревание яйцеклеток и образуются уже известные вам *гормоны эстрогены*, которые стимулируют развитие и функцию женских половых органов, нормальный рост молочных желез; влияют на рост костей, определяя особенности телосложения женщин, водно-солевой обмен и др.

Эстрогены, как и андрогены, вырабатываются корой надпочечников.

После наступления половой зрелости в особых образованиях (*фолликулах*) внутри яичника ежемесячно созревает по 1 (реже 2) яйцеклетке. Фолликул выпячивается на поверхности яичника и лопается. Из него выходит яйцеклетка, которая попадает в брюшную полость – *овуляция*. На месте лопнувшего фолликула развивается *желтое тело* – временная эндокринная железа, продуцирующая гормон *прогестерон*, который обеспечивает подготовку слизистой оболочки матки к приему зародыша. Если оплодотворение не состоялось, желтое тело яичника рассасывается.

Яйцеклетка значительно крупнее сперматозоида. Она содержит запасы питательных веществ и соединения, регулирующие стадии зародышевого развития. В отличие от сперматозоидов яйцеклетка не способна к самостоятельному движению. Из яичника яйцеклетка попадает в брюшную полость, оттуда через бахромчатую воронку в маточную трубу. Внутренняя поверхность маточной трубы выстлана особым видом эпителия. Он имеет реснички, колебания которых вместе с сокращениями мышечной стенки трубы способствуют продвижению яйцеклетки. Продолжительность жизни сперматозоида достигает 3 сут, в то время как яйцеклетка сохраняет способность к оплодотворению всего 24 ч. Чтобы оплодотворение произошло, она должна встретиться со сперматозоидом именно в этот промежуток времени. В маточной трубе только один из 300000-500000 сперматозоидов проникает в яйцеклетку и оплодотворяет ее. С момента слияния их ядер яйцеклетка становится зиготой.

Из яйцевода зигота проникает в матку. *Матка* – полый мышечный орган, в котором развивается плод; выстлана слизистой оболочкой, богатой кровеносными сосудами; заканчивается шейкой, открывающейся во влагалище. Если оплодотворение не состоялось, яйцеклетка погибает. Разросшаяся и готовая принять оплодотворенную яйцеклетку слизистая оболочка матки отторгается, ее кровеносные сосуды разрываются, и кровь вместе с частицами слизистой оболочки через влагалище выделяется наружу – начинается *менструация*. Она повторяется у девушек и женщин в среднем через 28 дней. В случае оплодотворения яйцеклетки и прикрепления зародыша к стенке матки очередная менструация не наступает.

*Беременность* – это состояние женщины, в матке которой развивается *плод* – будущий ребенок.

Образовавшаяся в результате слияния сперматозоида и яйцеклетки зигота начинает делиться и превращается в зародыш, или эмбрион. На 4-й неделе беременности начинается закладка органов. В этот период появляются зачатки конечностей и основных систем органов. Их рост и становление функций продолжают вплоть до родов. В ходе беременности вне тела зародыша развиваются специализированные органы, обеспечивающие его рост и развитие. Это, в первую очередь, *плацента* (детское место), которая по внешнему виду напоминает диск, прочно прикрепленный к слизистой оболочке матки. Связь зародыша с плацентой осуществляется через *пуповину* – упругий тяж, по которому от плаценты к ребенку проходят две артерии и вена. Артерии обеспечивают доставку кислорода и питательных веществ от плаценты плоду, вены несут кровь к плаценте для очистки и насыщения кислородом. Кровь матери никогда не смешивается с кровью плода. Через плаценту плод получает все необходимые для своего развития вещества: глюкозу, белки, жиры, гормоны, витамины, воду и минеральные соли, кислород и даже антитела. От плода по артериям в плаценту поступают вода, углекислый газ, мочевины, мочева кислота, гормоны.

Беременность заканчивается *родами* – физиологическим актом изгнания из полости матки плода, плаценты с оболочками и околоплодными водами.

*Венерические заболевания*: трихомонозом – возбудители одноклеточные жгутиковые организмы; сифилис – возбудитель бледная трепонема; СПИД; гонорея – возбудитель бактерия гонококк.

### **1.9.26. Сенсорные системы. Строение и функции органов зрения.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Сенсорные системы. Структура сенсорной системы (периферический, проводниковый, центральный отделы).

Общая характеристика зрительной и слуховой сенсорных систем (рецепторы, проводники, корковый центр).

Строение и функции органа зрения. Дальновзоркость, близорукость.

*Сенсорная система* – это совокупность специализированных структур нервной системы, которые осуществляют процессы приема и обработки информации из внешней и внутренней среды, а также формируют ощущения.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Сенсорные* (от лат. *sensus* – чувство, ощущение, восприятие) системы, или анализаторы причастны к формированию ощущений и отражению в сознании человека событий и явлений повседневной жизни.

Все сенсорные системы построены по единому принципу и состоят из трех отделов: периферического, проводникового и центрального.

*Периферический отдел* представлен органом чувства, в состав которого входят *рецепторы* – окончания чувствительных нервных волокон или специализированные клетки; обеспечивают преобразование энергии раздражителя в нервные импульсы. Рецепторы различаются по месту

расположения (*внутренние и наружные*), строению и особенностям восприятия энергии раздражителя (одни воспринимают *механические, другие – химические, третьи – световые стимулы*).

Органы чувств, включают в себя вспомогательные структуры, выполняющие защитную, опорную и некоторые другие функции. *Вспомогательный аппарат глаза* представлен *глазодвигательными мышцами, веками и слезными железами*.

*Проводниковый отдел* сенсорной системы состоит из чувствительных нервных волокон, образующих в большинстве случаев специализированный нерв; доставляет информацию от рецепторов в центральный отдел сенсорной системы.

*Центральный отдел* расположен в коре больших полушарий головного мозга. Здесь находятся высшие сенсорные центры, обеспечивающие окончательный анализ поступившей информации и формирование соответствующих ощущений.

*Сенсорная система* – это совокупность специализированных структур нервной системы, которые осуществляют процессы приема и обработки информации из внешней и внутренней среды, а также формируют ощущения.

Различают зрительную, слуховую, вестибулярную, вкусовую, обонятельную, другие сенсорные системы.

*Зрительная сенсорная система* – *периферическая часть* представлена органом зрения (*глазом*), *проводниковая* – *зрительным нервом, центральная* – *зрительной зоной*, расположенной в затылочной доле коры больших полушарий.

Световые лучи от рассматриваемых предметов действуют на светочувствительные клетки глаза и вызывают в них возбуждение. Оно передается по зрительному нерву в кору больших полушарий. Здесь в затылочных долях возникают зрительные ощущения формы, окраски, величины, расположения и направления движения предметов.

*Слуховая сенсорная система* – ухо – органом слуха (*периферический отдел*), слуховым нервом (*проводниковый отдел*) и слуховой зоной, расположенной в височной доле коры больших полушарий (*центральный отдел*).

*Вестибулярная сенсорная система* обеспечивает пространственную ориентацию человека. С ее помощью мы получаем информацию об ускорениях и замедлениях, возникающих при движении. Она представлена *органом равновесия, вестибулярным нервом*, соответствующая зона в *височных долях коры больших полушарий*.

*Вкусовая сенсорная система* осуществляет анализ действующих на орган вкуса (язык) растворимых химических раздражителей. Язык покрыт слизистой оболочкой, складки которой содержат *вкусовые почки*. Внутри каждой почки расположены рецепторные клетки с микроворсинками. Рецепторы связаны с нервными волокнами, которые входят в мозг в составе черепных нервов. По ним импульсы достигают задней части центральной извилины коры головного

мозга, где и формируются вкусовые ощущения. Различают четыре основных вкусовых ощущения: горькое, сладкое, кислое и соленое. *Кончик языка* проявляет наиболее высокую чувствительность к сладкому, *края* – соленому и кислому, *корень* – к горьким веществам.

*Обонятельная сенсорная система* осуществляет восприятие и анализ химических раздражителей, находящихся во внешней среде. *Периферический отдел* обонятельной сенсорной системы представлен эпителием носовой полости, в котором имеются рецепторные клетки с микроворсинками. Аксоны этих чувствительных клеток образуют обонятельный нерв, который направляется в полость черепа. По нему возбуждение проводится к обонятельным центрам коры больших полушарий, где и осуществляется распознавание запахов.

*Осязание* обеспечивает способность воспринимать и различать форму, размер и характер поверхности предмета. Рецепторы, участвующие в процессах восприятия раздражителей, действующих на кожу, весьма разнообразны. Они реагируют на прикосновения, на тепло, холод, болевые воздействия. Больше всего тактильных рецепторов на губах и ладонной поверхности пальцев рук, меньше всего – на туловище. Возбуждение от рецепторов по чувствительным нейронам передается в зону кожной чувствительности коры больших полушарий, где возникают соответствующие ощущения.

*Орган зрения – глаз* – является важнейшим из органов чувств. Основная часть глаза – *глазное яблоко*; расположено в углублении черепа – *глазнице*, от стенок которой к его поверхности подходят *глазодвигательные мышцы*. Сзади и сбоку глаз защищен от внешних воздействий костными стенками глазницы, спереди – *веками и ресницами*. Во внутреннем углу глаза находится *слезная железа*. Слезы увлажняют и дезинфицируют глаза. Глазное яблоко состоит из трех оболочек: наружной, средней и внутренней.

*Наружная оболочка – склера* – непрозрачна, плотное образование белого цвета. Спереди склера переходит в *прозрачную роговицу*, в которой происходит наиболее сильное преломление световых лучей.

*Средняя, сосудистая, оболочка* состоит из *ресничного тела, радужки и собственно сосудистой оболочки*. Последняя содержит большое количество кровеносных сосудов, обеспечивающих питание глазного яблока. Передний отдел сосудистой оболочки – *радужка*, имеет форму диска с отверстием посередине – *зрачком*. В зависимости от содержания в ней меланина цвет радужки колеблется от голубого до почти черного. За зрачком располагается *хрусталик* – прозрачное, эластичное образование, имеющее форму двояковыпуклой линзы. Полость глаза позади хрусталика заполнена прозрачной желеобразной массой – *стекловидным телом*.

*Внутренняя оболочка глаза – сетчатка* – содержит светочувствительные клетки – *фоторецепторы*, названные из-за их формы *колбочками* и *палочками*. В сетчатке насчитывается примерно 125 млн палочек и 6 млн колбочек. Под влиянием света в фоторецепторах изменяется обмен веществ и возникает возбуждение, которое распространяется по зрительному нерву в кору больших

полушарий головного мозга. *Палочки* возбуждаются быстро даже слабым *сумеречным* светом, но не могут воспринимать цвет. *Колбочки* возбуждаются медленнее и только *ярким светом*. Они воспринимают цвет, форму и детали предметов. Большая часть колбочек расположена в центральной части сетчатки – *желтом пятне*. Оно является местом наилучшего видения. Сбоку от желтого пятна находится участок без светочувствительных рецепторов. Это место выхода зрительного нерва – *слепое пятно*. По мере удаления от желтого пятна число колбочек уменьшается, число палочек возрастает.

Человек с нормальным зрением одинаково четко видит предметы, отстоящие от него на разном расстоянии. Это возможно благодаря процессу *аккомодации* (от лат. *accommodatio* – приспособление, приурочивание), в основе которого лежит изменение кривизны хрусталика и его преломляющей способности. При рассматривании *близко расположенных предметов* хрусталик становится *более выпуклым*. Когда *взгляд устремляется вдаль*, *хрусталик уплощается* и его преломляющая сила уменьшается. Таким образом, благодаря хрусталику изображение всегда проецируется точно на сетчатку. Наиболее часто встречающимся дефектом зрения является *близорукость*, при которой глаза хорошо видят только близко расположенные предметы. Лучи, идущие от удаленных предметов, собираются не на сетчатке, а перед ней. Это обусловлено слишком длинной осью глаза или излишней кривизной хрусталика. В этом случае назначают очки с рассеивающими *двояковогнутыми линзами*. С возрастом хрусталик постепенно утрачивает свою эластичность и, как следствие, способность изменять кривизну. Это отражается на его преломляющей силе – она уменьшается, и лучи, достигающие сетчатки, оказываются не сфокусированными. Описанные изменения – *дальнозоркость*. Для ее коррекции используют очки с собирающими *двояковыпуклыми линзами*.

Для человека характерно зрение сразу двумя глазами – *бинокулярное*. При рассматривании объектов двумя глазами их изображения попадают на идентичные участки сетчаток, и в восприятии два изображения сливаются в одно. Благодаря бинокулярному зрению мы можем более точно воспринимать изображение в объеме и определять расстояние до интересующих нас объектов.

Согласованная работа обоих глаз обеспечивает *стереоскопическое (объемное) зрение*, которое позволяет получить более точное представление о воспринимаемом объекте.

Несоблюдение гигиенических норм приводит к нарушениям аккомодации глаз. Начало развития *близорукости* проявляется в том, что ранее хорошо видимые предметы воспринимаются как нечеткие, расплывчатые. Для близоруких людей характерно прищуривание глаз при рассматривании предметов. Ухудшение зрения, слепота могут быть спровоцированы инфекционными заболеваниями. Болезнетворные микроорганизмы проникают в слизистую оболочку глаза и вызывают ее воспаление – *конъюнктивит*. К расстройству зрения могут привести недостаток витамина А.

### 1.9.27. Строение и функции органов слуха.

*Основные понятия и термины по теме:*

Строение и функции органа слуха. Наружное, среднее и внутреннее ухо.

Гигиена зрения и слуха.

*Слух* – способность биологических организмов воспринимать звуки органами слуха.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Наружное ухо* состоит из ушной раковины и наружного слухового прохода. *Ушные мышцы* развиты слабо и ушная раковина практически неподвижна. *Наружный слуховой проход* содержит *видоизмененные потовые железы*, вырабатывающие *ушную серу* – вязкий секрет, обладающий бактерицидными свойствами.

На границе между наружным и средним ухом находится *барабанная перепонка*, имеет форму конуса с вершиной, направленной в полость среднего уха. Барабанная перепонка воспроизводит звуковые колебания, пришедшие по наружному слуховому проходу из внешней среды, и передает их в среднее ухо.

*Среднее ухо* представлено *тремя слуховыми косточками* (*молоточек, наковальня и стремечко*), расположенными в барабанной полости. Последняя через слуховую трубу соединяется с носоглоткой. Рукоятка молоточка вплетена в барабанную перепонку, стремечко соединяется с мембраной овального окна внутреннего уха. Система слуховых косточек, работающих, как рычаги, увеличивает давление звуковой волны.

*Слуховая труба* поддерживает одинаковое давление в барабанной полости и в носоглотке. Во время глотания или зевания давление в глотке и барабанной полости выравнивается. В результате улучшаются условия для вибрации барабанной перепонки.

*Внутреннее ухо* расположено в глубине височной кости черепа. Оно представляет собой систему лабиринта, в состав которого входит *улитка*, имеющая вид спирально изогнутого канала, имеющего 2,5 завитка. Двумя мембранами (вестибулярной и основной) канал делится на *верхнюю, среднюю, нижнюю лестницы*, заполненные особыми жидкостями. На основной мембране расположен звуковоспринимающий аппарат – *Кортиев орган с волосковыми рецепторными клетками*.

Воздушные звуковые волны попадают через наружный слуховой проход на барабанную перепонку и приводят ее в движение. Колебания барабанной перепонки передаются слуховым косточкам. Косточки усиливают звуковые волны и сообщают их улитке. В ней колебания передаются с помощью жидкостей с верхней на нижнюю лестницы. Это влечет за собой изменение положения рецепторных волосковых клеток Кортиева органа и в них возникает возбуждение. От рецепторных клеток возбуждение передается по слуховому нерву в слуховые зоны височных долей коры больших полушарий головного мозга. Здесь осуществляется распознавание звуков, и формируются соответствующие ощущения.

Для высших животных характерен *бинауральный слух* (от лат. *binī* – два, *auris* – ухо) – улавливание звука двумя ушами.

### 1.9.28. Поведение и психика.

*Основные понятия и термины по теме:*

Поведение и психика. Понятие о психике и поведении человека. Безусловные и условные рефлексы. Условия и механизм образования условных рефлексов. Торможение условных рефлексов.

*Поведение* – это совокупность целенаправленных действий, определяемых биологическими потребностями и социальными мотивами.

*Психика* – функции головного мозга, которые отражают явления внешнего и внутреннего мира человека.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Поведение* – это совокупность целенаправленных действий, определяемых биологическими потребностями и социальными мотивами.

Различают *наследственные* и *приобретенные формы поведения*.

Человек рождается с определенным, уже готовым набором поведенческих актов – *безусловных рефлексов* – видовые, стереотипные реакции организма на действие различных (внутренних и внешних) раздражителей. Они играют важную роль в поведении, обеспечивают поддержание условий для нормальной жизнедеятельности, лежат в основе произвольных движений. К ним относятся *пищевые* (жевание, сосание, глотание, отделение слюны, желудочного сока), *оборонительные* (одергивание руки от горячего предмета, кашель, чиханье), *половые* (обеспечивающие размножение) рефлексы.

В процессе индивидуального развития формируются новые, более сложные приспособительные поведенческие реакции – *условные рефлексы*. Условные рефлексы строго *индивидуальны* и различаются даже у близнецов. Биосоциальное значение условных рефлексов выражается в своевременном уходе от опасности, ориентировке во времени и пространстве, т. е. адаптации организма к воздействиям среды.

Образование условного рефлекса связано с установлением временной связи между разными группами нервных клеток (центрами) коры больших полушарий головного мозга. В образовании временной связи участвуют и подкорковые структуры. Доминантный очаг возбуждения, возникший в центре безусловного рефлекса, как магнит «притягивает» к себе возбуждение из центра условного раздражителя. В результате между ними возникает функциональная временная связь. После многократных предъявлений условного и безусловного раздражителей она становится настолько прочной, что впоследствии даже один изолированно действующий условный раздражитель способен вызвать возбуждение в обоих нервных центрах.

*Чтобы выработать условный рефлекс, надо подкреплять условный раздражитель безусловным*, который вызывает безусловный рефлекс. *Базой условного рефлекса* служат нейроны коры и подкорковых образований головного мозга. Выработка условного рефлекса проходит поэтапно. *Начальный этап* характеризуется тем, что рефлекс возникает не только в ответ

на предъявление того условного раздражителя, на который он вырабатывался, но и других раздражителей, сходных с ним по физическим параметрам. На следующем *этапе*, в процессе *закрепления условного рефлекса*, ответную реакцию вызывает только тот раздражитель, который использовался в качестве условного.

Условные рефлексы способны *тормозиться*. Если после выработки пищевого слюноотделительного рефлекса перестать подкреплять условный раздражитель действием безусловного, то спустя некоторое время наступает угасание условного рефлекса. Слюны будет выделяться все меньше и меньше, пока условно-рефлекторное слюноотделение не прекратится полностью. Произойдет так называемое *внутреннее торможение условного рефлекса*.

Наряду с внутренним существует *внешнее торможение*. Оно вызывается неожиданным посторонним воздействием и всегда начинается с ориентировочной реакции. В основе этого торможения лежит возникновение в коре больших полушарий нового временно доминантного очага возбуждения, который вызывает снижение возбудимости всех других активных до этого момента участков коры. В результате текущая условнорефлекторная реакция ослабевает или исчезает вовсе.

И. П. Павлов создал учение о высшей нервной деятельности, под которой он понимал деятельность коры больших полушарий и ближайших к ней подкорковых центров, обеспечивающую наиболее совершенное приспособление животных и человека к окружающей среде.

Под *психикой* понимают функции головного мозга, которые отражают явления внешнего и внутреннего мира человека. Психика находится в тесном единстве с различными процессами, происходящими в организме. Она характеризуется активностью, целостностью, развитием, саморегуляцией, адаптацией. Посредством психических процессов осуществляется познание окружающего мира, усвоение знаний и навыков, обучение. На этой основе формируется индивидуальное поведение человека.

### **1.9.29. Деятельность мозга и его психические функции.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Сон, его значение. Гигиена сна.

Деятельность мозга и психические функции.

Сознание, ощущение, восприятие. Внимание. Память. Речь и мышление. Вредное влияние алкоголя и токсических веществ на психику и поведение человека.

*Сон* – это особое функциональное состояние организма человека, которое характеризуется обездвиженностью, почти полным отсутствием реакций на раздражения и снижением активности ряда физиологических процессов.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Сон наступает при прекращении или резком ограничении поступления импульсов в мозг. Он может возникать при стимуляции клеток мозга раздражителями чрезмерной силы или под влиянием однообразно действующих стимулов. *Сон* – особое функциональное состояние организма

человека, которое характеризуется обездвиженностью, почти полным отсутствием реакций на раздражения и снижением активности ряда физиологических процессов. Сон необходим каждому человеку.

*Физиологическое состояние* спящего человека характеризуется целым рядом особенностей – урежается дыхание, снижаются обмен веществ, величина кровяного давления, частота сердечных сокращений и мышечный тонус. Во время сна ослабевает контакт организма с внешней средой – снижаются слух, обоняние, кожная чувствительность, заторможены условные рефлексы и, как следствие, становится невозможной целенаправленная деятельность.

Сон является одной из фаз суточного биоритма (сон – бодрствование). Он выполняет приспособительную функцию – создает условия для переработки информации, полученной во время бодрствования. Сон обеспечивает протекание в мозге восстановительных процессов. Клетки и ткани нашего организма во время сна обретают определенную долю независимости и могут осуществлять местную саморегуляцию.

Нормальный (физиологический) сон состоит из двух качественно различных фаз – медленного и быстрого сна. *Медленный сон* характеризуется снижением всех функций человеческого организма, отсутствием сновидений и быстрых движений глаз. В состоянии медленного глубокого сна человек может быстро проснуться при воздействии важных для него раздражителей. Периодически, каждые 80-90 мин, медленный сон сменяется *быстрым*, который составляет примерно 20 % от всего времени сна. Если человека в это время разбудить, то он сообщает, что видел сновидения.

*Сновидения* – это более или менее яркие и сложные события, картины, живые образы, возникающие у спящего человека. Они являются результатом деятельности остающихся активными во время сна нервных центров. Одной из основных функций сновидений является стабилизация эмоционального состояния человека.

*Сознание* – главное свойство и продукт психики. *Человеческое сознание* – это форма психического отражения действительности, представленная в виде знаний об окружающем мире. И

Ощущение, восприятие, внимание, память, мышление – все это функции мозга, с помощью которых человек постоянно обогащает свои знания.

*Ощущение* – первый этап в познании мира. Это элементарный, рефлекторный по природе психофизиологический процесс. Он заключается в отражении мозгом отдельных качеств и свойств предметов, различных явлений при их воздействии на рецепторы органов чувств. Ощущения бывают зрительными, слуховыми, кожными (тактильными), вкусовыми.

*Восприятие* – это процесс приема и преобразования информации, обеспечивающий отражение объективной реальности и ориентировку в окружающем мире. В процессе восприятия из отдельных ощущений формируется представление о предмете как целом, Восприятие – это формирование психических образов. В процессе восприятия происходит анализ новой информации, сопоставление ее с уже имеющейся, хранящейся в памяти.

*Внимание* – направленность психической деятельности на определенный объект. Оно проявляется в сосредоточенности на чем-либо. Внимание – основа и неперемное условие для обучения.

*Память* – это процесс накопления, хранения и последующего воспроизведения прошлого опыта. С позиций физиологии память – это накопление и упрочнение временных связей в головном мозге.

*Мышление* – высшая ступень человеческого познания. Оно обеспечивает познавательные функции без непосредственного чувственного контакта с объектами. Мышление осуществляется на основе билатеральной (полушарной) организации мозга. *Левое полушарие* характеризуется в большей степени *словесно-логическим*, *правое* – наглядно-образным мышлением. При этом левое полушарие обрабатывает информацию аналитически и последовательно, правое – одновременно и целостно.

*Речь* – один из видов коммуникативной деятельности человека. Она регулируется, главным образом, левым полушарием головного мозга. Зоны коры, ответственные за понимание смысла речи, расположены в височной доле. В лобной доле головного мозга расположены области, обеспечивающие произнесение слов. Различают внешнюю и внутреннюю речь. *Внешней* считаются устная (диалогическая и монологическая) и письменная речь. *Внутренняя речь* – это разговор человека с самим собой.

## 1.10. ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

### 1.10.1. Разнообразие живых организмов на Земле.

*Основные понятия и термины по теме:*

Разнообразие живых организмов на Земле. Общие свойства живых организмов: единство химического состава, клеточное строение, обмен веществ и энергии, саморегуляция, подвижность, раздражимость, размножение, рост и развитие, наследственность и изменчивость, адаптация к условиям существования.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Живые организмы отличаются друг от друга по множеству признаков: по внешнему виду, внутреннему строению, распространению в природе, местам обитания, способам питания. Есть организмы, которые всю жизнь проводят на одном месте, а другие активно передвигаются. Несмотря на такое разнообразие, все живые организмы имеют общие черты, отличающие их от объектов неживой природы. Такими специфическими признаками являются следующие:

#### 1. Единство химического состава.

Живые организмы образованы веществами, в состав которых входят атомы тех же химических элементов, из которых состоят объекты неживой природы. Соотношение этих элементов в живом и неживом неодинаково. Более 98 % массы живых организмов составляют четыре элемента: кислород, углерод, водород и азот. Оставшиеся 2 % – это кальций, фосфор, калий, сера, хлор, натрий, магний, железо и некоторые другие элементы. В состав живых организмов входят четыре группы органических веществ (белки, липиды, углеводы и нуклеиновые кислоты), которые в неживой природе не встречаются.

#### 2. Клеточное строение.

Живые организмы отличаются высокоупорядоченным строением. Структурной и функциональной единицей живых организмов является клетка. Вне клетки нет жизни.

#### 3. Обмен веществ и энергии.

Обмен веществ между живыми организмами и внешней средой является обязательным условием существования, тогда как тела неживой природы он приводит к разрушению, превращению в другие тела. Живые организмы извлекают, преобразуют и используют вещества и энергию из окружающей среды и возвращают в нее продукты распада и преобразованную энергию, например, в виде тепла. Организмы разных групп различаются по способу получения питательных веществ. Почти все растения способны к фотосинтезу, т. е. они сами создают органические вещества из неорганических, используя энергию света. Животные и грибы используют органические вещества других организмов, расщепляя их с помощью ферментов и усваивая продукты расщепления. Для всех процессов жизнедеятельности нужна энергия. Поэтому значительная часть питательных веществ, получаемых в результате автотрофного или гетеротрофного питания, используется в качестве источника энергии. Энергия высвобождается в процессе дыхания при расщеплении

органических соединений. Высвобождаемая энергия запасается в молекулах аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), которая обнаружена во всех живых клетках.

#### *4. Саморегуляция.*

Живые организмы, обитающие в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды, обладают способностью поддерживать постоянство своего химического состава и интенсивность протекания физиологических процессов. Это свойство называется саморегуляцией.

#### *5. Подвижность.*

Животные отличаются от растений способностью перемещаться из одного места в другое, способностью к передвижению. Животным необходимо двигаться, чтобы добывать пищу, укрываться от врагов и непогоды. Растения ведут прикрепленный образ жизни, так как они способны сами создавать питательные вещества путем фотосинтеза. У растений можно наблюдать разнообразные движения: передвигаются органоиды в клетках, открываются и закрываются цветки, изменяют свое положение в пространстве листья, складываются листочки сложного листа.

#### *6. Раздражимость.*

Все живые организмы способны тем или иным образом реагировать на изменения внешней и внутренней среды, что помогает им выжить. Способность живых клеток, тканей, органов и целых организмов отвечать приспособительными реакциями на внешние или внутренние воздействия называется раздражимостью.

#### *7. Размножение.*

Продолжительность жизни каждого организма ограничена. Длительное существование каждого вида живых организмов обеспечивается благодаря сохранению у потомства основных признаков родителей. Это осуществляется при бесполом или половом размножении. Размножение – это способность организмов воспроизводить себе подобных.

#### *8. Наследственность и изменчивость.*

Воспроизведение себе подобных тесно связано с наследственностью – способностью организмов передавать потомкам свои признаки и свойства в неизменном виде. Способность организмов приобретать новые свойства и признаки называется изменчивостью.

#### *9. Рост и развитие.*

В течение жизни организмы претерпевают ряд количественных (увеличение числа клеток, массы и размеров тела) и качественных (дифференцировка клеток, образование тканей и органов, старение) изменений, т. е. организмы обладают способностью к росту и индивидуальному развитию.

#### *10. Адаптация к условиям существования.*

Живые организмы адаптированы (приспособлены) к своей среде обитания. Они соответствуют своему образу жизни. Особенности строения, жизнедеятельности и поведения, обеспечивающие выживание и размножение живых организмов в их среде обитания, называются адаптациями.

## 1.10.2. Химические компоненты живых организмов.

*Основные понятия и термины по теме:*

Химические компоненты живых организмов

Содержание химических элементов в организме. Понятие о макроэлементах и микроэлементах.

Неорганические вещества. Вода и ее роль в жизни живых организмов. Содержание воды в организме, разных клетках и тканях. Функции воды в организме. Гидрофильные и гидрофобные соединения.

Минеральные соли и кислоты. Кислотность среды. Понятие о буферных растворах.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

В живых организмах обнаружено более 70 химических элементов. Они являются составной частью определенных веществ, образующих структуры организма и участвующих в химических реакциях.

*Макроэлементы:*

Химические элементы, содержание которых в живых организмах составляет от десятков до сотых долей процента, называются макроэлементами. Живые организмы более чем на 98 % состоят из четырех химических элементов: кислорода (O), углерода (C), водорода (H) и азота (N). Водород и кислород – составные элементы воды. Наряду с углеродом и азотом эти элементы являются основными составляющими органических соединений живых организмов. В состав молекул многих органических веществ также входят сера (S) и фосфор (P). Кроме того, к макроэлементам относятся натрий (Na), калий (K), магний (Mg), кальций (Ca), хлор (Cl).

Важнейшим макроэлементом для организма человека является кальций. Его соединения, в частности ортофосфат, составляют минеральную основу костей и зубов. Другие соединения кальция участвуют в нервной и мышечной деятельности, входят в состав клеток и тканевой жидкости организма.

*Микроэлементы:*

Жизненно важные элементы, которые содержатся в живых организмах в исключительно малых количествах (менее 0,01 %) составляют группу микроэлементов. К этой группе относятся некоторые металлы – железо (Fe), цинк (Zn), медь (Cu), марганец (Mn), кобальт (Co), молибден (Mo), неметаллы – фтор (F), йод (I).

Йод входит в состав гормонов щитовидной железы тироксина и трийодтиронина. Эти гормоны регулируют обмен веществ, влияют на рост, развитие и дифференцировку тканей, на деятельность нервной системы. Железо и медь входят в состав ферментов, участвующих в клеточном дыхании. Вместе с кобальтом они играют важную роль в процессах кроветворения. Цинк и марганец оказывают влияние на рост и развитие организмов. Фтор входит в состав костной ткани и эмали зубов.

Для человека источниками макро- и микроэлементов являются продукты питания и вода. Поэтому для полного удовлетворения потребностей в макро- и

микроэлементах необходимо полноценное и разнообразное питание, включающее продукты животного и растительного происхождения.

#### *Неорганические вещества:*

Больше всего по массе в живых организмах содержится воды. Содержание воды в живых организмах составляет 60-75 % их массы, у медуз – 98 %. В листьях и сочных плодах растений содержание воды также может достигать 98 %. Количество воды неодинаково в разных тканях и органах. Так, у человека в сером веществе головного мозга ее содержание составляет 85 %, в костной ткани – 22 %. Наибольшее содержание воды в организме наблюдается в эмбриональный период (95 %) и с возрастом постепенно уменьшается.

Биологическая роль воды в живых организмах связана с ее свойствами, с малыми размерами молекул, их полярностью и способностью образовывать водородные связи между собой и с другими соединениями. Вода определяет объем клеток и внутриклеточное (тургорное) давление. Благодаря полярности молекулы воды способны формировать гидратные оболочки вокруг ионов и полярных молекул. Это способствует обособлению частиц и препятствует их склеиванию друг с другом. Полярность молекул и способность образовывать водородные связи делает воду универсальным растворителем для полярных веществ

В зависимости от растворимости в воде соединения условно делят на *растворимые*, или *гидрофильные* (от греч. гидор – вода, филия – люблю), и *нерастворимые*, или *гидрофобные* (от греч. фобос – страх). Гидрофильными веществами являются моно- и дисахариды, многие минеральные соли и кислоты, низшие спирты, низшие карбоновые кислоты. Гидрофобны высшие карбоновые кислоты, жиры и некоторые другие вещества.

Вода – это среда протекания множества обменных процессов. Большинство химических реакций в организме происходит именно в водных растворах. Поступление и выведение веществ из клетки осуществляется в растворенном виде. Вода принимает непосредственное участие во многих химических реакциях, происходящих в клетках, в том числе в процессах расщепления органических соединений. Она является одним из исходных веществ в реакциях фотосинтеза. Кислород, образующийся в ходе фотосинтеза, выделяется при расщеплении молекул воды.

*Вода как растворитель* принимает участие в явлениях осмоса, играющих важную роль в жизнедеятельности клеток организма. *Осмоз* – это перемещение молекул воды через полупроницаемую мембрану из области с меньшей концентрацией растворенных веществ в область с более высокой концентрацией этих веществ. За счет осмоса происходит выравнивание концентраций растворенных веществ в клетке и внеклеточной среде. Чем более концентрированным является раствор, тем выше его осмотическое давление.

*Растворы*, осмотическое давление которых такое же, как в клетках, получили название *изотонических*. Объем клеток, погруженных в изотонические растворы, остается неизменным. Изотонические растворы, в

частности физиологический раствор (водный раствор NaCl массовой долей 0,9%), используются в медицине.

*Раствор*, осмотическое давление которого выше, чем в клетках, называется *гипертоническим*. Клетки, погруженные в гипертонический раствор, теряют воду и уменьшаются в объеме, т. е. сморщиваются. Гипертонический раствор находит применение в лечении ран.

При погружении клеток в гипотонический раствор, в котором концентрация растворенных веществ ниже, чем в клетках, вода устремляется в клетку, клетка разбухает и может лизироваться, т. е. лопнуть.

С водой связана также регуляция теплового режима организмов. Воде свойственна высокая *теплоемкость* – способность поглощать большое количество теплоты при незначительных изменениях собственной температуры. При изменении температуры внешней среды вода поглощает (или выделяет) теплоту вследствие разрыва (или образования) многочисленных водородных связей, чем объясняется высокая удельная теплоемкость воды.

При испарении воды организмами (транспирация у растений, потоотделение у млекопитающих) тратится много теплоты, что защищает их от перегрева. Благодаря высокой *теплопроводности* вода обеспечивает равномерное распределение теплоты между тканями организма. Таким образом, вода участвует в регуляции теплового режима организма.

Для поддержания жизнедеятельности клеток и организма в целом необходимы минеральные соли. В живых организмах они находятся либо в растворенном виде (диссоциированы на ионы), либо в твердом состоянии.

Общее содержание минеральных солей в различных клетках варьирует от одного до нескольких процентов. Их роль в клетке разнообразна. Так, разная концентрация ионов  $K^+$  и  $Na^+$  внутри и снаружи клеток приводит к возникновению разности электрических потенциалов на цитоплазматической мембране, что очень важно для передачи нервных импульсов, для транспорта веществ через мембрану. При уменьшении этой разности снижается возбудимость клеток. Некоторые ионы необходимы для синтеза органических веществ.

Регуляторную функцию и активизацию многих ферментов осуществляют ионы  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ . Ионы  $Mg^{2+}$  активизируют энергетический обмен и синтез АТФ. Соединения кальция входят в состав раковин моллюсков, панцирей ракообразных и других животных. У некоторых протистов внутриклеточный скелет построен из оксида кремния или сульфата стронция.

Неорганические кислоты также выполняют важные функции в организме. В желудке позвоночных соляная кислота создает кислую среду, способствуя уничтожению болезнетворных микроорганизмов и активации ферментов желудочного сока, стимулирует сокращения стенок желудка. Угольная кислота и ее анионы формируют бикарбонатную буферную систему, анионы фосфорной кислоты – фосфатную буферную систему.

На протекание биохимических реакций в живых организмах существенное влияние оказывает концентрация ионов водорода – кислотность среды.

Нейтральная характеризуется значением рН равно 7, в щелочной среде рН больше 7, в кислой – меньше 7.

Живые организмы в целом и их отдельные клетки обладают способностью поддерживать кислотность среды на определенном уровне. В поддержании слабощелочной реакции внеклеточной среды участвуют угольная кислота и гидрокарбонат. Анионы фосфорной кислоты – обеспечивают поддержание нейтральной или слабощелочной среды внутри клеток.

Растворы, в которых при изменении состава среды обеспечивается относительное постоянство концентрации ионов водорода, называются *буферными*.

### **1.10.3. Органические вещества. Белки.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Органические вещества. Понятие о макромолекулах, биополимерах и мономерах.

Белки. Аминокислоты - мономеры белков. Строение аминокислот. Понятие о нейтральных, основных и кислых аминокислотах. Незаменимые и заменимые аминокислоты. Образование пептидов и полипептидов. Структура белков: первичная, вторичная, третичная, четвертичная.

Многообразие и свойства белков. Денатурация и ренатурация белков. Функции белков: структурная, ферментативная, транспортная, сократительная, регуляторная, сигнальная, защитная, токсическая, энергетическая.

*Белки – это полимеры, мономерами которых являются аминокислоты. Краткое изложение теоретических вопросов:*

В состав живых организмов входят различные органические вещества: белки, липиды, углеводы, нуклеиновые кислоты. Они образованы четырьмя химическими элементами: углеродом, водородом, кислородом и азотом. В составе белков к этим элементам добавляется сера, в нуклеиновых кислотах – фосфор.

В живых организмах органические вещества представлены небольшими, с относительно низкой молекулярной массой, молекулами, и макромолекулами. К низкомолекулярным соединениям относятся аминокислоты, моносахариды, нуклеотиды, карбоновые кислоты, спирты. Макромолекулы (от греч. макрос – большой) представлены белками, полисахаридами и нуклеиновыми кислотами.

Молекулы белков, полисахаридов и нуклеиновых кислот состоят из большого числа одинаковых или различных по составу повторяющихся звеньев.

Простые молекулы, из остатков которых состоят полимеры, называются мономерами. Мономерами белков являются аминокислоты, мономерами полисахаридов – моносахариды, молекулы нуклеиновых кислот построены из нуклеотидов. Белки, полисахариды и нуклеиновые кислоты содержатся в клетках всех живых организмов и выполняют исключительно важные биологические функции, поэтому их называют биологическими полимерами (биополимерами). В клетках различных живых организмов содержание тех или иных органических соединений разное.

*Белки* – это полимеры, мономерами которых являются аминокислоты. *Аминокислоты* – органические соединения, содержащие одновременно аминогруппу (NH<sub>2</sub>), которой характерны *основные свойства*, и карбоксильную группу (COOH) с *кислотными свойствами*. Известно около 200 аминокислот, но в образовании природных белков участвует только 20. Такие аминокислоты называются белокобразующими.

В молекулах белокобразующих аминокислот карбоксильная группа и аминогруппа связаны с одним и тем же атомом углерода. По этому признаку 20 аминокислот сходны между собой. Другая часть молекулы, называемая радикалом (R), у разных аминокислот имеет различное строение. Радикал может быть неполярным или полярным, гидрофобным или гидрофильным, что и придает разным аминокислотам особые свойства.

У большей части белокобразующих аминокислот имеется одна карбоксильная группа и одна аминогруппа – такие аминокислоты называются *нейтральными*. Существуют также *основные аминокислоты*, с более чем одной аминогруппой, и *кислые аминокислоты*, с более чем одной карбоксильной группой. Наличие дополнительной амино- или карбоксильной группы оказывает влияние на свойства аминокислоты, которые играют определяющую роль в формировании пространственной структуры белка.

В состав радикала некоторых аминокислот (например, цистеина) входят атомы серы. Автотрофные организмы синтезируют все необходимые им аминокислоты из первичных продуктов фотосинтеза и азотсодержащих неорганических соединений. Для гетеротрофных организмов источником аминокислот является пища. В организме человека и животных некоторые аминокислоты могут синтезироваться из продуктов обмена веществ (из других аминокислот). Такие аминокислоты называются *заменимыми*. Другие же, так называемые незаменимые аминокислоты, не могут быть синтезированы в организме и поэтому должны постоянно поступать в него в составе белков пищи. Белки пищи, содержащие остатки всех незаменимых аминокислот, называются *полноценными*, в отличие от *неполноценных*, в составе которых отсутствуют остатки тех или иных незаменимых аминокислот.

*Незаменимыми аминокислотами* для человека являются: триптофан, лизин, валин, изолейцин, треонин, фенилаланин, метионин и лейцин. Для детей незаменимыми являются также аргинин и гистидин.

Наличие как основной, так и кислотной групп обуславливает *амфотерность* и высокую реакционную способность аминокислот. Аминогруппа (NH<sub>2</sub>) одной аминокислоты способна взаимодействовать с карбоксильной группой (COOH) другой аминокислоты. При этом выделяется молекула воды, а между атомом азота аминогруппы и атомом углерода карбоксильной группы возникает *ковалентная связь*, которая называется *пептидной связью*. Образующаяся молекула представляет собой дипептид. На одном конце молекулы дипептида находится свободная аминогруппа, а на другом – свободная карбоксильная группа. Благодаря этому дипептид может присоединять к себе другие аминокислоты, образуя олигопептиды. Если таким

образом соединяется более 10 остатков аминокислот, то образуется полипептид.

Пептиды играют важную роль в организме человека. Многие гормоны (глюкагон, вазопрессин, окситоцин), антибиотики (грамицидин), токсины (дифтерийный токсин) по химической природе являются олиго- и полипептидами.

Полипептидные цепи могут быть очень длинными и включать самые разные комбинации аминокислотных остатков. Полипептиды, в состав молекул которых входит от 50 до нескольких тысяч остатков аминокислот, называются белками. Каждый конкретный белок характеризуется строго постоянным составом и последовательностью аминокислотных остатков.

Белки, образованные только остатками аминокислот, называются простыми. Сложными являются белки, имеющие в своем составе компонент неаминокислотной природы.

*Простыми белками* являются альбумины крови, фибрин, некоторые ферменты (трипсин). *Сложные белки* – это большинство ферментов, иммуноглобулины (антитела).

Молекулы белков могут принимать различные пространственные формы, которые представляют собой четыре уровня их структурной организации. *Цепочка* из множества аминокислотных остатков, соединенных *пептидными связями*, представляет собой *первичную структуру* белковой молекулы. Это наиболее важная структура, так как именно она определяет форму, свойства и функции белка. На основе первичной структуры создаются другие виды структур. Каждый белок организма имеет уникальную первичную структуру.

*Вторичная структура* белка возникает в результате образования *водородных связей* между атомами водорода NH-групп и атомами кислорода СО-групп разных аминокислотных остатков полипептидной цепи. Полипептидная цепь при этом закручивается в *спираль*. Водородные связи слабые, но благодаря значительному количеству они обеспечивают стабильность этой структуры. Полностью спиральную конфигурацию имеют, например, молекулы кератина – основного белка волос и ногтей человека. Спиральная вторичная структура характерна и для некоторых других белков, например для миозина и коллагена. Вторичная структура белка, помимо спирали, может быть представлена *складчатым слоем*. В этом случае несколько полипептидных цепей (или участков одной полипептидной цепи) размещаются параллельно, образуя структуру, сложенную наподобие гармошки. Такую конфигурацию имеет, например, белок фиброин, составляющий основу волокон натурального шелка.

*Третичная структура* формируется за счет образования водородных, ионных и других связей, возникающих между разными группами атомов белковой молекулы в водной среде. У некоторых белков важную роль в образовании третичной структуры играют S–S связи (*дисульфидные связи*) между остатками цистеина (аминокислоты, содержащей серу). При этом полипептидная спираль укладывается в своеобразный клубок (*глобулу*) таким

образом, что гидрофобные аминокислотные радикалы погружаются внутрь глобулы, а гидрофильные располагаются на поверхности и взаимодействуют с молекулами воды. Третичной структурой определяются специфичность белковых молекул, их биологическая активность. Третичную структуру имеют многие белки, например миоглобин (белок, который участвует в создании запаса кислорода в мышцах) и *трипсин* (фермент, расщепляющий белки пищи в кишечнике).

В состав молекул некоторых белков входит не один, а несколько полипептидов, образующих единый комплекс. Так формируется *четвертичная структура*. Полипептиды (они могут иметь одинаковое или разное строение) не связываются ковалентными связями. Прочность четвертичной структуры обеспечивается взаимодействием слабых *межмолекулярных сил*. Например, четвертичная структура характерна для белка гемоглобина. Его молекула состоит из четырех структурных элементов – субъединиц, в состав каждой субъединицы входит полипептидная цепь и небелковый компонент – гем.

По форме молекул белки можно разделить на две группы. Молекулы глобулярных белков имеют округлую форму, фибриллярные белки характеризуются вытянутой, нитевидной формой молекул. Так, *глобулярными белками* являются *глобулины* и *альбумины крови*, *фибриноген*, *гемоглобин*. *Фибриллярные белки* – *кератин*, *коллаген*, *миозин*, *эластин*.

Белки – преимущественно водорастворимые вещества. Белковые молекулы несут большой поверхностный заряд. Это сказывается на каталитической активности белков, на проницаемости биологических мембран. Еще одной важной особенностью белков является то, что они проявляют свою активность лишь в узких температурных рамках и в определенном диапазоне кислотности среды.

Одно из основных свойств белков – способность изменять структуру и свойства под влиянием различных факторов (высокая температура, действие концентрированных кислот и щелочей, тяжелых металлов).

Процесс нарушения природной структуры белков под влиянием каких-либо факторов без разрушения первичной структуры называется *денатурацией* (от лат. *de* – приставка, означающая утрату, *натура* – природные свойства). Денатурация происходит вследствие разрыва водородных, ионных, дисульфидных и других связей, стабилизирующих пространственную структуру белковых молекул. При этом может утрачиваться их четвертичная, третичная и даже вторичная структура. Денатурация сопровождается потерей биологической активности белка. При этом наблюдается уменьшение его растворимости, изменение формы и размеров молекул.

Денатурация часто имеет необратимый характер. Однако в ряде случаев после непродолжительного воздействия повреждающего фактора белок может восстановить свое первоначальное состояние. Это явление называется *ренатурацией* (от лат. *re* – приставка, означающая возобновление). Развернутая полипептидная цепь способна самопроизвольно закрутиться в спираль, а затем уложиться в третичную структуру. Это означает, что пространственная

структура белка определяется его первичной структурой, т. е. последовательностью аминокислотных остатков.

Большое разнообразие белков позволяет им выполнять в живом организме множество различных функций.

*Структурная:* Белки входят в состав всех клеток и тканей живых организмов; являются обязательным компонентом всех клеточных мембран и органоидов клетки; из белков построены элементы цитоскелета, сократительные элементы мышечных волокон; преимущественно из белков состоят хрящи и сухожилия, в состав которых входит белок коллаген; важнейшим структурным компонентом перьев, волос, ногтей, когтей, рогов, копыт у животных является белок кератин; в состав связок, стенок артерий и лёгких входит структурный белок эластин.

*Ферментативная (каталитическая):* Многие белки являются ферментами – биологические катализаторы, вещества, ускоряющие протекание химических реакций в живых организмах; ферменты участвуют в процессах синтеза и расщепления различных веществ; они обеспечивают фиксацию углерода в процессе фотосинтеза, расщепление питательных веществ в пищеварительном тракте; практически все процессы жизнедеятельности, протекающие в организме, обусловлены ферментативными реакциями; ферменты ускоряют химические реакции за счет тесного взаимодействия с молекулами субстратов – исходных реагирующих веществ. С субстратом (или субстратами) взаимодействует не вся молекула фермента, а лишь небольшой ее участок – активный центр, который образован несколькими аминокислотными остатками. Форма и химическое строение активного центра таковы, что с ним могут связываться только определенные субстраты из-за соответствия их пространственных структур. Субстрат по форме подходит к активному центру, как ключ к замку; присоединение к активному центру приводит к тому, что молекулы субстрата определенным образом располагаются в пространстве и деформируются, в их структуре ослабляются определенные химические связи. Все это приводит к ускорению реакции. На заключительном этапе химической реакции фермент-субстратный комплекс распадается с высвобождением конечных продуктов и свободного фермента. Освободившийся активный центр может принимать новые молекулы субстрата. Сходство ферментов с обычными химическими катализаторами проявляется в том, что и те и другие увеличивают скорость реакции, но при этом не расходуются и могут использоваться многократно. В отличие от обычных химических катализаторов ферменты обладают *специфичностью*, действует только на определенный тип связи. Эта особенность объясняется соответствием активного центра фермента определенным субстратам. Ферменты являются белками, поэтому активно работают лишь в определенном диапазоне рН, температуры и других факторов. Например, фермент желудочного сока пепсин активен только в кислой среде, а ферменты слюны амилаза и мальтаза – в слабощелочной. При повышении температуры все химические реакции ускоряются, а реакции, катализируемые ферментами, замедляются, а затем вовсе прекращаются. Повышение

температуры, изменение кислотности среды и других факторов приводит к денатурации ферментов, в результате чего они теряют способность связываться со своими субстратами. Некоторые ферменты, помимо активного центра, имеют один или несколько регуляторных центров. Как с активным, так и с регуляторным центрами могут связываться определенные вещества, влияющие на активность фермента.

Вещества, повышающие скорость ферментативных реакций, называются *активаторами* (от лат. активус – деятельностный). Вещества, снижающие или блокирующие активность ферментов, называются *ингибиторами* (от лат. ингибео – сдерживаю, останавливаю). Различают несколько типов ингибирования. *Конкурентное ингибирование* вызывается веществами, которые по структуре сходны с субстратом и способны связываться с активным центром фермента. При этом молекулы субстрата и ингибитора конкурируют за активный центр. Конкурентные ингибиторы нередко используются в качестве лекарственных средств (антибиотики, противоопухолевые препараты). *Неконкурентные ингибиторы* не имеют структурного сходства с субстратом и присоединяются не к активному центру, а к другим участкам фермента (в частности, к регуляторному центру).

Ферменты широко используются в пищевой промышленности (при производстве сыров, соков, овощных и фруктовых пюре, в хлебопечении, пивоварении, виноделии, для обработки мяса и т. д.). Их также применяют в сельском хозяйстве для получения кормов, в медицине для диагностики и лечения заболеваний, в текстильной и кожевенной промышленности для обработки тканей, кожи и меха, в производстве синтетических моющих средств.

*Транспортная*: Многие белки способны присоединять и переносить различные вещества. Гемоглобин связывает и переносит кислород и углекислый газ. Альбумины крови транспортируют жирные кислоты, глобулины – ионы металлов и гормоны. Многие белки, входящие в состав цитоплазматической мембраны, участвуют в транспорте веществ в клетку и из нее.

*Сократительная (двигательная)*: Сократительные белки обеспечивают способность клеток, тканей, органов и целых организмов изменять форму, двигаться. Так, актин и миозин обеспечивают работу мышц и немышечные внутриклеточные сокращения. Белок тубулин входит в состав микротрубочек веретена деления, ресничек и жгутиков эукариотических клеток.

*Регуляторная*: Некоторые пептиды и белки являются гормонами. Они влияют на различные физиологические процессы. Например, инсулины глюкозагон регулируют содержание глюкозы в крови, а соматотропин (гормон роста – процессы роста и физического развития).

*Сигнальная*: Некоторые белки клеточных мембран способны изменять свою структуру в ответ на действие внешних факторов. С помощью этих белков происходит прием сигналов из внешней среды и передача информации в

клетку. Примером может служить опсин – составная часть зрительного пигмента родопсина, содержащегося в клетках сетчатки глаза.

*Защитная:* Белки предохраняют организм от вторжения чужеродных организмов и от повреждений. На проникновение чужеродных объектов (антигенов) определенные лейкоциты вырабатывают специфические белки – иммуноглобулины (антитела), участвующие в иммунном ответе организма. Белок интерферон защищает организм от вирусной инфекции. Фибриноген, тромбопластин и тромбин обеспечивают свертывание крови, предотвращая кровопотерю.

*Токсическая:* Многие живые организмы выделяют белки-токсины, которые являются ядами для других организмов. Токсины синтезируются в организме ряда животных, грибов, растений, микроорганизмов. В свою очередь, некоторые организмы способны вырабатывать антитоксины, которые подавляют действие этих ядов.

*Энергетическая:* После расщепления до аминокислот белки могут служить источником энергии в клетке. При полном окислении 1 г белка выделяется 17,6 кДж энергии. Однако белки расходуются на энергетические нужды лишь в крайних случаях, когда исчерпаны запасы углеводов и жиров.

*Запасающая:* В семенах растений запасаются резервные белки, которые используются при прорастании зародышем, а затем и проростком как источник азота.

#### 1.10.4. Углеводы. Липиды.

*Основные понятия и термины по теме:*

Углеводы. Моносахариды. Олигосахариды. Дисахариды. Полисахариды, их структура. Крахмал. Гликоген. Целлюлоза. Хитин. Функции углеводов: энергетическая, структурная, метаболическая, запасающая.

Липиды, их строение и функции. Нейтральные жиры. Фосфолипиды. Функции липидов: энергетическая, строительная, защитная, теплоизоляционная, регуляторная.

*Углеводы* – органические соединения, которые образованы атомами углерода, водорода и кислорода.

*Липиды* (от греч. липос – жир) – обширная группа жиров и жироподобных веществ, которые содержатся в клетках всех живых организмов.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Углеводы* – органические соединения, которые образованы атомами углерода, водорода и кислорода. В молекулах многих углеводов водород и кислород содержатся в таком же соотношении, как и в воде. Отсюда и их название – углеводы. Состав большинства углеводов можно выразить формулой  $C_n(H_2O)_m$ , где  $n$  и  $m$  равны трем и более. Есть углеводы, у которых соотношение указанных в формуле химических элементов иное, а некоторые, кроме того, содержат атомы азота, фосфора или серы. Углеводы входят в состав всех живых организмов. В клетках животных содержание углеводов не превышает 10 % сухой массы, в клетках растений их значительно больше – до 90 %.

Выделяют три класса углеводов: моносахариды, олигосахариды и полисахариды:

*Моносахариды* (от греч. *монос* – один) – бесцветные кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде и имеющие сладкий вкус. По количеству атомов углерода в составе молекул моносахариды делятся на несколько групп, важнейшими из которых являются пятиуглеродные ( $C_5$ ) – *пентозы* и шестиуглеродные ( $C_6$ ) – *гексозы*. Наибольшее значение для живых организмов имеют такие *пентозы*, как *рибоза* и *дезоксирибоза*. Рибоза входит в состав важнейших соединений клетки – РНК (рибонуклеиновой кислоты), АТФ, витамина  $B_2$ , ряда ферментов. Деоксирибоза входит в состав ДНК (деоксирибонуклеиновой кислоты). Важную биологическую роль играют *гексозы* – *глюкоза*, *фруктоза*, *галактоза*. Глюкоза – основной источник энергии для клеток, она содержится в клетках всех живых организмов. Фруктоза в свободном виде присутствует в вакуолях клеток растений. Много фруктозы содержится в ягодах, фруктах, меде.

*Олигосахариды* (от греч. *олигос* – немного) – соединения, состоящие из 2 – 10 остатков моносахаридов, последовательно соединенных ковалентными связями. В состав молекул олигосахаридов могут входить остатки одного или разных моносахаридов. Большинство олигосахаридов, выделенных в чистом виде, как и моносахариды, – бесцветные кристаллические соединения, хорошо растворимые в воде и сладкие на вкус. Олигосахариды, в состав которых входят два остатка моносахаридов, называют дисахаридами. Наиболее важные *дисахариды* – сахароза (тростниковый или свекловичный сахар), мальтоза (солодовый сахар), лактоза (молочный сахар). В растениях сахароза служит растворимым резервным углеводом, транспортной формой продуктов фотосинтеза, которая легко переносится по растению. Мальтоза в больших количествах содержится в прорастающих семенах злаков. Лактоза является важнейшим углеводным компонентом молока млекопитающих.

*Полисахариды* (от греч. *полис* – много) – биополимеры, молекулы которых состоят из большого числа (до нескольких тысяч) остатков моносахаридов. В состав полисахарида могут входить остатки одного или разных моносахаридов. В отличие от моно- и олигосахаридов полисахариды практически нерастворимы в воде и не имеют сладкого вкуса. Полисахариды могут иметь *линейную, неразветвленную* (целлюлоза, хитин) либо *разветвленную* (гликоген) *структуру*. Крахмал представляет собой смесь полисахаридов – примерно на 80 % (по массе) он состоит из разветвленного амилопектина и на 20 % из линейного полисахарида амилозы. Полисахариды различаются между собой составом мономеров, длиной и степенью разветвленности цепей. Наиболее важными полисахаридами являются крахмал, гликоген и целлюлоза. Крахмал синтезируется в клетках растений и состоит из остатков глюкозы. В значительных количествах крахмал запасается в семенах, клубнях, листьях и других органах. Особенно высоко содержание крахмала в семенах зерновых культур – ржи, пшеницы, риса, кукурузы (до 80 % сухой массы), клубнях картофеля (около 25 %). Крахмал откладывается в клетках в виде так

называемых крахмальными зерен. У грибов, животных и человека резервным (запасным) полисахаридом является *гликоген*. Гликоген построен из остатков глюкозы, но его цепи ветвятся еще сильнее. Он откладывается в основном в мышцах и клетках печени в виде крошечных гранул. В оболочках клеток растений (клеточных стенках) содержится *целлюлоза* – прочный, волокнистый, нерастворимый в воде полисахарид. Древесина, волокна хлопчатника состоят в основном из целлюлозы. Целлюлоза, как уже отмечалось, представляет собой неразветвленный полимер глюкозы. Целлюлоза играет важную роль в промышленности. Из нее изготавливают хлопчатобумажные ткани, бумагу и многое другое. Помимо того, что целлюлоза является одним из структурных компонентов клеточных оболочек, она служит пищей для некоторых животных, грибов и микроорганизмов. Фермент целлюлаза, расщепляющий целлюлозу до глюкозы, вырабатывается только некоторыми группами организмов (бактерии, грибы, некоторые протисты). Поэтому в организме большинства животных целлюлоза не может использоваться как питательное вещество, хотя она представляет собой практически неисчерпаемый и потенциально ценный источник глюкозы. У многих травоядных животных в пищеварительном тракте в качестве симбионтов обитают бактерии и протисты, которые вырабатывают фермент, расщепляющий целлюлозу. Микроорганизмы, способные расщеплять целлюлозу, входят также в состав микрофлоры толстого кишечника человека. В состав кутикулы членистоногих, клеточных оболочек многих грибов и некоторых протистов входит полисахарид *хитин*. По структуре он сходен с целлюлозой, однако в составе молекул содержит не только углерод, водород и кислород, но и азот.

*Функции углеводов:*

*Энергетическая* функция состоит в том, что углеводы под влиянием ферментов легко расщепляются и окисляются с выделением энергии. При полном окислении 1 г углеводов высвобождается 17,6 кДж энергии. Конечные продукты окисления углеводов – углекислый газ и вода. Важнейшая роль углеводов в энергетическом обмене живых организмов связана с их способностью расщепляться как при наличии кислорода, так и без него. Это имеет большое значение для организмов, живущих в условиях дефицита кислорода.

*Запасающая* функция заключается в том, что полисахариды являются запасными питательными веществами живых организмов, играя роль «хранилищ» энергии. Запасным (резервным) углеводом у растений является крахмал, у животных и грибов – гликоген. При необходимости эти полисахариды расщепляются до глюкозы, которая служит основным источником энергии для живых организмов.

*Структурная* функция углеводов заключается в том, что они используются в качестве строительного материала. Оболочки клеток растений на 20-40 % состоят из целлюлозы, которая обладает высокой прочностью. Поэтому они надежно защищают внутриклеточное содержимое и поддерживают форму клеток. Хитин является важным структурным

компонентом наружного скелета членистоногих, клеточных оболочек грибов и некоторых протистов. Олиго- и полисахариды входят в состав цитоплазматической мембраны клеток животных, образуя надмембранный комплекс – *гликокаликс*. Углеводные компоненты цитоплазматической мембраны выполняют рецепторную функцию: воспринимают сигналы из окружающей среды и передают их в клетку. Метаболическая функция углеводов состоит в том, что в клетках живых организмов моносахариды являются основой для синтеза многих органических веществ – олиго- и полисахаридов, нуклеотидов, некоторых спиртов. Ряд веществ, образующихся в ходе расщепления молекул моносахаридов, используется клетками для синтеза аминокислот, жирных кислот и др.

*Защитная* функция: камеди (смолы, выделяющиеся при повреждении деревьев, например вишен и слив) являются производными моносахаридов. Они препятствуют проникновению в раны болезнетворных микроорганизмов.

*Липиды* (от греч. липос – жир) – обширная группа жиров и жироподобных веществ, которые содержатся в клетках всех живых организмов. Большинство из них неполярны и, следовательно, гидрофобны. Они практически нерастворимы в воде, но хорошо растворяются в органических растворителях (бензине, хлороформе, эфире и др.). Высокое содержание липидов характерно для нервной ткани, подкожной клетчатки, молока млекопитающих. Много жиров в семенах и плодах некоторых растений (подсолнечника, грецкого ореха, маслины, льна, клещевины, рапса, сои, кукурузы). Они используются для промышленного получения растительных масел.

*Жиры* – наиболее простые и широко распространенные липиды. Их молекулы образуются в результате присоединения к молекуле спирта глицерина трех остатков карбоновых кислот (высших), которые могут быть одинаковыми или разными. Атомы углерода в молекулах карбоновых кислот могут быть соединены друг с другом как простыми, так и двойными связями. В первом случае кислоты называются *предельными* или *насыщенными*. Если же имеются двойные связи, то это кислоты *непредельные*, или *ненасыщенные*. Среди предельных карбоновых кислот наиболее часто в состав жиров входят пальмитиновая и стеариновая, среди непредельных – олеиновая, линолевая, линоленовая кислоты. Длина углеродных цепей и количество двойных связей в остатках карбоновых кислот определяют физические свойства того или иного жира. Для жиров с короткими и (или) ненасыщенными цепями характерна низкая температура плавления. При комнатной температуре они имеют жидкую либо мазеподобную консистенцию. Жиры с длинными и насыщенными цепями при комнатной температуре представляют собой твердые вещества. У животных, живущих в холодном климате (у рыб арктических морей), жиры обычно содержат больше остатков ненасыщенных кислот, чем у обитателей южных широт. По этой причине их жир и при низких температурах остается жидким, а тело сохраняет гибкость.

*Фосфолипиды* по структуре сходны с жирами, но в их молекуле один остаток карбоновой кислоты замещен радикалом, содержащим остаток

фосфорной кислоты. Фосфолипиды являются основным компонентом клеточных мембран. Молекула фосфолипида состоит из двух частей, различных по своей растворимости в воде: полярной гидрофильной головки и гидрофобных хвостов – неполярных углеводородных цепей карбоновых кислот. Природа фосфолипидов обуславливает их ключевую роль в формировании структуры биологических мембран.

К липидам относятся также *воски*, выполняющие в организме растений и животных в основном защитную функцию. У млекопитающих воски входят в состав секрета, выделяемого сальными железами кожи. Секрет *сальных желез* смазывает кожу и волосы, делая их эластичными и уменьшая снашиваемость волосяного покрова. У птиц воски, секретлируемые *копчиковой железой*, придают перьям водоотталкивающие свойства. Восковой слой покрывает листья наземных растений (*восковая кутикула*) и поверхность тела наземных членистоногих, предохраняя от излишнего испарения воды. *Воски* – сложные эфиры одноатомных высокомолекулярных (имеющих длинный углеродный скелет) спиртов и высших карбоновых кислот. У животных воски также входят в состав головного мозга, лимфатических узлов, селезенки. Образующий пчелами воск используется для строительства сот.

Еще одну группу липидов составляют *стероиды*. Их молекулы не содержат остатков карбоновых кислот. Стероиды являются, например, желчные кислоты (важнейшие компоненты желчи) и *стероидные гормоны* (половые гормоны, гормоны коры надпочечников – кортикостероиды). Исключительно важную роль в организме человека и животных играет *холестерин*. Он необходим для синтеза желчных кислот, стероидных гормонов, витамина D; входит в состав биологических мембран, обеспечивает их стабильность и регулирует проницаемость. Повышенное содержание холестерина в организме может вызывать развитие ряда заболеваний, в частности сердечно-сосудистых; может откладываться на внутренних стенках кровеносных сосудов, из-за чего их просвет сужается, что ведет к нарушению кровоснабжения тканей и органов, в первую очередь сердечной мышцы, повышается риск инфаркта миокарда, инсульта, других осложнений.

Липиды способны образовывать сложные соединения с веществами других классов: с белками – липопротеины, с углеводами – гликолипиды.

*Функции липидов:*

*Энергетическая*, при полном окислении 1 г жиров до углекислого газа и воды выделяется около 39 кДж энергии, что намного больше по сравнению с полным окислением такого же количества углеводов, это дает возможность животным, впадающим в спячку, расходовать накопленные летом и осенью жировые запасы для поддержания процессов жизнедеятельности в зимний период. Высокое содержание липидов в семенах растений обеспечивает энергией развитие зародыша и проростка, пока он не перейдет к самостоятельному питанию.

При окислении 1 г жиров образуется 1,05-1,1 г воды, поэтому благодаря запасам жира некоторые животные могут длительное время обходиться без нее.

Верблюды в пустыне выдерживают без воды 10-12 суток, медведи и другие животные во время зимней спячки – более двух месяцев. Необходимую для жизнедеятельности воду эти животные получают именно в результате окисления запасенных жиров.

*Строительная (структурная)*, фосфолипиды, холестерин, липопротеины, гликолипиды – важнейшие компоненты клеточных мембран.

*Защитная* функция липидов заключается в том, что они предохраняют внутренние органы от механических повреждений (почки человека покрыты жировым слоем, защищающим их от травм, сотрясения при ходьбе и прыжках).

Накапливаясь в подкожной жировой клетчатке, жиры выполняют *теплоизоляционную* функцию. У синего кита толщина подкожного жирового слоя может превышать 50 см.

*Регуляторная* функция, половые гормоны и кортикостероиды регулируют процессы развития и размножения, обмена веществ. Витамины группы D, которые являются производными холестерина, играют важную роль в обмене кальция и фосфора. Желчные кислоты участвуют в пищеварении: они обеспечивают эмульгирование жиров пищи и всасывание продуктов их расщепления.

#### **1.10.5. Нуклеиновые кислоты. ДНК. РНК. АТФ.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Нуклеиновые кислоты. Строение нуклеотидов - мономеров нуклеиновых кислот. Образование полинуклеотидов. Строение и функции ДНК.

Строение, виды и функции РНК.

АТФ. Строение и функция АТФ.

*Нуклеиновые кислоты* – сложные биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Все живые организмы способны сохранять наследственную информацию и передавать ее потомкам при размножении. Эту функцию выполняют нуклеиновые кислоты. Впервые нуклеиновые кислоты были открыты швейцарским биохимиком Ф. Мишером в 1868 г. В ходе исследований ученый обнаружил и выделил их из ядер лейкоцитов человека и сперматозоидов лосося. От слова «ядро» (от лат. нуклеус) и произошло название «нуклеиновые кислоты».

Нуклеиновые кислоты – самые крупные из молекул живых организмов. Их относительная молекулярная масса может составлять от нескольких тысяч до нескольких миллионов. *Нуклеиновые кислоты* – сложные биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды.

Каждый *нуклеотид* состоит из азотистого основания, пятиуглеродного сахара (пентозы) и остатка фосфорной кислоты. В состав нуклеотида может входить одно из пяти азотистых оснований: *аденин (А), гуанин (Г), цитозин (Ц), тимин (Т) или урацил (У)*. *Аденин и гуанин* относятся к *пуриновым основаниям*, *цитозин, тимин, урацил* – *пиримидиновым*. В молекуле нуклеотида азотистое основание присоединено к первому атому углерода пентозы, а остаток

фосфорной кислоты – к пятому. Формирование линейной полинуклеотидной цепочки происходит путем соединения пентозы одного нуклеотида с остатком фосфорной кислоты другого нуклеотида.

В зависимости от вида пятиуглеродного сахара в составе нуклеотидов различают два типа нуклеиновых кислот: дезоксирибонуклеиновые (ДНК) и рибонуклеиновые (РНК).

В состав нуклеотидов *ДНК* входит остаток дезоксирибозы, а нуклеотиды *РНК* содержат остаток рибозы. Кроме того, азотистое основание тимин (Т) может входить только в состав нуклеотидов ДНК, а урацил (У) встречается только в составе нуклеотидов РНК. Таким образом, как в состав ДНК, так и в состав РНК входит по четыре типа нуклеотидов.

Молекула ДНК состоит из двух полинуклеотидных цепей, соединенных между собой водородными связями. Эти связи возникают между азотистыми основаниями нуклеотидов противоположных цепей: между аденином и тимином возникают *две водородные связи*, между гуанином и цитозином – *три*. Нуклеотиды образуют пары, взаимно дополняя друг друга. Такое соответствие парных нуклеотидов называется *комплементарностью* (от лат. *комплементум* – дополнение). Таким образом, цепи ДНК комплементарны – последовательность нуклеотидов в одной цепи определяет их последовательность в другой, что лежит в основе формирования пространственной структуры молекулы ДНК. Две полинуклеотидные цепи ДНК закручены вокруг общей оси, создавая двойную спираль диаметром около 2 нм, напоминающую винтовую лестницу. *Один виток спирали включает 10 пар нуклеотидов, его длина 3,4 нм*. В спиральной молекуле двуцепочечной ДНК азотистые основания находятся внутри спирали.

Функцией ДНК является хранение наследственной (генетической) информации, передача этой информации потомкам. В ДНК любой клетки закодирована информация о структуре всех белков данного организма.

*Правило Чаргаффа*: 1. Количество адениловых нуклеотидов в молекуле ДНК равно количеству тимидиловых (А=Т), а количество гуаниловых – количеству цитидиловых (Г≡Ц). 2. Количество пуриновых азотистых оснований равно количеству пиримидиновых (А Г – Т Ц). 3. Суммарное количество адениловых и цитидиловых нуклеотидов равно суммарному количеству тимидиловых и гуаниловых нуклеотидов (А Ц – Т Г), что следует из первого правила.

При изменении условий (например, при повышении температуры) ДНК может подвергаться *денатурации* – плавлению. При этом водородные связи между азотистыми основаниями разрываются и комплементарные цепи отделяются друг от друга. Денатурация ДНК, как правило, носит обратимый характер.

Строение молекул РНК во многом сходно со строением молекул ДНК. В молекулах РНК вместо дезоксирибозы в состав нуклеотидов входит *рибоза*, вместо тимина (Т) – *урацил* (У). Главное отличие состоит в том, что молекулы РНК одноцепочечные. Нуклеотиды цепи РНК способны образовывать

водородные связи между собой, но в этом случае речь идет о внутримолекулярном взаимодействии комплементарных нуклеотидов. Молекулы РНК значительно короче ДНК.

В клетке существует несколько видов РНК, которые различаются по величине молекул, структуре и функциям. Все виды РНК синтезируются на определенных участках одной из цепей ДНК. Такой синтез получил название *матричного*, так как молекула ДНК является матрицей для синтеза молекул РНК.

*Рибосомные РНК (рРНК)* составляют 80 % всех РНК клетки. Молекулы рРНК соединяются с особыми белками и образуют рибосомы – органоиды, на которых происходит синтез белков из аминокислот.

*Транспортные РНК (тРНК)* составляют около 15 % всех клеточных РНК. Молекулы тРНК сравнительно небольшие (в среднем состоят из 80 нуклеотидов). Все они имеют сходную пространственную конфигурацию. Благодаря формированию внутримолекулярных водородных связей молекула тРНК приобретает характерную пространственную структуру, называемую клеверным листом. Функция тРНК – перенос аминокислот к рибосомам и участие в процессе синтеза белка.

*Информационные, или матричные, РНК (иРНК, мРНК)* наиболее разнородны по размерам и структуре. Молекулы иРНК содержат информацию о структуре определенных белков. В ходе синтеза белков на рибосомах они служат матрицами, поэтому биосинтез белка также относится к матричным процессам. Содержание иРНК составляет 3-5 % всей клеточной РНК. Функции всех типов РНК связаны с процессами синтеза белка.

Таким образом, ДНК является хранителем информации о структуре всех белков, а РНК обеспечивают реализацию этой информации, участвуя в процессе биосинтеза белков на рибосомах.

*АТФ* – универсальный хранитель и переносчик энергии в клетках всех организмов. Практически во всех биохимических процессах, идущих в клетках с затратами энергии, в качестве поставщика энергии используется АТФ. Благодаря использованию энергии АТФ в клетках синтезируются новые молекулы белков, углеводов, липидов, осуществляется активный транспорт веществ, движение жгутиков и ресничек, происходит деление клеток, осуществляется работа мышц, поддерживается постоянная температура тела теплокровных животных. Молекула АТФ состоит из азотистого основания аденина, пятиуглеродного сахара рибозы и трех остатков фосфорной кислоты. Фосфатные группы в АТФ молекуле АТФ соединены между собой двумя *макроэргическими (высокоэнергетическими)* связями. В процессе гидролиза АТФ происходит разрыв макроэргических связей и выделяется большое количество энергии. В результате гидролитического отщепления от АТФ одного остатка фосфорной кислоты (реакция *дефосфорилирования*) образуется аденозиндифосфорная кислота (АДФ) и высвобождается 40 кДж/моль энергии; АДФ может подвергаться дальнейшему гидролизу с отщеплением еще одной фосфатной группы и выделением второй «порции» энергии. При этом АДФ

преобразуется в аденозинмонофосфорную кислоту (АМФ) и высвобождается 40 кДж энергии. Обратный процесс – синтез АТФ – происходит в результате присоединения к молекуле АДФ остатка фосфорной кислоты (реакция *фосфорилирования*). Этот процесс осуществляется за счет энергии, высвобождающейся при окислении органических веществ (глюкозы, высших карбоновых кислот и др.). Синтез АТФ осуществляется главным образом в митохондриях и хлоропластах, частично в гиалоплазме. АТФ является наиболее распространенным и универсальным аккумулятором энергии в клетках живых организмов.

Особой группой органических соединений являются биологически активные вещества. С их помощью осуществляются и регулируются процессы обмена веществ, роста и развития живых организмов. Некоторые биологически активные вещества, выделяемые организмами, оказывают влияние на особей своего и других видов. Например, животные, с помощью различных биологически активных веществ, способны привлекать особей противоположного пола или отпугивать врагов, растения – угнетать или стимулировать рост других растений, почвенных микроорганизмов. К биологически активным веществам относятся витамины, гормоны, феромоны, алкалоиды, антибиотики.

*Витамины* – это низкомолекулярные органические соединения, необходимые для жизнедеятельности организмов. Они принимают участие в регуляции обмена веществ, преимущественно как компоненты сложных ферментов. Витамины имеют разную химическую структуру и свойства. Одни витамины растворяются в жирах – их называют *жирорастворимыми* (например, А, D), другие растворимы в воде и, соответственно, называются *водорастворимыми* (например, С, В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub>). Источником витаминов для человека и животных являются продукты питания преимущественно растительного происхождения. Однако некоторые витамины содержатся только в продуктах животного происхождения (например, А и D). Ряд витаминов может синтезироваться в организме человека и животных из предшественников (провитаминов). Например, в коже человека под действием ультрафиолетового излучения из провитамина (производное холестерина) синтезируется витамин D, а в печени из каротинов образуется витамин А. Некоторые витамины в организме человека и животных могут синтезировать симбиотические микроорганизмы. Например, в кишечнике человека они синтезируют витамин В<sub>6</sub>.

*Гормоны* (от греч. гормао – побуждаю) – биологически активные вещества, которые вырабатываются специализированными клетками, тканями и органами (железами внутренней и смешанной секреции), включаются в биохимические процессы и оказывают воздействие на другие клетки, ткани и органы (мишени).

Гормоны могут иметь *белковую* (гормон роста соматотропин, гормоны поджелудочной железы инсулин и глюкагон), *стероидную природу* (половые гормоны, гормоны коры надпочечников), *производными аминокислот* (гормоны

щитовидной железы тироксин и трийодтиронин, гормоны мозгового вещества надпочечников норадреналин, адреналин).

Гормонам свойственна высокая биологическая активность – даже в очень малых концентрациях они оказывают сильное воздействие на процессы, протекающие в организме. Специфичность гормонов выражается в том, что они действуют на определенные мишени. Например, гормон роста влияет преимущественно на костную и хрящевую ткани. Под контролем гормонов происходят все этапы индивидуального развития человека и животных, а также все процессы жизнедеятельности. Они обеспечивают приспособление к изменениям условий внешней и внутренней среды организма, регуляцию активности ферментов.

У растений синтезируются *фитогормоны* (от греч. фитон – растение). Они влияют практически на все процессы роста и развития растений: деление и рост клеток, дифференцировку тканей, формирование органов, развитие почек, прорастание семян. Одни фитогормоны стимулируют эти процессы, другие, наоборот, угнетают. Например, *ауксины*, которые синтезируются в верхушечных образовательных тканях, вызывают растяжение клеток. В результате стимулируется рост стеблей, листьев и корней, возникают их изгибы. *Гиббереллины* также ускоряют рост органов за счет стимуляции как деления, так и растяжения клеток. Кроме того, они прерывают период покоя у семян, клубней, луковиц, стимулируют прорастание пыльцы. Синтезируются гиббереллины в интенсивно растущих органах – формирующихся семенах, верхушечных почках, реже в корнях. *Цитокинины*, которых больше всего в семенах, плодах и образовательных тканях, стимулируют деление клеток. *Феромоны* (от греч. феро – несу, гормао – побуждаю) – биологически активные вещества, которые выделяются из организма во внешнюю среду и оказывают влияние на поведение и физиологическое состояние особей того же вида. Феромоны используются для узнавания особей своего вида, для привлечения брачного партнера, для обозначения своей территории или для защиты. Феромоны, как и гормоны, действуют в малых концентрациях и представляют собой сигнальные молекулы. И если гормоны регулируют процессы жизнедеятельности внутри организма, то феромоны передаются другим организмам в качестве химических сигналов. Коммуникация с помощью феромонов наблюдается у бактерий, протистов и различных животных.

*Алкалоиды* – это органические биологически активные вещества чаще растительного происхождения. Большинство алкалоидов ядовиты для животных и человека. Некоторые алкалоиды в малых дозах используются человеком в медицине в качестве лекарств (атропин, кофеин, морфин). Алкалоид хинин применяют при лечении малярии: он угнетает жизнедеятельность малярийного плазмодия в эритроцитах человека.

Особая группа биологически активных веществ – *антибиотики* (от греч. анти – против, биос – жизнь). Это биологически активные вещества природного или синтетического происхождения. Природные антибиотики вырабатываются клетками различных микроорганизмов. Они влияют на клетки других

микроорганизмов, угнетая развитие последних или убивая их. Человек широко использует антибиотики для лечения заболеваний, вызванных болезнетворными бактериями, паразитическими протистами или грибами. Некоторые антибиотики тормозят рост злокачественных опухолей, угнетая размножение раковых клеток.

#### **1.10.6. Клетка – структурная и функциональная единица живых организмов.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Клетка – структурная и функциональная единица живых организмов.

Клеточная теория. История открытия клетки. Создание клеточной теории. Основные положения клеточной теории. Современные методы изучения клетки.

*Клетка* – элементарная структурная и функциональная единица организма, обладающая всеми основными признаками живого

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Все живые организмы состоят из клеток. Некоторые – всего лишь из одной клетки (многие бактерии и протисты), другие являются многоклеточными.

*Клетка* – элементарная структурная и функциональная единица организма, обладающая всеми основными признаками живого. Клетки способны размножаться, расти, обмениваться веществами и энергией с окружающей средой, реагировать на изменения, происходящие в этой среде. В каждой клетке живого организма содержится наследственный материал, в котором заключена информация обо всех признаках и свойствах данного организма.

Многие процессы, присущие организму в целом, протекают в каждой его клетке (синтез органических веществ, дыхание.). Изучением строения клетки и принципов ее жизнедеятельности занимается *цитология* (от греч. китос – клетка, ячейка, логос – учение, наука).

Большинство клеток имеют очень маленькие размеры, поэтому открытие клетки стало возможным только после изобретения увеличительного прибора – микроскопа.

Гук изучил под микроскопом тонкий срез пробки и увидел ее ячеистое строение, подобное пчелиным сотам. Эти ячейки Гук и назвал клетками.

Значительный вклад в изучение клетки внес голландский микроскопист А. ван Левенгук, открывший одноклеточные организмы – инфузории, амёбы, бактерии. Он также впервые наблюдал клетки животных – эритроциты и сперматозоиды.

В начале XIX в. были предприняты попытки изучения внутреннего содержимого клеток. В 1825 г. чешский ученый Я. Пуркине открыл ядро в яйцеклетке птиц. Он также ввел понятие «протоплазма» (от греч. протос – первый, плазма – оформленный), которое соответствует сегодняшнему понятию цитоплазмы.

В 1831 г. английский ботаник Р. Броун впервые описал ядро в клетках растений, в 1833 г. он пришел к выводу, что ядро является обязательной частью растительной клетки.

В 1838 г. была опубликована работа немецкого ботаника М. Шлейдена, в которой он высказал идею о том, что клетка является основной структурной единицей растений. Однако честь создания клеточной теории принадлежит немецкому зоологу и физиологу Т. Шванну.

Основываясь на работе М. Шлейдена и других исследователей, Шванн в 1839 г. опубликовал книгу «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений», в которой рассматривал клетку как универсальный структурный компонент животных и растений. Шванн сделал ряд обобщений, которые впоследствии назвали клеточной теорией.

Важным дополнением к клеточной теории стал принцип немецкого биолога Р. Вирхова: «Каждая клетка – от клетки» (1858).

В 1872 г. профессор Дерптского университета (ныне это Тартуский университет, Эстония) Э. Руссов, а в 1874 г. молодой русский ботаник И. Д. Чистяков впервые наблюдали деление клетки.

Позднее немецкий ученый В. Флемминг детально описал стадии деления клетки, а О. Гертвиг и Э. Страсбургер независимо друг от друга пришли к выводу, что информация о наследственных признаках клетки заключена в ядре.

В настоящее время *клеточная теория* включает следующие *основные положения*:

1. Клетка – элементарная структурная и функциональная единица живых организмов, которая обладает всеми признаками и свойствами живого.
2. Клетки всех организмов сходны по строению, химическому составу и основным проявлениям жизнедеятельности.
3. Клетки образуются путем деления исходной материнской клетки.
4. В многоклеточном организме клетки специализируются по функциям и образуют ткани. Из тканей построены органы и системы органов.

Для изучения строения и жизнедеятельности клеток применяют самые разнообразные методы. Исторически первым методом стала *световая микроскопия*, которая основана на том, что через прозрачный или полупрозрачный объект исследования проходят лучи света, попадающие затем в систему линз объектива и окуляра. Линзы увеличивают объект исследования. С помощью световых микроскопов была открыта клетка и некоторые ее структуры (пластиды, ядро, оболочка, вакуоли).

Но многие клеточные структуры или детали их строения невозможно было рассмотреть из-за их прозрачности. Поэтому были разработаны специальные методы фиксации и *окрашивания* исследуемого материала, позволяющие получить препараты, на которых были бы хорошо видны окрашенные структуры клетки.

В начале 1930-х гг. был создан *электронный микроскоп*, который дал возможность детально рассмотреть мелкие клеточные структуры. В электронном микроскопе вместо световых лучей используется пучок

электронов. Под электронным микроскопом видны биологические мембраны, рибосомы и другие структуры клетки.

Для выделения и подробного изучения отдельных органоидов клетки часто используется метод дифференциального (разделительного) центрифугирования: разрушенные клетки помещают в центрифугу – прибор, в котором пробирки с клеточным материалом вращаются на очень высокой скорости. Разные клеточные структуры имеют различную массу, размеры и плотность, поэтому под действием центробежной силы в растворах определенных веществ они оседают с разной скоростью и останавливаются в определенном слое жидкости, что дает возможность отделить одни частицы от других. Таким методом отделяют митохондрии, рибосомы и другие органоиды клетки.

Имеется целый ряд химических и физических методов, позволяющих исследовать различные виды молекул, входящих в состав клетки. Для изучения локализации отдельных химических веществ в клетке широко используются методы *цито- и гистохимии*. Они основаны на избирательном действии реактивов и красителей на определенные химические вещества, содержащиеся в той или иной клеточной структуре.

Если требуется проследить за каким-либо химическим соединением в клетке, то можно заменить один из атомов в его молекулах на радионуклид. Такие молекулы будут иметь радиоактивную метку, по которой их можно обнаружить с помощью счетчика радиоактивных частиц или по способности засвечивать фотопленку. Чаще всего в качестве радиоактивных меток используют нуклиды водорода, углерода и фосфора. Такой метод получил название *авторадиографии*.

Метод *рентгеноструктурного анализа* дает возможность определять пространственное расположение атомов и их группировок в молекулах (ДНК, белков), входящих в состав клеточных структур.

Для изучения процессов деления клеток, их дифференцировки и специализации используют метод *клеточных культур* – выращивание клеток многоклеточных организмов на питательных средах в контролируемых условиях.

При исследовании живых клеток, выяснении функций отдельных органоидов применяют *методы микрохирургии*, т. е. оперативного воздействия на клетку: удаление отдельных органоидов или их пересаживание из одних клеток в другие, микроинъекции различных веществ.

Проследить за процессами, происходящими в живой клетке в течение длительного времени, позволяет *замедленная кино- или видеосъемка* через мощные световые микроскопы.

Общий план строения клетки. По строению клеток живые организмы делятся на две группы: прокариоты и эукариоты. *Прокариоты* (от лат. про – перед, вместо, от греч. карион – ядро) – доядерные организмы. Их клетки не имеют ядра. К прокариотам относятся бактерии. *Эукариоты* (от греч. эу – полностью, хорошо, карион – ядро) – организмы, клетки которых содержат

ядро (ядерные организмы). Эукариотами являются протисты, грибы, растения и животные.

### 1.10.7. Общий план строения клетки.

*Основные понятия и термины по теме:*

Общий план строения клетки. Многообразие клеток. Строение клетки: поверхностный аппарат, цитоплазма (гиалоплазма, органоиды, включения), ядро.

Цитоплазматическая мембрана. Химический состав и строение плазмалеммы. Функции плазмалеммы: барьерная, рецепторная, транспортная. Способы транспорта веществ через плазмалемму: диффузия, облегченная диффузия, активный мембранный перенос. Транспорт в мембранной упаковке: эндоцитоз и экзоцитоз.

*Органоиды* – постоянные структуры цитоплазмы, имеющие разное строение и выполняющие различные функции.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Клетки организмов разных царств отличаются друг от друга размерами, формой, особенностями строения, выполняемыми функциями. Несмотря на многообразие клеток, все они имеют единый принцип организации. Клетка состоит из трех основных частей: поверхностного аппарата, цитоплазмы и ядра (у эукариот).

*Поверхностный аппарат* образован *цитоплазматической мембраной* и *надмембранным комплексом*. Поверхностный аппарат ограничивает внутреннее содержимое клеток, защищает его от внешних воздействий, осуществляет обмен веществ между клеткой и внеклеточной средой. *Надмембранный комплекс* клеток растений, грибов и многих протистов представлен плотной, часто многослойной, разнообразной по строению клеточной *стенкой (оболочкой)*. Клетки животных покрыты только *цитоплазматической мембраной*.

*Цитоплазма* (от греч. китос – клетка, ячейка, плазма – оформленный) включает внутреннюю среду клеток – *гиалоплазму* – и погруженные в нее цитоскелет, органоиды и включения. *Цитоскелет* (внутриклеточный скелет) – это система микротрубочек и микрофиламентов (микронитей). Он выполняет опорную функцию и обеспечивает внутриклеточные движения.

*Органоиды* – постоянные структуры цитоплазмы, имеющие разное строение и выполняющие различные функции. Органоиды можно разделить на две группы: мембранные и немембранные.

*Мембранные органоиды* также представлены двумя типами – двумембранными и одномембранными. К *двумембранным органоидам* относятся митохондрии и пластиды. *Одномембранными органоидами* являются эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, лизосомы и вакуоли. К *немембранным органоидам* относятся рибосомы, клеточный центр. Включения – *непостоянные внутриклеточные образования*. Они могут появляться в процессе жизнедеятельности, исчезать и вновь образовываться. Включения в основном представляют собой запасные вещества или конечные продукты

обмена веществ клетки (липидные капли, гранулы (зерна) крахмала или гликогена, кристаллы солей).

*Ядро* – важнейшая структура клеток эукариот, имеющая двумембранное строение. В нем содержится ДНК, которая является носителем наследственной информации. Ядро обеспечивает хранение и реализацию наследственной информации, также ее передачу дочерним клеткам.

*Цитоплазматическая мембрана (плазмалемма)* – основная, универсальная для всех клеток часть поверхностного аппарата. Плазмалемма ограничивает цитоплазму и защищает ее от внешних воздействий, принимает участие в процессах обмена веществ между клеткой и внеклеточной средой. Основными компонентами мембраны являются липиды и белки. Липиды составляют около 40 % массы мембран. Среди них преобладают *фосфолипиды*. Молекулы фосфолипидов располагаются в виде двойного слоя (липидный бислой). Каждая молекула фосфолипида образована полярной гидрофильной головкой и неполярными гидрофобными хвостами. В цитоплазматической мембране *гидрофильные головки* обращены к наружной и внутренней сторонам мембраны, *гидрофобные хвосты* – внутрь мембраны. Кроме липидов, в состав мембран входят белки двух типов: интегральные и периферические. *Интегральные белки* более или менее глубоко погружены в мембрану либо пронизывают ее насквозь. *Периферические белки* располагаются на внешней и внутренней поверхностях мембраны, причем многие из них обеспечивают взаимодействие плазмалеммы с надмембранными и внутриклеточными структурами. На внешней поверхности цитоплазматической мембраны могут располагаться молекулы олиго- и полисахаридов. Они ковалентно связываются с мембранными липидами и белками, образуя гликолипиды и гликопротеины. В клетках животных такой углеводный слой покрывает всю поверхность плазмалеммы, образуя надмембранный комплекс – *гликокаликс* (от лат. гликис – сладкий, калюм – толстая кожа).

Плазмалемма выполняет ряд функций, важнейшими из которых являются барьерная, рецепторная и транспортная.

*Барьерная функция.* Цитоплазматическая мембрана окружает клетку со всех сторон, играя роль барьера – преграды между сложно организованным внутриклеточным содержимым и внеклеточной средой. Барьерную функцию обеспечивает, прежде всего, липидный бислой, не позволяющий содержимому клетки растекаться и препятствующий проникновению в клетку чужеродных веществ.

*Рецепторная функция.* В цитоплазматическую мембрану встроены белки, способные в ответ на действие различных факторов внешней среды изменять свою пространственную структуру и таким образом передавать сигналы внутрь клетки. Следовательно, цитоплазматическая мембрана обеспечивает раздражимость клеток (способность воспринимать раздражители и определенным образом реагировать на них), осуществляя обмен информацией между клеткой и окружающей средой. Некоторые рецепторные белки цитоплазматической мембраны способны распознавать определенные вещества

и специфически связываться с ними. Такие белки могут участвовать в отборе необходимых молекул, поступающих в клетки.

К рецепторным белкам относятся, например, антигенраспознающие рецепторы лимфоцитов, рецепторы гормонов и нейромедиаторов и т. д. В осуществлении рецепторной функции, кроме мембранных белков, важную роль играют элементы гликокаликса.

*Транспортная функция.* Одной из основных функций плазмалеммы является обеспечение транспорта веществ как в клетку, так и из нее во внеклеточную среду.

Выделяют несколько основных *способов транспорта веществ через цитоплазматическую мембрану*: простая диффузия, облегченная диффузия, активный транспорт и транспорт в мембранной упаковке.

При *простой диффузии* наблюдается самопроизвольное перемещение веществ через мембрану из области, где концентрация этих веществ выше, в область, где их концентрация ниже. Путем простой диффузии через плазмалемму могут проходить небольшие молекулы и ионы. Как правило, неполярные вещества транспортируются непосредственно через липидный бислой, полярные молекулы и ионы – через каналы, образованные специальными мембранными белками. Простая диффузия происходит относительно медленно.

Для ускорения диффузного транспорта существуют мембранные белки-переносчики. Они избирательно связываются с тем или иным ионом или молекулой и переносят их через мембрану. Такой тип транспорта называется *облегченной диффузией*. Скорость переноса веществ при облегченной диффузии во много раз выше, чем при простой.

Диффузия (простая и облегченная) – разновидности *пассивного транспорта*. Он характеризуется тем, что вещества транспортируются через мембрану без затрат энергии и только в том направлении, где наблюдается меньшая концентрация данных веществ.

*Активный транспорт* – перенос веществ через мембрану из области низкой концентрации этих веществ в область более высокой. Для этого в мембране имеются специальные насосы, работающие с использованием энергии. Чаще всего для работы мембранных насосов используется энергия АТФ. Одним из наиболее распространенных мембранных насосов является натрийкалиевая АТФаза (Na-АТФаза). Она удаляет из клетки ионы Na и закачивает в нее ионы K. Для работы Na/K-АТФазы использует энергию, выделяемую при гидролизе АТФ. Благодаря этому насосу поддерживается разность концентраций Na и K в клетке и внеклеточной среде, что лежит в основе многих биоэлектрических и транспортных процессов. В результате активного транспорта с помощью мембранных насосов происходит также регуляция содержания Mg<sub>2</sub>, Ca<sub>2</sub> и других ионов в клетке. Путем активного транспорта через цитоплазматическую мембрану могут перемещаться не только ионы, но и моносахариды, аминокислоты, другие низкомолекулярные вещества.

Своеобразной и относительно хорошо изученной разновидностью мембранного транспорта является транспорт в мембранной упаковке. В зависимости от того, в каком направлении переносятся вещества (в клетку или из нее), различают два вида этого транспорта – *эндоцитоз* и *экзоцитоз*. *Эндоцитоз* (от греч. эндон – внутри, китос – клетка, ячейка) – поглощение клеткой внешних частиц путем образования мембранных пузырьков. При эндоцитозе определенный участок плазмалеммы обволакивает внеклеточный материал и захватывает его, заключая в мембранную упаковку. Выделяют такие разновидности эндоцитоза, как *фагоцитоз* (захват и поглощение твердых частиц) и *пиноцитоз* (поглощение жидкости). Путем эндоцитоза осуществляется питание гетеротрофных протистов, защитные реакции организма (поглощение лейкоцитами чужеродных частиц). *Экзоцитоз* (от греч. экзо – снаружи) – транспортировка веществ, заключенных в мембранную упаковку, из клетки во внешнюю среду.

### 1.10.8. Гиалоплазма. Цитоскелет.

*Основные понятия и термины по теме:*

Гиалоплазма. Химический состав и функции.

Цитоскелет, его строение и функции. Микрофиламенты и микротрубочки, их организация.

*Гиалоплазма* (от греч. хиалос – стекло, плазма – оформленный) – внутренняя среда клетки, в которой размещаются все внутриклеточные структуры и протекают разнообразные процессы обмена веществ.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Гиалоплазма* (от греч. хиалос – стекло, плазма – оформленный) – внутренняя среда клетки, в которой размещаются все внутриклеточные структуры и протекают разнообразные процессы обмена веществ. Гиалоплазма представляет собой густой бесцветный вязкий раствор, содержание воды в котором составляет 70—90 %. В гиалоплазме содержится много белков, присутствуют углеводы, липиды и различные неорганические соединения. Здесь же в растворенном виде находятся аминокислоты, нуклеотиды и другие «строительные блоки» биополимеров, а также промежуточные продукты, образующиеся в ходе обмена веществ. Гиалоплазма объединяет все клеточные структуры и обеспечивает химическое взаимодействие между ними.

Цитоскелет (внутриклеточный цитоплазматический скелет) – составная часть цитоплазмы, ее механический каркас. Цитоскелет представляет собой сложную трехмерную сеть микрофиламентов и микротрубочек. Микрофиламенты – тонкие белковые волокна (фибриллы), состоящие из двух спирально закрученных одна вокруг другой нитей. Каждая нить возникает в результате полимеризации молекул белка *актина*. В клетке обнаруживаются также фибриллы другого важного белка – *миозина*. Миозиновые фибриллы вместе с актиновыми микрофиламентами образуют комплекс, способный сокращаться за счет использования энергии АТФ.

Микротрубочки содержатся во всех эукариотических клетках. Они представляют собой тонкие полые неразветвленные трубочки, образованные

молекулами белка *тубулина*. Цитоскелет выполняет различные функции. Микротрубочки цитоскелета поддерживают определенную форму клетки. Они располагаются таким образом, чтобы противодействовать растяжению и сжатию клетки. Кроме механических функций, микротрубочки обеспечивают внутриклеточный транспорт. Вдоль микротрубочек с помощью специальных белков перемещаются различные частицы, гранулы, вакуоли и другие клеточные компоненты. Во время деления клетки микротрубочки принимают непосредственное участие в образовании веретена деления и в растягивании хромосом к полюсам клетки.

Микрофиламенты взаимодействуют с микротрубочками поверхностного слоя цитоплазмы и с цитоплазматической мембраной, обеспечивая двигательную активность гиалоплазмы, процессы эндоцитоза и экзоцитоза. Взаимодействие элементов цитоскелета с плазмалеммой также лежит в основе амебоидного движения, характерного для некоторых клеток (амеб, лейкоцитов). Элементы цитоскелета очень динамичны. В определенных участках клетки при изменении внешних и внутренних условий они могут распадаться и вновь собираться. Отдельные белковые молекулы, образующиеся при разборке микротрубочек и микрофиламентов, переходят в раствор в составе гиалоплазмы. При сборке элементов цитоскелета наблюдается обратный процесс.

#### **1.10.9. Органеллы клетки (немембранные, одномембранные).**

*Основные понятия и термины по теме:*

Клеточный центр, организация и функции центриолей.

Рибосомы, организация и функции.

Эндоплазматическая сеть (шероховатая и гладкая), комплекс Гольджи, их строение и функции.

Лизосомы. Понятие об аутофагии.

Вакуоли. Вакуоли растительных клеток и их функции. Сократительные вакуоли.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Клеточный центр* имеется у большинства животных клеток, у некоторых грибов, водорослей, мхов и папоротников. Он расположен вблизи ядра и образован двумя полыми цилиндрами – *центриолями*. Каждая центриоль состоит из девяти триплетов микротрубочек, связанных специальными белками в единую систему. Центриоли располагаются перпендикулярно друг другу. От них в разных направлениях отходят многочисленные микротрубочки. Функция центриолей – запуск сборки микротрубочек, они являются центром «производства» микротрубочек. К центриолям транспортируется белок тубулин, из молекул которого и собираются микротрубочки. Далее они направляются в разные участки клетки, где и выполняют свои функции. При подготовке клетки к делению происходит удвоение центриолей. Во время деления они попарно расходятся к противоположным полюсам клетки и участвуют в образовании веретена деления. Таким образом, во время деления в клетке содержатся две пары центриолей (по одной паре у каждого полюса).

*Рибосомы* – немембранные органоиды, осуществляющие синтез белка. Они очень малы и содержатся как в эукариотических клетках, так и в клетках прокариот (бактерий). Рибосома состоит из двух субъединиц – большой и малой. Каждая субъединица представляет собой комплекс рибосомных РНК (рРНК) с белками. Субъединицы рибосом формируются в ядре, затем через ядерные поры выходят в цитоплазму. На рибосомах осуществляется сборка молекул белков из аминокислот, доставляемых молекулами транспортных РНК (тРНК). Большие и малые субъединицы рибосом располагаются в цитоплазме отдельно друг от друга и объединяются только для синтеза белка. Инициатором сборки рибосомы служит молекула информационной (матричной) РНК (иРНК, мРНК), содержащая информацию о структуре того белка, который предстоит синтезировать. Сформированные рибосомы могут находиться в свободном состоянии в гиалоплазме либо прикрепляться к поверхности эндоплазматической сети или ядра. Свободные рибосомы синтезируют белки, необходимые для нужд самой клетки. Рибосомы, прикрепленные к эндоплазматической сети и оболочке ядра, синтезируют белки, предназначенные для выведения из клетки, а также мембранные белки.

*Эндоплазматическая сеть (ЭПС), или эндоплазматический ретикулум (ЭПР)*, представляет собой систему каналов и полостей, окруженных мембраной и пронизывающих гиалоплазму клетки. Мембрана эндоплазматической сети имеет строение, сходное со строением плазмалеммы. Каналы и полости ЭПС, занимающие до 50 % объема клетки, нигде не обрываются и не открываются в гиалоплазму. Различают шероховатую и гладкую ЭПС. На мембране *шероховатой ЭПС* расположено множество рибосом. Именно здесь синтезируются белки, выводимые за пределы клетки. На рибосомах шероховатой ЭПС синтезируются мембранные белки. На поверхности *гладкой ЭПС* происходит синтез углеводов и липидов. Кроме того, в гладкой ЭПС накапливаются ионы кальция – важные регуляторы функций клеток и организма в целом. Вещества, которые образуются на мембранах ЭПС, накапливаются внутри полостей сети и преобразуются. Затем образовавшиеся вещества заключаются в мембранные пузырьки и транспортируются в комплекс Гольджи.

*Комплекс (аппарат) Гольджи* – это система внутриклеточных мембранных структур: цистерн и пузырьков, в которых накапливаются вещества, синтезированные на мембранах ЭПС. Вещества доставляются в комплекс Гольджи в мембранных пузырьках, которые отшнуровываются от эндоплазматической сети и присоединяются к цистернам комплекса Гольджи. Здесь эти вещества претерпевают различные биохимические превращения, затем снова упаковываются в мембранные пузырьки, и большая их часть транспортируется к цитоплазматической мембране. Мембрана пузырьков сливается с цитоплазматической мембраной, содержимое выводится за пределы клетки посредством экзоцитоза. В комплексе Гольджи растительных клеток синтезируются полисахариды клеточной стенки (оболочки). Еще одна важная функция комплекса Гольджи – это образование лизосом.

*Лизосомы* – небольшие мембранные пузырьки, которые отшнуровываются от цистерн комплекса Гольджи и содержат набор пищеварительных ферментов. Ферменты лизосом способны расщеплять белки, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты. Когда в клетку путем фагоцитоза попадают пищевые частицы, их необходимо переварить, т. е. расщепить до таких веществ, которые клетка может использовать. Для того чтобы переваривание стало возможным, фагоцитарный пузырек, в котором находится пищевая частица, должен слиться с лизосомой. Путем слияния лизосомы с фагоцитарным пузырьком образуется *вторичная лизосома*. В ней под действием ферментов питательные вещества расщепляются до мономеров, которые путем диффузии поступают в гиалоплазму. Непереваренные остатки выводятся за пределы клетки посредством экзоцитоза. Вторичные лизосомы, образующиеся в клетках протистов, обычно называют пищеварительными вакуолями. Помимо переваривания веществ, поступивших в клетку извне, лизосомы принимают участие в расщеплении внутренних компонентов клетки (молекул и целых органоидов), поврежденных или отслуживших свой срок. Этот процесс получил название аутофагии. Под действием ферментов лизосом может происходить самопереваривание старых, утративших функциональную активность или поврежденных клеток и тканей.

В клетках растений, грибов и многих протистов содержатся *вакуоли* – крупные мембранные пузырьки или полости, заполненные преимущественно водным содержимым. Вакуоли образуются из пузырьвидных расширений эндоплазматической сети или из пузырьков комплекса Гольджи. Содержимое вакуолей – *клеточный сок* – водный раствор различных неорганических и органических веществ. Химический состав и концентрация клеточного сока очень изменчивы и зависят от вида растения, органа, ткани и возраста клетки. В клеточном соке могут содержаться соли, углеводы (прежде всего сахароза, глюкоза, фруктоза), карбоновые кислоты (яблочная, лимонная, щавелевая, уксусная), аминокислоты, белки – это запасные вещества, которые временно выведены из обмена веществ и могут использоваться клеткой снова. Помимо запасных веществ, клеточный сок содержит *конечные продукты обмена*, которые выводятся в вакуоль и таким образом изолируются – *танины (дубильные вещества), алкалоиды, некоторые пигменты*, разнообразные по форме кристаллы оксалата кальция. В клеточном соке многих растений содержатся пигменты. Самыми распространенными из них являются *антоцианы*, придающие клеточному соку пурпурный, красный, синий или фиолетовый цвет; *флавоноиды* окрашивают клеточный сок в желтые и кремовые оттенки; определяют окраску лепестков, плодов, почек, листьев и корнеплодов многих растений. Цвет антоцианов может меняться в зависимости от кислотности среды: в кислой среде он красный, в нейтральной – фиолетовый, в щелочной – синий. Реакция клеточного сока в процессе жизнедеятельности растений может меняться от сильнокислой до слабокислой или даже слабощелочной, что вызывает соответствующие изменения цвета пигментов. Клеточный сок некоторых растений содержит *биологически*

*активные вещества – фитогормоны* (регуляторы и координаторы роста растений), *фитонциды* (вещества, убивающие или подавляющие рост микроорганизмов), *ферменты*.

После гибели клетки мембрана, ограничивающая вакуоль, теряет свою избирательную проницаемость, и ферменты, высвобождаясь из вакуолей, вызывают самопереваривание клетки (*автолиз*). Вакуоли играют главную роль в поглощении воды растительными клетками. Вода поступает в вакуоль путем осмоса (так как клеточный сок является более концентрированным раствором, чем гиалоплазма) и оказывает давление на цитоплазму, тем самым и на оболочку клетки. В результате в клетке развивается *тургорное* давление, которое обуславливает напряженное состояние клеточной оболочки, ее растяжение во время роста клетки. В запасующих тканях растений вместо одной центральной вакуоли часто бывает несколько. В них накапливаются запасные питательные вещества. Углеводы могут находиться в вакуолях в растворенном виде (моно- и олигосахариды) или в виде гранул (полисахариды). Белки откладываются в виде твердых зернистых образований. Их особенно много в клетках семян злаков и бобовых.

Сократительные (пульсирующие) вакуоли характерны для одноклеточных пресноводных протистов, например инфузории туфельки. Вода непрерывно поступает в их клетки путем осмоса. Избыток воды накапливается в сократительных вакуолях, которые периодически сокращаются благодаря взаимодействию расположенных вокруг них микротрубочек и микрофиламентов. Вода выводится наружу через специальную выделительную пору, и клетка сохраняет более или менее постоянный объем. Сократительные вакуоли выполняют в клетках функцию *осморегуляции* – поддерживают на определенном уровне содержание воды и концентрацию солей. Вакуоли выполняют в клетках важные функции, связанные с регуляцией водного режима и поддержанием тургора клетки, с хранением запасных питательных веществ, биологически активных веществ, конечных продуктов жизнедеятельности клетки.

#### **1.10.10. Органеллы клетки (двумембранные). Строение и функции ядра.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Митохондрии, их строение и функции.

Пластиды, строение и функции хлоропластов. Лейкопласты, хромопласты.

Ядро, строение и функции. Ядерная оболочка, ядерный матрикс, хроматин, ядрышки. Хромосомы, их структурная организация. Понятие о кариотипе, гаплоидном и диплоидном наборах хромосом.

Особенности строения клеток организмов разных групп (бактерий, протистов, грибов, растений и животных).

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Митохондрии* (от греч. митос – нить, хондрион – зерно) – органоиды, участвующие в процессе клеточного дыхания и обеспечивающие клетку энергией в виде АТФ. Митохондрии встречаются практически во всех эукариотических клетках. Особенно много митохондрий содержится в тех

клетках, которые нуждаются в большом количестве энергии (клетки мышц, печени). В фотосинтезирующих клетках растений митохондрий меньше, чем в клетках животных, поскольку их функции (синтез АТФ) частично выполняют хлоропласты. Митохондрии могут иметь вид округлых телец, палочек, нитей. Они образованы двумя мембранами – наружной и внутренней, между которыми имеется межмембранное пространство. Наружная мембрана гладкая, она отделяет содержимое митохондрии от гиалоплазмы и отличается высокой проницаемостью для различных веществ. Внутренняя мембрана менее проницаема, она образует *кristы* – многочисленные складки, направленные внутрь митохондрий. За счет крист площадь поверхности внутренней мембраны существенно увеличивается. Внутренняя мембрана митохондрий содержит ферменты, участвующие в процессе клеточного дыхания и обеспечивающие синтез АТФ. Внутреннее пространство митохондрий заполнено гелеобразным *матриксом*. В нем содержатся различные белки, в том числе ферменты, аминокислоты, кольцевые молекулы ДНК, все типы РНК и другие вещества, а также рибосомы. Наличие собственных молекул ДНК и рибосом обеспечивает некоторую автономность митохондрий, хотя в целом их работа координируется ядром клетки. Функция митохондрий – синтез АТФ за счет энергии, высвобождающейся при окислении органических соединений. Начальные этапы окисления веществ в митохондриях происходят в матриксе, последующие – на внутренней мембране. Митохондрии являются «энергетическими станциями» клетки. Митохондрии в клетке постоянно обновляются. Например, в клетках печени средняя продолжительность жизни митохондрий составляет около 10 дней. Увеличение количества митохондрий в клетке происходит путем их деления.

*Пластиды* (от греч. пластос – вылепленный, оформленный) – органоиды клеток растений и водорослей. У растений различают три основных типа пластид: хлоропласты, хромопласты и лейкопласты.

*Хлоропласты* (от греч. хлорос – зеленый) – органоиды, осуществляющие процесс фотосинтеза. Зеленый цвет хлоропластов обусловлен присутствием в них основных фотосинтетических пигментов – *хлорофиллов*. Хлоропласты содержат также вспомогательные пигменты – оранжевые, желтые, красные *каротиноиды*. Хлоропласты имеют форму двояковыпуклой линзы. Для хлоропластов характерно двумембранное строение. Между наружной и внутренней мембранами находится межмембранное пространство. Наружная мембрана ровная, она ограничивает хлоропласт. Внутренняя мембрана в ходе развития хлоропласта образует впячивания, которые превращаются в замкнутые дисковидные образования – *тилакоиды*. Стопки лежащих друг над другом тилакоидов называются *гранами*. В мембранах тилакоидов расположены фотосинтетические пигменты, поглощающие свет, а также ферменты, которые участвуют в преобразовании энергии света. Внутренняя среда хлоропласта – *stroma*. В ней содержатся кольцевые молекулы ДНК, все типы РНК, рибосомы, запасные вещества (липиды, зерна крахмала) и различные белки, в том числе ферменты, участвующие в фиксации  $\text{CO}_2$ .

Основная функция хлоропластов – осуществление фотосинтеза. Кроме того, в них происходит синтез АТФ, некоторых липидов и белков. Хлоропласты способны делиться, благодаря чему их количество в клетке может увеличиваться.

*Лейкопласты* (от греч. лейкос – белый) – бесцветные пластиды. Они не имеют гран и не содержат пигментов. В лейкопластах откладываются запасные питательные вещества – крахмал, белки, жиры. В строении лейкопластов содержатся ДНК, РНК, рибосомы, ферменты, обеспечивающие синтез и расщепление запасных веществ. Некоторые лейкопласты полностью заполнены крахмалом. Они называются крахмальными зёрнами.

*Хромопласты* (от греч. хроматос – краска) отличаются от других пластид разнообразной формой и окраской. Они бывают дисковидными, серповидными, ромбическими, пирамидальными. Оранжевый, желтый или красный цвет хромопластов обусловлен каротиноидами. Присутствием этих пигментов в хромопластах объясняется яркая окраска плодов томатов, рябины, шиповника, корнеплодов моркови. Внутренняя система мембран в хромопластах отсутствует. В одной клетке могут содержаться пластиды только одного типа.

Пластиды разных типов имеют общее происхождение: все они развиваются из первичных пластид образовательной ткани, имеющих вид мелких пузырьков. Пластиды одного типа могут превращаться в пластиды другого. Так, на свету в первичных пластидах формируется внутренняя мембранная система, синтезируется хлорофилл, и они превращаются в хлоропласты. Лейкопласты могут превращаться в хлоропласты или хромопласты. Клетки клубней картофеля, содержащие большое количество лейкопластов, на свету приобретают зеленую окраску. При старении листьев, созревании плодов в хлоропластах разрушается хлорофилл и внутренняя мембранная система, и они превращаются в хромопласты. Только хромопласты никогда не превращаются в пластиды других типов, так как являются конечным этапом развития пластид.

*Ядро* – важнейшая структура клеток всех эукариот. Большинство клеток имеет одно ядро. Изредка встречаются двуждерные (инфузория туфелька) и многоядерные клетки (некоторые протисты, клетки грибов, поперечнополосатые мышечные волокна). Некоторые клетки в зрелом состоянии не имеют ядра, например эритроциты млекопитающих, клетки ситовидных трубок цветковых растений. Такие клетки не способны к размножению. Ядро имеет шаровидную форму, может быть линзовидным, веретеновидным и даже многолопастным (в клетках зернистых лейкоцитов). В животной клетке ядро обычно расположено в центре, в растительной находится на периферии клетки (центральную часть часто занимает вакуоль). Ядро состоит из ядерной оболочки, ядерного сока, хроматина и ядрышка (одного или нескольких). От цитоплазмы содержимое ядра отделено ядерной оболочкой, состоящей из двух мембран. Наружная мембрана граничит с цитоплазмой клетки, в некоторых местах она переходит в каналы эндоплазматической сети. К наружной мембране ядра прикрепляются рибосомы. Внутренняя мембрана,

контактирующая с ядерным соком, гладкая. Ядерная оболочка пронизана множеством пор, через которые из ядра в цитоплазму выходят субъединицы рибосом, молекулы иРНК и тРНК, в ядро из цитоплазмы поступают различные белки (в том числе ферменты), нуклеотиды, АТФ, неорганические ионы.

*Ядерный сок* имеет гелеобразную консистенцию, в его состав входят различные органические и неорганические вещества. В ядерном соке располагаются хроматин и ядрышки.

*Хроматин* под микроскопом имеет вид тонких тяжей, мелких гранул или глыбок. Основу хроматина составляют молекулы ДНК, соединенные со специфическими белками. В состав хроматина входят также молекулы РНК, синтез которых осуществляется на ДНК.

*Ядрышки* – плотные, округлые, не ограниченные мембраной участки ядра. Здесь происходит синтез рибосомных РНК и объединение их с молекулами белков, что приводит к образованию субъединиц рибосом. Ядрышко представляет собой место синтеза рРНК и сборки отдельных субъединиц рибосом. В начале деления клетки ядрышки разрушаются, а в конце деления формируются вновь в определенных участках хромосом.

Важнейшими *функциями ядра* являются следующие:

1. Хранение наследственной информации и передача ее дочерним клеткам в процессе деления;

2. Управление процессами жизнедеятельности клетки.

В начале деления клетки хроматин уплотняется, образуя компактные структуры – *хромосомы*. Специальные ядерные белки при этом обеспечивают правильную укладку (спирализацию) молекулы ДНК, в результате чего ее длина во много раз уменьшается. Каждая хромосома образована двумя сестринскими хроматидами. В состав каждой хроматиды входит одна молекула ДНК. Молекулы ДНК в сестринских хроматидах одной хромосомы идентичны, т. е. имеют одинаковую последовательность нуклеотидов. Сестринские хроматиды соединены друг с другом в области *центромеры* (*первичной перетяжки*). Центромера делит хромосому на два плеча. Хромосомы с равными или почти равными плечами называются *равноплечими*, с плечами неодинаковой длины – *неравноплечими*; с одним длинным, другим очень коротким, едва заметным плечом называются *палочковидными*.

У живых организмов различают половые и соматические клетки. Набор хромосом, содержащийся в *половых клетках (гаметах)*, называют *гаплоидным* набором и обозначают буквой *n*. Сперматозоиды и яйцеклетки человека содержат по *23 хромосомы*. В гаплоидном наборе каждая хромосома уникальна: невозможно найти две хромосомы, одинаковые по строению (форме, размерам, расположению перетяжек) и содержанию наследственной информации. *Соматические* (от греч. сома – тело) клетки составляют тело живых организмов, образуя ткани и органы, и выполняют разнообразные функции. В отличие от гамет соматические клетки не принимают непосредственного участия в половом размножении и, как правило, содержат *диплоидный* (двойной) набор хромосом, обозначаемый *2n*. В диплоидном

наборе все хромосомы парные. В частности, соматические клетки человека содержат *46 хромосом, 23 пары*. Парные хромосомы одинаковы по строению и сходны по содержанию наследственной информации, имеют разное происхождение (одна из них – материнская, другая – отцовская). Такие хромосомы называют *гомологичными*. Клетки с набором хромосом, увеличенным в три и более раз (кратно гаплоидному набору), называют *полиплоидными* ( $3n$  – триплоидный набор,  $4n$  – тетраплоидный).

Организмы, принадлежащие к одному виду, имеют одинаковый набор хромосом в соматических клетках (при этом учитывается количество хромосом, их размеры, форма, особенности строения). И наоборот, в клетках разных биологических видов хромосомные наборы различны. Совокупность признаков хромосомного набора, характерных для клеток определенного вида живых организмов, называется *кариотипом* (от греч. карион – ядро, типос – образец). Кариотип – своего рода «хромосомный паспорт», по которому клетки одного вида организмов надежно отличаются от клеток других биологических видов.

По особенностям строения клеток организмы принято делить на две группы: *прокариоты (доядерные)* и *эукариоты (ядерные)*. К первой группе относятся бактерии, ко второй – протисты, грибы, растения и животные.

Клетки прокариот могут иметь различную форму: шаровидную (кокки), палочковидную (бациллы), изогнутую (вибрионы), спирально закрученную (спириллы) и др. Поверхностный аппарат прокариотических клеток включает цитоплазматическую мембрану и клеточную стенку. У некоторых бактерий поверхностный аппарат имеет дополнительную наружную мембрану. Клеточная стенка многих бактерий может быть окружена слизистой капсулой. Строение и функции цитоплазматической мембраны сходны с таковыми у эукариот. Клеточная стенка бактерий существенно отличается по строению от оболочек клеток растений и грибов. Ее основу составляет жесткая решетка из полисахарида муреина. Молекула муреина представляет собой правильную сеть из параллельно расположенных полисахаридных цепей, сшитых друг с другом короткими пептидными цепочками. Бактериальная клетка окружена муреиновым мешком, образованным одной молекулой. В состав клеточной стенки может входить множество таких муреиновых мешков, которые располагаются один поверх другого и образуют жесткий опорный каркас, обеспечивающий постоянную форму бактериальной клетки. По строению клеточной стенки бактерии подразделяются на две группы – *грамположительные* и *грамотрицательные*. У грамположительных бактерий клеточная стенка толстая, многослойная, у грамотрицательных она тоньше, но снаружи от нее расположена дополнительная мембрана, которая препятствует проникновению в клетку ряда веществ. Для выявления бактерий под микроскопом их обрабатывают специальными красителями по методу, разработанному датским ученым Х. Грамом (отсюда и названия групп бактерий). При этом грамположительные бактерии приобретают темно-синюю окраску, грамотрицательные – розовую. У некоторых бактерий имеются ворсинки – тонкие белковые выросты на поверхности клетки. Функция

ворсинок заключается в прикреплении бактерий к клеткам других организмов, различным частицам, в переносе ДНК от одной бактериальной клетки к другой. Клетки некоторых видов бактерий имеют жгутики (один, несколько или много), которые могут быть в несколько раз длиннее самой клетки. Прокариоты не имеют оформленного ядра. Их наследственная информация содержится в кольцевой молекуле ДНК, которая располагается непосредственно в цитоплазме и условно называется *бактериальной хромосомой*. Помимо бактериальной хромосомы, в цитоплазме клеток могут содержаться небольшие молекулы ДНК, способные автономно удваиваться и при делении передаваться дочерним клеткам. Такие внехромосомные (дополнительные по отношению к хромосоме) структуры называются *плазмидами*. Бактериальные клетки не имеют мембранных органоидов, характерных для клеток эукариот, – митохондрий, пластид, эндоплазматической сети, комплекса Гольджи, лизосом. Функцию этих органоидов выполняет цитоплазматическая мембрана или ее производные. Цитоплазматическая мембрана прокариот может образовывать впячивания внутрь клетки – *мезосомы*, которые часто имеют вид закрученных в спираль или клубок образований. Мезосомы могут принимать участие в образовании поперечных перегородок при делении клеток, а также служить местом прикрепления бактериальных хромосом. Кроме того, в прокариотических клетках отсутствует клеточный центр и цитоскелет. В то же время в цитоплазме располагаются многочисленные рибосомы, которые имеют сходное строение с рибосомами эукариот, но отличаются меньшими размерами. У некоторых бактерий, обитающих в водоемах или капиллярах почвы, имеются особые *газовые вакуоли*. Изменяя их объем, бактерии могут перемещаться (всплывать и погружаться) с минимальными затратами энергии. В клетках цианобактерий содержатся округлые замкнутые мембранные структуры – *хроматофоры* (от греч. хрома – краска, форо – несущий), в которых расположены фотосинтетические пигменты. Подавляющее большинство эукариот являются *аэробами* – так называют организмы, использующие для клеточного дыхания кислород. В отличие от них среди прокариот известно немало *анаэробов* – они способны существовать без доступа кислорода, на клетки некоторых анаэробов кислород действует и вовсе губительно. Некоторые бактерии способны усваивать атмосферный азот ( $N_2$ ), чего эукариоты делать не могут. Такие бактерии называются *азотфиксирующими*. В неблагоприятных условиях (холод, жара, засуха и т. д.) некоторые бактерии способны образовывать *споры*. При спорообразовании вокруг бактериальной хромосомы образуется плотная многослойная оболочка. Споры устойчивы к действию низких и высоких температур, ионизирующего излучения, многих химических веществ и других факторов. Споры могут десятилетиями находиться в неактивном состоянии, в благоприятных условиях снова превращаться в активных бактерий. Большинство прокариот – одноклеточные организмы, но встречаются колониальные и многоклеточные формы (цианобактерии). Скопления клеток прокариот могут иметь вид нитей, шаров, гроздей, иногда они окружены общей слизистой капсулой.

На Земле существует множество видов *эукариотических* организмов, объединяемых в четыре царства: Растения, Животные, Грибы, Протисты.

Для всех эукариот характерен ряд общих признаков, касающихся строения и функционирования их клеток: единый план строения клетки; наличие ядра, цитоплазмы с разнообразными мембранными и немембранными органоидами, цитоскелета; сходство протекания процессов обмена веществ и энергии в клетке; сходные процессы деления клеток.

Клетки растений имеют жесткую клеточную стенку (оболочку). Оболочка придает клеткам механическую прочность, поддерживает их форму и размеры, защищает от повреждений и высыхания, также препятствует разрыву клеток при поступлении в них большого количества воды. Основу оболочки составляет жесткий каркас из параллельно расположенных волокон, погруженный в мягкий, пластичный матрикс. Волокнистым компонентом клеточных оболочек растений является целлюлоза, линейные цепочки которой объединяются в пучки и волокна (фибриллы) благодаря возникновению межмолекулярных водородных связей. Фибриллы параллельными рядами располагаются в матриксе. В состав матрикса входят различные полисахариды. В оболочке молодых клеток содержание волокнистых элементов невысоко. Такая оболочка называется первичной. Оболочки молодых клеток способны к растяжению, благодаря чему возможен рост клетки. После прекращения роста на первичную оболочку изнутри откладываются новые слои – так формируется прочная вторичная оболочка. Содержание волокнистых веществ в ней значительно больше. Вторичные оболочки клеток растений способны пропитываться лигнином и одревесневать, что придает им особую прочность. В оболочках некоторых растительных клеток откладывается другое вещество – суберин. Этот процесс называется *опробковением*. *Суберинизированные* оболочки становятся непроницаемыми для воды, поэтому содержимое клеток отмирает, и они заполняются воздухом. На поверхности клеточных оболочек могут откладываться кутин и воски. Эти вещества также придают клеткам водонепроницаемость.

*Растения* – автотрофные организмы. Клетки листьев и молодых стеблей растений содержат хлоропласты, в которых происходит фотосинтез. В мембранах хлоропластов находятся светопоглощающие пигменты – хлорофиллы и каротиноиды. В клетках растений могут присутствовать и другие пластиды – хромопласты и лейкопласты. Для растительных клеток характерны крупные вакуоли, являющиеся резервуаром воды и хранилищем разнообразных веществ. В клетках большинства растений отсутствуют центриоли. Запасным углеводом растений является *крахмал*, который откладывается в виде крахмальных зерен.

Клетки животных покрыты только цитоплазматической мембраной. Надмембранный комплекс представлен гликокаликсом. *Животные–гетеротрофы*, источником углерода для синтеза органических веществ у них являются вещества, поступающие с пищей. Питательные вещества служат для животных также источником энергии. В клетках животных отсутствуют

пластиды, нет крупных вакуолей, есть центриоли. Запасным углеводом является *гликоген*, который откладывается в цитоплазме клеток. У клеток грибов, как и у растений, есть жесткая клеточная стенка. У большинства грибов ее основу составляют фибриллы *хитина*. Хитин не переваривается большинством организмов из-за отсутствия фермента *хитиназы*, поэтому оболочка (клеточная стенка) надежно защищает внутреннее содержимое клеток грибов от повреждения другими организмами.

Тело *гриба* (грибница) представляет собой совокупность тонких трубчатых нитей – гиф, образованных одним рядом клеток. У некоторых грибов перегородки в гифах отсутствуют, и грибница представляет собой одну гигантскую многоядерную клетку. В клетках грибов имеются крупные вакуоли, заполненные клеточным соком. Грибы, как и животные, – гетеротрофы, питаются готовыми органическими веществами, пластид в их клетках нет. Запасным углеводом в клетках грибов (как и животных) является гликоген.

*Протисты* – неоднородная группа организмов. Среди них есть одноклеточные, колониальные и многоклеточные формы. Некоторые одноклеточные и колониальные протисты способны передвигаться с помощью ресничек (инфузории), жгутиков (хламидомонада, эвглена зеленая, вольвокс) или ложноножек (амебы). По типу питания протисты могут быть автотрофными, автогетеротрофными и гетеротрофными. Автотрофные и автогетеротрофные протисты называются водорослями. В их клетках содержатся хлоропласты (от одного до нескольких десятков), осуществляющие на свету процесс фотосинтеза. Хлоропласты водорослей могут иметь разнообразную форму: чашевидную (у хлореллы), спиральную (у спирогиры). Многие водоросли имеют клеточную стенку. В клетках автотрофных протистов содержатся вакуоли с клеточным соком. Некоторые одноклеточные водоросли имеют светочувствительный глазок и сократительные вакуоли. В отличие от автотрофных автогетеротрофные протисты (эвглена зеленая, хламидомонада) могут осуществлять фотосинтез, и поглощать всей поверхностью тела растворенные в воде органические вещества. Гетеротрофные протисты (амебы, инфузории и др.) не способны к фотосинтезу, потребляют готовые органические вещества и переваривают их в пищеварительных вакуолях. В клетках гетеротрофных протистов отсутствуют пластиды, светочувствительный глазок, клеточная стенка.

### **1.10.11. Деление клетки. Митоз. Амитоз.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Деление клетки. Биологическое значение деления. Понятие о жизненном цикле клетки. Интерфаза и ее периоды. Удвоение ДНК. Митоз. Фазы митоза. Биологическая роль митоза. Амитоз, или прямое деление. Деление бактериальных клеток. Гибель клеток.

*Клеточный цикл* – жизнь клетки с момента ее образования в процессе деления материнской клетки до собственного деления (включая это деление) или гибели.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Новые клетки возникают в результате деления уже существующих. Если делится одноклеточный организм, то из него образуются два новых. Многоклеточный организм также начинает свое развитие чаще всего с одной-единственной клетки. Путем многократных делений образуется огромное количество клеток, которые и составляют организм. Деление клеток обеспечивает размножение и развитие организмов, а значит, непрерывность жизни на Земле.

*Клеточный цикл* – жизнь клетки с момента ее образования в процессе деления материнской клетки до собственного деления (включая это деление) или гибели. В течение этого цикла каждая клетка растет и развивается таким образом, чтобы успешно выполнять свои функции в организме. Далее клетка функционирует определенное время, по истечении которого либо делится, образуя дочерние клетки, либо погибает. У различных видов организмов клеточный цикл занимает разное время. Клетки многоклеточных организмов на ранних стадиях развития делятся часто, затем клеточные циклы значительно удлиняются. Клеточный цикл состоит из интерфазы и митоза.

*Интерфаза* – промежуток клеточного цикла между двумя делениями. В течение всей интерфазы хромосомы неспирализованы, они находятся в ядре клетки в виде хроматина. Интерфаза состоит из трех периодов: пресинтетического, синтетического и постсинтетического.

*Пресинтетический период ( $G_1$ )* – наиболее продолжительная часть интерфазы. Во время этого периода клетка растет, в ней увеличивается количество органоидов, накапливается энергия и вещества для последующего удвоения ДНК. В течение  $G_1$ -периода каждая хромосома состоит из одной хроматиды, т. е. количество хромосом ( $n$ ) и хроматид ( $c$ ) совпадает. Набор хромосом и хроматид (молекул ДНК) диплоидной клетки в  $G_1$ -периоде клеточного цикла можно выразить записью  $2n2c$ .

В *синтетическом периоде ( $S$ )* происходит удвоение ДНК, синтез белков, необходимых для последующего формирования хромосом, происходит удвоение центриолей. Удвоение ДНК называют *репликацией*. В ходе репликации специальные ферменты разъединяют две цепи исходной материнской молекулы ДНК, разрывая водородные связи между комплементарными нуклеотидами. С разошедшимися цепями связываются молекулы *ДНК-полимеразы* – главного фермента репликации. Затем молекулы ДНК-полимеразы начинают двигаться вдоль материнских цепей, используя их в качестве матриц, и синтезировать новые дочерние цепи, подбирая для них нуклеотиды по принципу комплементарности. Репликацию относят к *реакциям матричного синтеза*. В результате репликации образуются две идентичные двуцепочечные молекулы ДНК. В состав каждой из них входит одна цепочка исходной материнской молекулы и одна вновь синтезированная дочерняя цепочка. К концу  $S$ -периода каждая хромосома состоит уже из двух идентичных сестринских хроматид, соединенных друг с другом в области центромеры. Количество хроматид в каждой паре гомологичных хромосом становится равным четырем. Таким образом, набор хромосом и хроматид

диплоидной клетки в конце S-периода (т. е. после репликации) выражается записью  $2n4c$ .

*Постсинтетический период* ( $G_2$ ) наступает после удвоения ДНК. В это время клетка накапливает энергию и синтезирует белки для предстоящего деления (белок тубулин для построения микротрубочек, образующих впоследствии веретено деления). В течение всего  $G_2$ -периода набор хромосом и хроматид в клетке остается неизменным –  $2n4c$ .

Интерфаза завершается, и начинается деление, в результате которого образуются дочерние клетки. В ходе митоза (основного способа деления клеток эукариот) сестринские хроматиды каждой хромосомы отделяются друг от друга и попадают в разные дочерние клетки. Молодые дочерние клетки, вступающие в новый клеточный цикл, имеют набор  $2n2c$ . Клеточный цикл охватывает промежуток времени от возникновения клетки до ее полного разделения на две дочерние и включает интерфазу ( $G_1$ -, S-,  $G_2$ -периоды) и митоз.

Большинство клеток многоклеточного организма после прохождения части  $G_1$ -периода могут переходить в так называемый *период покоя* ( $G_0$ -период). Клетки, пребывающие в  $G_0$ -периоде, выполняют свои специфические функции в организме, в них протекают процессы обмена веществ и энергии, но не происходит подготовка к репликации. Такие клетки, как правило, навсегда утрачивают способность к делению. Примерами могут служить нейроны, клетки хрусталика глаза и многие другие. Однако некоторые клетки, находящиеся в  $G_0$ -периоде (лейкоциты, клетки печени), могут выходить из него и продолжать клеточный цикл, пройдя все периоды интерфазы и митоз. Так, клетки печени могут снова приобретать способность к делению спустя несколько месяцев пребывания в периоде покоя.

Гибель (смерть) отдельных клеток или их групп постоянно встречается у многоклеточных организмов, так же как гибель одноклеточных организмов. Гибель клеток можно разделить на две категории: некроз (от греч. некрос – мертвый) и апоптоз, который часто называют программируемой клеточной смертью или даже клеточным самоубийством.

*Некроз* – отмирание клеток и тканей в живом организме, вызванное действием повреждающих факторов. Причинами некроза может быть воздействие высоких и низких температур, ионизирующих излучений, различных химических веществ (токсинов, выделяемых болезнетворными микроорганизмами). Некротическая гибель клеток наблюдается также в результате их механического повреждения, нарушения кровоснабжения и иннервации тканей, при аллергических реакциях. В поврежденных клетках нарушается проницаемость мембран, останавливается синтез белков, прекращаются другие процессы обмена веществ, происходит разрушение ядра, органоидов и, наконец, всей клетки. Особенностью некроза является то, что такой гибели подвергаются целые группы клеток (при инфаркте миокарда из-за прекращения снабжения кислородом отмирает участок сердечной мышцы, содержащий множество клеток). Обычно отмирающие клетки подвергаются атаке лейкоцитов, и в зоне некроза развивается воспалительная реакция.

*Апоптоз* – запрограммированная гибель клеток, регулируемая организмом. В ходе развития и функционирования организма часть его клеток погибает без непосредственного повреждения. Этот процесс протекает на всех стадиях жизни организма, даже в эмбриональный период. Во взрослом организме также постоянно происходит запланированная гибель клеток. Миллионами гибнут клетки крови, эпидермиса кожи, слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта. После овуляции погибает часть фолликулярных клеток яичника, после лактации – клетки молочных желез. При апоптозе клетка распадается на отдельные фрагменты, окруженные плазмалеммой. Обычно фрагменты погибших клеток поглощаются лейкоцитами или соседними клетками без запуска воспалительной реакции. Восполнение утраченных клеток обеспечивается путем деления.

*Простое бинарное деление* характерно только для клеток прокариот. Бактериальные клетки содержат одну хромосому – кольцевую молекулу ДНК. Перед делением клетки происходит репликация и образуются две одинаковые молекулы ДНК, каждая из которых прикреплена к цитоплазматической мембране. При делении клетки цитоплазматическая мембрана врастает между двумя молекулами ДНК таким образом, что в итоге делит клетку надвое. В каждой образовавшейся клетке оказывается по одной идентичной молекуле ДНК. Такой процесс получил название простого бинарного деления. Для эукариотических клеток характерны другие способы деления: митоз, амитоз, мейоз.

*Митоз* (от греч. митос – нить) – основной способ деления эукариотических клеток, в результате которого из одной материнской клетки образуются две дочерние с таким же набором хромосом. В митоз могут вступать клетки с различными наборами хромосом – диплоидные, гаплоидные, полиплоидные. Продолжительность митоза у животных клеток в среднем составляет 30-60 мин, а у растительных – 2-3 ч. Митоз – процесс непрерывный, его подразделяют на четыре последовательные фазы: профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

*Профаза.* В клетке увеличивается объем ядра, начинает спирализоваться хроматин, в результате чего формируются хромосомы. Каждая хромосома состоит из двух сестринских хроматид, соединенных в области центромеры (в диплоидной клетке – набор  $2n4c$ ). Постепенно растворяются ядрышки, распадается ядерная оболочка. Частично спирализованные хромосомы оказываются в гиалоплазме и располагаются в ней беспорядочно (хаотически). Центриоли попарно расходятся к полюсам клетки, инициируют образование микротрубочек, из которых начинает формироваться веретено деления. Часть нитей веретена деления идет от полюса к полюсу, другие нити прикрепляются к центромерам хромосом и способствуют их перемещению в экваториальную плоскость клетки. В клетках большинства растений центриоли отсутствуют. В этом случае центрами образования микротрубочек веретена деления являются особые структуры, состоящие из мелких вакуолей.

*Метафаза.* Завершается формирование веретена деления. Хромосомы достигают максимальной спирализации и располагаются упорядоченно в

экваториальной плоскости клетки. Образуется метафазная пластинка, состоящая из двуххроматидных хромосом. В эту фазу можно легко подсчитать количество хромосом и изучить особенности их строения.

*Анафаза.* Нити веретена деления укорачиваются, в результате чего сестринские хроматиды каждой хромосомы отделяются друг от друга и растягиваются к противоположным полюсам клетки. Поскольку сестринские хроматиды идентичны друг другу, у двух полюсов клетки оказывается одинаковый генетический материал (в диплоидной клетке –  $2n2c$  у каждого полюса). Теперь разошедшиеся хроматиды называются дочерними хромосомами.

*Телофаза.* Дочерние хромосомы деспирализуются (раскручиваются) у полюсов клетки с образованием хроматина. Вокруг ядерного материала каждого полюса из мембранных структур цитоплазмы формируются ядерные оболочки. В двух образовавшихся ядрах возникают ядрышки. Нити веретена деления разрушаются. На этом деление ядра заканчивается, и начинается разделение клетки надвое. У клеток животных в экваториальной плоскости возникает кольцевая перетяжка. Она углубляется, пока не произойдет разделение двух дочерних клеток. В образовании перетяжки важную роль играют структуры цитоскелета. Клетки растений не могут делиться перетяжкой, так как имеют жесткую клеточную стенку. В экваториальной плоскости растительной клетки из содержимого пузырьков комплекса Гольджи образуется так называемая срединная пластинка, которая и разделяет две дочерние клетки.

С момента разделения дочерних клеток каждая из них вступает в интерфазу нового клеточного цикла. Биологическое значение митоза заключается в том, что он обеспечивает передачу наследственных признаков и свойств в ряду поколений клеток, что необходимо для нормального развития многоклеточного организма. Благодаря точному и равномерному распределению хромосом при митозе все клетки организма генетически идентичны. Митоз обуславливает важнейшие процессы жизнедеятельности – рост, развитие, регенерацию (восстановление поврежденных тканей и органов). Митотическое деление клеток лежит в основе бесполого размножения многих организмов.

*Амитоз* осуществляется путем прямого деления клеточного ядра перетяжкой. При амитозе не образуется веретено деления и не происходит спирализация хроматина, наследственный материал распределяется между дочерними ядрами неравномерно, случайным образом. Такой тип деления встречается у одноклеточных организмов. Амитозом делится большое полиплоидное ядро инфузорий, некоторые клетки многоклеточных организмов: высокоспециализированные с ослабленной физиологической активностью, стареющие, обреченные на гибель. Амитоз наблюдается при различных патологических процессах, таких как рост злокачественных опухолей, воспаление. Для таких клеток становится невозможным возврат в нормальный клеточный цикл, подготовка к делению и митоз. Амитоз можно наблюдать в

тканях растущего клубня картофеля, эндосперме семян, стенках завязи пестика и паренхиме черешков листьев. У животных и человека такой тип деления характерен для клеток печени, хрящей, роговицы глаза. При амитозе часто наблюдается только деление ядра без дальнейшего разделения клетки на две дочерние. В этом случае возникают двуядерные и даже многоядерные клетки. Если же дочерние клетки все-таки образуются, то клеточные компоненты, как и ДНК, распределяются между ними случайно и неравномерно.

### 1.10.12. Мейоз.

*Основные понятия и термины по теме:*

Мейоз и его биологическое значение. Фазы мейоза. Понятие кроссинговера. Генетическая рекомбинация при мейозе. Сходства и различия между митозом и мейозом.

*Конъюгация* – попарное сближение гомологичных хромосом.

*Кроссинговер* – обмен соответствующими участками между некоторыми хроматидами гомологичных хромосом.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Мейоз* (от греч. мейозис – уменьшение) – это способ деления эукариотических клеток, в результате которого из одной материнской клетки образуются четыре дочерние с уменьшенным в 2 раза набором хромосом. Если в мейоз вступает диплоидная соматическая клетка ( $2n4c$ ), то образуются четыре гаплоидные клетки ( $1n1c$ ). Клетки с гаплоидным набором хромосом не могут делиться мейозом.

Мейоз представляет собой непрерывный процесс, состоящий из двух последовательных делений, называемых мейозом I и мейозом II. В каждом делении различают профазу, метафазу, анафазу и телофазу. В результате первого деления мейоза число хромосом уменьшается вдвое, в ходе второго деления мейоза гаплоидность клеток сохраняется.

В *профазе мейоза I* (или профазе I) растворяются ядрышки, распадается ядерная оболочка и начинается формирование веретена деления. Хроматин спирализуется с образованием двуххроматидных хромосом (в диплоидной клетке – набор  $2n4c$ ). Гомологичные хромосомы попарно сближаются, этот процесс называется *конъюгацией* хромосом. При конъюгации хроматиды гомологичных хромосом в некоторых местах перекрещиваются. Между некоторыми хроматидами гомологичных хромосом может происходить обмен соответствующими участками – *кроссинговер*.

В *метафазе I* пары гомологичных хромосом располагаются в экваториальной плоскости клетки. В этот момент спирализация хромосом достигает максимума.

В *анафазе I* гомологичные хромосомы (не сестринские хроматиды, как при митозе) отходят друг от друга и растягиваются нитями веретена деления к противоположным полюсам клетки. Из каждой пары гомологичных хромосом в дочернюю клетку попадет только одна. В конце анафазы I набор хромосом и хроматид у каждого полюса делящейся клетки составляет  $1n2c$  – он уже уменьшился вдвое, но хромосомы все еще остаются двуххроматидными.

В *телофазе I* веретено деления разрушается, происходит формирование двух ядер и деление цитоплазмы. Образуются две дочерние клетки, содержащие гаплоидный набор хромосом, каждая хромосома состоит из двух хроматид ( $1n2c$ ).

Промежуток между мейозом I и мейозом II очень короткий.

Интерфаза II практически отсутствует. В это время не происходит репликация ДНК и две дочерние клетки быстро вступают во второе деление мейоза, протекающее по типу митоза.

В *профазе II* происходят те же процессы, что и в профазе митоза: формируются хромосомы, они беспорядочно располагаются в цитоплазме клетки. Начинает формироваться веретено деления.

В *метафазе II* хромосомы располагаются в экваториальной плоскости.

В *анафазе II* сестринские хроматиды каждой хромосомы разделяются и отходят к противоположным полюсам клетки. В конце анафазы II набор хромосом и хроматид у каждого полюса –  $1n1c$ .

В *телофазе II* образуются четыре гаплоидные клетки, каждая хромосома состоит из одной хроматиды ( $1n1c$ ).

Мейоз представляет собой два последовательных деления ядра и цитоплазмы, перед которыми репликация происходит только один раз. Энергия и вещества, необходимые для обоих делений мейоза, накапливаются во время интерфазы I.

В профазе мейоза I происходит кроссинговер, что ведет к рекомбинации наследственного материала. В анафазе I гомологичные хромосомы случайным образом расходятся к разным полюсам клетки, в анафазе II то же самое происходит с сестринскими хроматидами. Все эти процессы обуславливают комбинативную изменчивость живых организмов, о которой будет говориться позже.

*Биологическое значение мейоза:* У животных и человека мейоз приводит к образованию гаплоидных половых клеток – гамет. В ходе последующего процесса оплодотворения (слияния гамет) организм нового поколения получает диплоидный набор хромосом, а значит, сохраняет присущий данному виду организмов кариотип. Мейоз препятствует увеличению числа хромосом при половом размножении. Без такого механизма деления хромосомные наборы удваивались бы с каждым следующим поколением. У растений, грибов и некоторых протистов путем мейоза образуются споры. Процессы, протекающие в ходе мейоза, служат основой комбинативной изменчивости организмов.

### **1.10.13. Обмен веществ и превращение энергии в организме.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Обмен веществ и превращение энергии в организме

Общая характеристика обмена веществ и превращения энергии. Понятие обмена веществ, ассимиляции и диссимиляции, анаболизма и катаболизма, пластического и энергетического обменов.

*Обменом веществ* или *метаболизмом* (от греч. метаболе – перемена, превращение) – совокупность процессов химического превращения веществ в организме.

*Ассимиляция* (от лат. ассимиляцио – усвоение), *анаболизм* (от греч. анаболе – подъем) или *пластический обмен* – совокупность реакций синтеза сложных органических веществ из более простых соединений.

*Диссимиляция* (от лат. дис – приставка, означающая «нарушение»; ассимиляцио – усвоение), *катаболизм* (от греч. катаболе – разрушение) или *энергетический обмен* – процессы расщепления сложных органических веществ до более простых соединений сопровождающиеся выделением (высвобождением) энергии их химических связей.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Существование живых организмов обеспечивается непрерывным поглощением определенных веществ из окружающей среды.

Гетеротрофные организмы (животные, грибы, многие протисты и бактерии) нуждаются в поступлении готовых органических соединений, воды и минеральных веществ.

Автотрофные организмы (растения, водоросли, некоторые бактерии) также находятся в постоянном обмене веществами с окружающей средой, но при этом поглощают из нее только неорганические вещества.

Вещества, поступившие в организм, подвергаются превращениям в результате различных биохимических реакций. Некоторые вещества используются клетками организма в качестве строительного материала, другие расщепляются и служат источником энергии. Конечные продукты расщепления выводятся из организма в окружающую среду.

Совокупность процессов химического превращения веществ в организме называется *обменом веществ* или *метаболизмом* (от греч. метаболе – перемена, превращение). Процессы обмена веществ обеспечивают рост, развитие, жизнедеятельность, размножение организмов, а также их взаимодействие с окружающей средой. Обмен веществ сопровождается преобразованием энергии. При расщеплении питательных веществ высвобождается энергия, заключенная в их химических связях. Часть этой энергии рассеивается в виде тепла (т. е. преобразуется в тепловую), другая часть запасается в виде молекул АТФ. Фотосинтезирующие организмы поглощают световую энергию и преобразуют ее в энергию химических связей органических веществ.

В живом организме одновременно происходят процессы двух типов: синтеза и расщепления веществ. Совокупность реакций синтеза сложных органических веществ из более простых соединений называется *ассимиляцией* (от лат. ассимиляцио – усвоение), *анаболизмом* (от греч. анаболе – подъем) или *пластическим обменом*. Реакции пластического обмена идут с затратами (поглощением) энергии. В ходе ассимиляции из разнообразных химических соединений, поступивших в организм, синтезируются вещества, специфичные для данного организма. Образованные вещества используются для роста клеток и обновления клеточных структур, идут на построение новых клеток и тканей.

Некоторая часть продуктов пластического обмена откладывается в клетках в качестве запасных веществ. Процессами пластического обмена являются: фотосинтез, биосинтез ДНК (репликация), биосинтез РНК, белков, липидов, полисахаридов.

Процессы расщепления сложных органических веществ до более простых соединений сопровождаются выделением (высвобождением) энергии их химических связей. Одна часть этой энергии рассеивается в виде тепла, другая аккумулируется в виде макроэргических связей АТФ. Такие процессы называются *диссимиляцией* (от лат. дис – приставка, означающая «нарушение»; ассимиляцию – усвоение), *катаболизмом* (от греч. катаболе – разрушение) или *энергетическим обменом*. Конечными продуктами процессов диссимиляции являются углекислый газ, вода, аммиак. К энергетическому обмену относится брожение и клеточное дыхание. Молекулы АТФ, синтезированные в ходе реакций энергетического обмена, служат поставщиками энергии для процессов синтеза органических веществ, активного транспорта веществ через плазмалемму, деления клеток, передачи нервных импульсов. Благодаря энергии АТФ поддерживается постоянная температура тела у птиц и млекопитающих, осуществляются все виды движения (в том числе и мышечного).

Процессы пластического и энергетического обмена тесно связаны между собой. Многие вещества, образующиеся в ходе энергетического обмена, могут использоваться в пластическом обмене для синтеза более сложных органических веществ. И наоборот, продукты ассимиляции могут подвергаться расщеплению и служить источником энергии в процессах диссимиляции. АТФ, которая образуется в ходе энергетического обмена, расщепляется до АДФ и  $H_3PO_4$  и служит источником энергии для реакций пластического обмена. Таким образом, ассимиляция и диссимиляция – две взаимосвязанные стороны единого процесса обмена веществ и преобразования энергии в живых организмах. Процессы ассимиляции не всегда уравновешены процессами диссимиляции. Так, в молодых организмах преобладают процессы ассимиляции. Благодаря этому обеспечивается накопление веществ, интенсивный рост и развитие организма. В старом организме, как правило, преобладают процессы диссимиляции. То же самое наблюдается при высоких физических нагрузках и недостатке питательных веществ. Если не компенсировать энергетические затраты усиленным питанием, произойдет постепенное истощение организма, ведущее в конце концов к его гибели. Интенсивность процессов энергетического и пластического обмена регулируется нервной системой и гормонами. Например, адреналин сдвигает баланс в сторону энергетического обмена, инсулин и соматотропин (гормон роста) – в сторону пластического обмена.

#### **1.10.14. Энергетический обмен.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Этапы энергетического обмена: подготовительный, бескислородный, кислородный. Гликолиз, клеточное дыхание. Суммарное уравнение полного окисления глюкозы. Брожение.

*Клеточное дыхание* – сложный процесс, в ходе которого происходит расщепление органических веществ, а высвобождающаяся энергия их химических связей запасается и затем используется клеткой.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Клеткам живых организмов постоянно требуется энергия для осуществления различных процессов жизнедеятельности. Универсальным поставщиком этой энергии служит АТФ, которая образуется в реакциях энергетического обмена. У большинства организмов АТФ синтезируется главным образом в процессе клеточного дыхания.

*Клеточное дыхание* – сложный процесс, в ходе которого происходит расщепление органических веществ (в конечном итоге – до простейших неорганических соединений), а высвобождающаяся энергия их химических связей запасается и затем используется клеткой. Большинство живых организмов (все растения, большинство животных, грибов и протистов, многие бактерии) использует в процессе клеточного дыхания кислород. Такие организмы называются *аэробами* (от греч. аэр – воздух, биос – жизнь), а их тип дыхания – аэробным дыханием.

*Этапы клеточного дыхания:*

*Подготовительный этап* заключается в расщеплении крупных органических молекул до более простых соединений. Эти процессы происходят в пищеварительной системе (у животных) и цитоплазме клеток без использования кислорода. Под действием пищеварительных ферментов полисахариды расщепляются до моносахаридов, жиры – до глицерина и высших карбоновых кислот, белки – до аминокислот, нуклеиновые кислоты – до нуклеотидов. При этом выделяется мало энергии, она не запасается в виде АТФ, а рассеивается в виде тепла. Более того, для протекания реакций расщепления требуются определенные затраты энергии. Вещества, образовавшиеся в результате подготовительного этапа, могут использоваться клеткой как в реакциях пластического обмена, так и для дальнейшего расщепления с целью получения энергии.

Второй *этап* энергетического обмена называется *бескислородным* или *анаэробным*. Он заключается в ферментативном расщеплении органических веществ, полученных в ходе подготовительного этапа. Кислород в реакциях этого этапа не участвует, более того, анаэробный этап может протекать в условиях полного отсутствия кислорода. Основным источником энергии в клетке является глюкоза. *Гликолиз* – многоступенчатый процесс бескислородного расщепления глюкозы ( $C_6H_{12}O_6$ ) до пировиноградной кислоты ( $C_3H_4O_3$ ). Реакции гликолиза катализируются специальными ферментами и протекают в цитоплазме клеток. В ходе гликолиза каждая молекула глюкозы расщепляется до двух молекул пировиноградной кислоты (ПВК). При этом высвобождается энергия, часть которой рассеивается в виде тепла, а оставшаяся используется для синтеза 2 молекул АТФ. Промежуточные продукты гликолиза подвергаются окислению – от них отщепляются атомы водорода, которые используются для восстановления НАД<sup>+</sup>. *НАД* –

никотинамидадениндинуклеотид – вещество, которое выполняет в клетке функцию переносчика атомов водорода. НАД, присоединивший два атома водорода, называется восстановленным (НАД·Н+Н<sup>+</sup>). Восстановленный НАД может отдавать атомы водорода другим веществам и переходить в окисленную форму (НАД<sup>+</sup>). Процесс гликолиза можно выразить следующим суммарным уравнением:  $C_6H_{12}O_6 + 2НАД^+ + 2АДФ + 2H_3PO_4 = 2C_3H_4O_3 + 2НАД·Н + 2АТФ + 2H_2O$ . В результате гликолиза высвобождается лишь около 5 % энергии, заключенной в химических связях молекул глюкозы. Значительная часть энергии содержится в продукте гликолиза – ПВК.

При *аэробном дыхании* после гликолиза следует завершающий этап – *кислородный*, или *аэробный*. Пировиноградная кислота, образовавшаяся в результате гликолиза, поступает в матрикс митохондрий, где полностью расщепляется и окисляется до конечных продуктов – CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O. Восстановленный НАД, образовавшийся при гликолизе, также поступает в митохондрии, где подвергается окислению. В ходе аэробного этапа дыхания потребляется кислород и синтезируются 36 молекул АТФ (в расчете на 2 молекулы ПВК). CO<sub>2</sub> выделяется из митохондрий в гиалоплазму клетки, затем в окружающую среду. Суммарное уравнение кислородного этапа дыхания можно представить следующим образом:  $2C_3H_4O_3 + 6O_2 + 2НАД·Н + 36АДФ + 36H_3PO_4 = 6CO_2 + 6H_2O + 2НАД^+ + 36АТФ$ . В матриксе митохондрий ПВК подвергается сложному ферментативному расщеплению, продуктами которого являются углекислый газ и атомы водорода. Последние доставляются переносчиками НАД и ФАД (флавинадениндинуклеотид) на внутреннюю мембрану митохондрии. Во внутренней мембране митохондрий содержится фермент *АТФ-синтетаза*, белковые комплексы, образующие *электрон-транспортную цепь (ЭТЦ)*. В результате функционирования компонентов ЭТЦ атомы водорода, полученные от НАД и ФАД, разделяются на протоны (Н<sup>+</sup>) и электроны. Протоны переносятся через внутреннюю мембрану митохондрий и накапливаются в межмембранном пространстве. Электроны с помощью ЭТЦ доставляются в матрикс на конечный акцептор – кислород (O<sub>2</sub>). В результате образуются анионы O<sup>2-</sup>. Накопление протонов в межмембранном пространстве ведет к возникновению электрохимического потенциала на внутренней мембране митохондрий. При достижении определенной концентрации протоны начинают перемещаться в матрикс, проходя через специальные каналы фермента АТФ-синтетазы. Электрохимическая энергия используется для синтеза большого количества молекул АТФ. В матриксе протоны соединяются с анионами кислорода и образуется вода:  $2H^+ + O^{2-} = H_2O$ . При полном расщеплении одной молекулы глюкозы клетка может синтезировать 38 молекул АТФ (2 молекулы в процессе гликолиза и 36 молекул в ходе кислородного этапа). Общее уравнение аэробного дыхания можно записать следующим образом:  $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 38АДФ + 38H_3PO_4 = 6CO_2 + 6H_2O + 38АТФ$ .

#### *Брожение:*

Жизнь некоторых организмов возможна в бескислородной среде. Такие организмы называются *анаэробами*. К анаэробам относятся многие бактерии,

некоторые протисты, грибы (дрожжи) и животные (сосальщики, ленточные черви, аскариды). Большинство анаэробных организмов получает энергию, необходимую для жизнедеятельности, в процессе брожения.

*Брожение* – процесс анаэробного расщепления органических веществ, преимущественно углеводов, происходящий под действием ферментов. Брожение может протекать и в клетках аэробных организмов в условиях дефицита кислорода. На первом этапе брожения глюкоза расщепляется до пировиноградной кислоты (как и в процессе гликолиза). При этом образуется 2 молекулы НАД·Н + Н<sup>+</sup> и 2 молекулы АТФ. Затем пировиноградная кислота превращается в молочную кислоту, этиловый спирт, уксусную кислоту или другие продукты.

В зависимости от конечного продукта различают молочнокислое, спиртовое, уксуснокислое и другие виды брожения. Брожение является результатом жизнедеятельности микроорганизмов, и установил, что различные типы брожения вызываются разными группами микроорганизмов.

*Молочнокислое брожение* осуществляют молочнокислые бактерии. При этом типе брожения глюкоза расщепляется до пировиноградной кислоты (C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub>), которая затем восстанавливается до молочной кислоты (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>).

Схематически молочнокислое брожение можно выразить следующими уравнениями: 1) C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> + 2НАД<sup>+</sup> + 2АДФ + 2Н<sub>3</sub>РО<sub>4</sub> = 2C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub> + 2НАД·Н + Н<sup>+</sup> + 2АТФ; 2) 2C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub> + 2НАД·Н + Н<sup>+</sup> = 2C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub> + 2НАД.

Суммарное уравнение молочнокислого брожения:



Молочнокислое брожение осуществляется также в мышечных клетках человека и животных в условиях дефицита кислорода. Накопление молочной кислоты является одной из причин развития утомления мышц. С током крови молочная кислота поступает в печень и почки, где перерабатывается в глюкозу.

*Спиртовое брожение* вызывают дрожжи, а также некоторые анаэробные бактерии. Этот тип брожения наблюдается и в растительных клетках при отсутствии кислорода. При спиртовом брожении глюкоза расщепляется до ПВК, которая, в свою очередь, расщепляется с образованием этилового спирта (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ОН) и углекислого газа. Вначале спиртовое брожение идет аналогично молочнокислому: 1) C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> + 2НАД<sup>+</sup> + 2АДФ + 2Н<sub>3</sub>РО<sub>4</sub> = 2C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub> + 2НАД·Н + Н<sup>+</sup> + 2АТФ. 2) Затем пировиноградная кислота расщепляется с образованием уксусного альдегида (СН<sub>3</sub>СОН) и углекислого газа: 2C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub> = 2СН<sub>3</sub>СОН + 2СО<sub>2</sub>. 3) Уксусный альдегид восстанавливается до этилового спирта за счет НАД·Н<sup>+</sup> + Н<sup>+</sup>: 2СН<sub>3</sub>СОН + 2НАД·Н + Н<sup>+</sup> = 2C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ОН + 2НАД<sup>+</sup>.

Процесс спиртового брожения можно выразить общим уравнением: C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> + 2АДФ + 2Н<sub>3</sub>РО<sub>4</sub> = 2C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ОН + 2СО<sub>2</sub> + 2АТФ.

*Уксуснокислое брожение* осуществляется уксуснокислыми бактериями. При таком типе брожения образуются уксусная кислота (СН<sub>3</sub>СООН) и углекислый газ. Первые два этапа уксуснокислого брожения протекают аналогично спиртовому: 1) C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> + 2НАД<sup>+</sup> + 2АДФ + 2Н<sub>3</sub>РО<sub>4</sub> = 2C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub> + 2НАД·Н<sup>+</sup> + Н<sup>+</sup> + 2АТФ. 2) 2C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub> = 2СН<sub>3</sub>СОН + 2СО<sub>2</sub>. 3) Завершающий этап

идет с участием кислорода, который окисляет уксусный альдегид в уксусную кислоту:  $2\text{CH}_3\text{COH} + \text{O}_2 = 2\text{CH}_3\text{COOH}$ . При любом типе брожения не происходит полного окисления глюкозы, поэтому значительная часть энергии остается в конечных продуктах – молочной кислоте, этиловом спирте и др. Энергетический выход брожения – 2 молекулы АТФ (из расчета на одну молекулу глюкозы). Поэтому при расщеплении одинакового количества углеводов в ходе энергетического обмена анаэробы получают гораздо меньше энергии, чем аэробы.

Процессы брожения находят широкое практическое применение. Спиртовое брожение лежит в основе промышленного получения различных спиртов, вина, пива. Использование дрожжей в хлебопечении. Уксуснокислое брожение лежит в основе получения пищевого уксуса. Молочнокислое брожение используется для получения различных кисломолочных продуктов, при солении и квашении овощей, силосовании кормов. Продуктом совместной деятельности молочнокислых бактерий и дрожжей является кефир.

### 1.10.15. Фотосинтез.

*Основные понятия и термины по теме:*

Фотосинтез. Сущность процесса фотосинтеза. Фотосинтетические пигменты и их функции. Световая фаза. Фотолиз воды. Темновая фаза. Значение фотосинтеза.

*Фотосинтез* (от греч. фотос – свет) – это процесс образования органических веществ из углекислого газа и воды на свету при участии фотосинтетических пигментов.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Для живых организмов Земли основным источником энергии является солнечный свет, благодаря которому прямо или косвенно удовлетворяются их энергетические потребности. В процессе фотосинтеза растения, водоросли, цианобактерии с помощью специальных пигментов поглощают солнечную энергию и преобразуют ее в энергию химических связей органических веществ. При этом исходными соединениями для синтеза органических веществ служат бедные энергией неорганические вещества – углекислый газ и вода.

*Фотосинтез* (от греч. фотос – свет) – это процесс образования органических веществ из углекислого газа и воды на свету при участии фотосинтетических пигментов.

*Фотосинтетические пигменты* – это органические вещества, способные поглощать энергию света. При этом они поглощают свет определенной длины волны, другие световые волны отражают. Различают три класса фотосинтетических пигментов – *хлорофиллы*, *каротиноиды*, *фикобилины*.

Наиболее важными пигментами являются хлорофиллы (от греч. хлорос – зеленый, филлон – лист). Известно несколько форм хлорофилла (а, b, с и др.), различающихся строением молекул. Все хлорофиллы интенсивно поглощают красный и синий свет, зеленый отражают, что и определяет зеленую окраску этих пигментов, следовательно, и листьев растений.

Другую группу фотосинтетических пигментов составляют *каротиноиды* (от лат. карота – морковь), имеющие различную окраску – оранжевую, желтую, красную. Они содержатся в хлоропластах и хромопластах. Осенью, когда хлорофиллы разрушаются, каротиноиды становятся хорошо заметными (листья меняют окраску). Каротиноиды поглощают свет, недоступный другим пигментам, и передают поглощенную энергию хлорофиллам.

Для красных водорослей и цианобактерий, кроме хлорофиллов, характерны также *фикобилины* (от греч. фикос – водоросль и лат. билис – желчь). Эти пигменты имеют красную или синюю окраску и способны поглощать зеленый, синий и фиолетовый свет, проникающий в глубину морей и океанов.

Образованные в ходе фотосинтеза органические соединения являются источником энергии, источником атомов углерода, водорода и кислорода для синтеза веществ, необходимых организму при построении новых клеток и структур. Значительная часть продуктов фотосинтеза может преобразовываться и запасаться в виде крахмала, жиров или белков.

У растений и водорослей фотосинтез осуществляется в специальных органоидах – хлоропластах. Внутренняя мембрана хлоропластов образует *тилакоиды* – плоские мешочки, уложенные в стопки (*граны*). В мембранах тилакоидов расположены особые пигмент-белковые комплексы – фотосистемы. Существует два типа *фотосистем* – *фотосистема I* и *фотосистема II*. В состав каждой входит светособирающая антенна, образованная молекулами пигментов, реакционный центр и переносчики электронов. Светособирающая антенна функционирует наподобие воронки: молекулы пигментов поглощают свет и передают всю собранную энергию в реакционный центр, где находится молекула-ловушка, представленная хлорофиллом а. Поглотив энергию, молекула-ловушка переходит в возбужденное состояние и отдает один из своих электронов специальному переносчику, т. е. окисляется. Главное различие фотосистем заключается в том, что в состав фотосистемы II входит особый ферментный комплекс, осуществляющий на свету *фотолиз воды* – расщепление молекул воды с образованием кислорода (O<sub>2</sub>), электронов и протонов (H<sup>+</sup>):  $2\text{H}_2\text{O} = \text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+$ . Полученные при этом электроны используются фотосистемой II для восстановления молекулы-ловушки в реакционном центре. В фотосистеме I отсутствует подобный ферментный комплекс, и, следовательно, она не способна использовать воду в качестве источника электронов для восстановления своей молекулы-ловушки. Фотосинтез происходит в две фазы – световую и темновую.

*Световая фаза* осуществляется на мембранах тилакоидов и только при наличии света. Реакции *темновой фазы* протекают в строме хлоропласта и не требуют света, однако для их прохождения необходимы продукты световой фазы. Поэтому темновая фаза идет практически одновременно со световой.

*Световая фаза фотосинтеза:*

1. Пигменты обеих фотосистем поглощают свет, полученная энергия передается в реакционные центры на молекулы хлорофилла а (*молекулы-*

ловушки), которые переходят в возбужденное состояние и отдают электроны переносчикам. Электрон из фотосистемы I транспортируется переносчиками на внешнюю сторону тилакоида. Электрон из фотосистемы II с помощью переносчиков доставляется в фотосистему I и восстанавливает молекулу-ловушку в реакционном центре. Так фотосистема I восстанавливается за счет электронов из фотосистемы II, которая, в свою очередь, получает электроны за счет фотолиза воды. Кислород, который образуется при фотолизе воды, выделяется из хлоропласта в гиалоплазму клетки, затем в окружающую среду, а протоны ( $H^+$ ) накапливаются внутри тилакоида.

2. Накопление протонов внутри тилакоида ведет к возникновению электрохимического потенциала на его мембране. В мембране тилакоида содержится фермент АТФ-синтетаза. Когда концентрация протонов достигает определенного уровня, они устремляются в строму хлоропласта, проходя через специальные каналы АТФ-синтетазы. При этом АТФ-синтетаза использует энергию движения протонов для синтеза АТФ.

3. На внешней стороне тилакоида происходит восстановление  $НАДФ^+$  за счет присоединения к нему электронов и протонов.  $НАДФ$  – никотинамидадениндинуклеотидфосфат – переносчик атомов водорода в процессе фотосинтеза.  $НАДФ^+ + 2e^- + 2H^+ = НАДФН \cdot H^+$ . В ходе световой фазы энергия света поглощается и преобразуется в энергию макроэргических связей АТФ, происходит расщепление воды с выделением кислорода и накопление атомов водорода (в форме  $НАДФ \cdot H + H^+$ ). Продуктами световой фазы фотосинтеза являются АТФ, восстановленный  $НАДФ$  и кислород. Кислород – побочный продукт фотосинтеза, он выделяется в окружающую среду. АТФ и  $НАДФ \cdot H + H^+$  используются в темновой фазе фотосинтеза.

#### *Темновая фаза фотосинтеза:*

Из окружающей среды в хлоропласты поступает углекислый газ, в строме хлоропластов происходит его восстановление до органических веществ. Это сложный многоступенчатый процесс, который можно выразить общим уравнением:  $6CO_2 + 12НАДФ \cdot H + H^+ + 18АТФ = C_6H_{12}O_6 + 12НАДФ^+ + 18АДФ + 18H_3PO_4$ . Из приведенного уравнения видно, что для синтеза одной молекулы глюкозы необходимо окислить 12 молекул  $НАДФ \cdot H_2$  (служит источником атомов водорода) и расщепить 18 молекул АТФ (служит источником энергии для синтеза глюкозы). В темновой фазе фотосинтеза энергия макроэргических связей АТФ преобразуется в энергию химических связей органических веществ. В темновой фазе фотосинтеза используются продукты световой фазы ( $НАДФ \cdot H + H^+$  и АТФ), поэтому реакции темновой фазы проходят почти одновременно с реакциями световой фазы. Если объединить процессы, протекающие в обеих фазах, исключив все промежуточные стадии и вещества, можно получить суммарное уравнение процесса фотосинтеза: свет  $6CO_2 + 6H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$ . пигменты

Фотосинтез является основным источником питательных веществ для живых организмов, единственным поставщиком свободного кислорода на Земле. Из кислорода сформировался и поддерживается озоновый слой,

защищающий живые организмы Земли от губительного воздействия коротковолнового ультрафиолетового излучения. Благодаря фотосинтезу поддерживается относительно постоянное содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере.

### 1.10.16. Биосинтез белка.

*Основные понятия и термины по теме:*

Хранение наследственной информации. Генетический код и его свойства. Реализация наследственной информации - биосинтез белка. Этапы синтеза белка: транскрипция, трансляция. Роль и-РНК, т-РНК, р-РНК в синтезе белка.

*Ген* – участок молекулы ДНК, содержащий информацию о первичной структуре одного белка.

*Генетический код* – система записи информации о первичной структуре белков в виде последовательности нуклеотидов.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Одним из важнейших процессов, происходящих в клетках живых организмов, является синтез белков. Белки выполняют в организме самые разнообразные функции, поэтому необходимо синтезировать тысячи различных белков. Большинство белков имеют ограниченный срок функционирования, их синтез не должен прекращаться ни на минуту. Каждый вид живых организмов имеет свой собственный, строго определенный набор белков. Белки являются основой уникальности каждого вида. Некоторые из них, выполняющие одну и ту же функцию в разных организмах, могут быть похожими и даже одинаковыми. друг от друга. Индивидуальную неповторимость каждой особи также обеспечивают различия в структуре белков.

Свойства белков определяются прежде всего их первичной структурой, т. е. последовательностью аминокислот. Информацию о первичной структуре всех белков организма содержат молекулы ДНК. Следовательно, информация о строении и жизнедеятельности как каждой отдельной клетки, так и всего многоклеточного организма заключена в последовательности нуклеотидов ДНК. Эта информация называется наследственной или генетической. Участок молекулы ДНК, содержащий информацию о первичной структуре одного белка, получил название *ген*. Кроме того, генами называют участки ДНК, содержащие информацию о структуре молекул рРНК и тРНК. В молекуле ДНК каждое «сообщение» представляет собой специфическую последовательность, «записанную» с использованием четырех «знаков» – нуклеотидов *A, T, G, C*.

Система записи информации о первичной структуре белков в виде последовательности нуклеотидов получила название *генетического кода*.  
*Свойства генетического кода:*

1. Код является *триплетным*, т. е. каждая аминокислота кодируется триплетом (кодоном) – сочетанием трех последовательно расположенных нуклеотидов. К настоящему времени известно, какие триплеты информационной РНК (ДНК) кодируют каждую из 20 белокобразующих аминокислот.

Триплеты иРНК (УАА, УАГ, УГА) не кодируют аминокислоты. Это терминирующие кодоны (стопкодоны). Они служат сигналом окончания синтеза белка.

2. Код *не перекрывается* – один и тот же нуклеотид не может входить одновременно в состав двух соседних триплетов.

3. Код *однозначен* – каждый триплет кодирует только одну аминокислоту.

4. Нетрудно подсчитать, что число возможных комбинаций из четырех типов нуклеотидов по три составляет  $4^3 = 64$ ; для кодирования 20 аминокислот, входящих в состав белков. В связи с этим код является избыточным (вырожденным) – одна и та же аминокислота может кодироваться несколькими разными триплетами.

Исключение составляют метионин и триптофан. Метионин кодируется только одним триплетом – АУГ, триптофан – только триплетом УГГ.

5. Код *непрерывен*, не имеет знаков препинания. Если произойдет выпадение одного нуклеотида, то при считывании его место займет ближайший нуклеотид из соседнего кодона. Из-за этого изменится и весь порядок считывания. Изменение порядка считывания происходит не только в случае выпадения нуклеотидов, но и из-за вставки лишних нуклеотидов.

Правильное считывание кода с иРНК обеспечивается только в том случае, если оно начинается со строго определенного пункта. В молекуле иРНК стартовым кодоном является АУГ, именно с него начинается считывание.

6. Код *универсален* – у всех живых организмов одним и тем же триплетам соответствуют одни и те же аминокислоты. Иными словами, у всех живых организмов генетический код расшифровывается одинаково. Универсальность генетического кода свидетельствует о единстве происхождения живых организмов.

В каждой молекуле ДНК, как правило, закодирована информация о первичной структуре множества разных белков, т. е. в каждой хромосоме содержится много генов. Различают гены, в которых закодирована информация о структуре белков (на этих генах происходит синтез иРНК), а также гены, на которых происходит синтез рРНК и тРНК.

Процесс биосинтеза белка осуществляется на рибосомах, а хранителем генетической информации является ДНК. Для передачи информации с ДНК, находящейся в ядре, к месту синтеза белка требуется посредник. Его роль выполняет информационная (матричная) РНК, которая синтезируется на одной из цепей молекулы ДНК по принципу *комплементарности*. Реализация наследственной информации в клетке осуществляется в *два этапа*: сначала информация о структуре белка копируется с ДНК на иРНК (*транскрипция*), затем реализуется на рибосоме в виде конечного продукта – белка (*трансляция*).

*Транскрипция:*

Переписывание наследственной информации с ДНК на иРНК называется *транскрипцией* (от лат. транскрипцио – переписывание).

На определенном участке молекулы *ДНК* происходит разъединение комплементарных цепей. Вдоль одной из цепей (ее называют транскрибируемой цепью) начинается движение фермент РНК-полимераза. РНК-полимераза синтезирует из нуклеотидов молекулу иРНК, при этом транскрибируемая цепь ДНК используется в качестве матрицы. Полученная иРНК комплементарна участку транскрибируемой цепи ДНК, значит, порядок нуклеотидов в иРНК строго определен порядком нуклеотидов в ДНК. В результате транскрипции генетическая информация переписывается с ДНК на иРНК. Транскрипция может происходить одновременно на нескольких генах одной хромосомы и на генах, расположенных в разных хромосомах. Поскольку в одной молекуле ДНК содержится множество генов, очень важно, чтобы РНК-полимераза начинала синтез иРНК со строго определенного участка ДНК. Поэтому в начале каждого гена находится особая специфическая последовательность нуклеотидов, называемая *промотором*. РНК-полимераза распознает промотор, взаимодействует с ним и начинает синтез цепочки иРНК с нужного места. Фермент синтезирует иРНК, присоединяя к ней новые нуклеотиды, пока не дойдет до особой последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК – *терминатора*. Эта последовательность нуклеотидов указывает на то, что синтез иРНК нужно прекратить.

У прокариот синтезированные молекулы иРНК могут сразу же взаимодействовать с рибосомами и участвовать в синтезе белков.

У эукариот иРНК синтезируется в ядре. Там она взаимодействует со специальными ядерными белками и переносится через поры в ядерной мембране в цитоплазму. На специальных генах синтезируются и два других типа РНК: тРНК и рРНК.

#### *Трансляция:*

Процесс синтеза белка из аминокислот, происходящий на рибосомах, называется *трансляцией* (от лат. трансляцио – перевод).

В ходе трансляции осуществляется перевод последовательности нуклеотидов молекулы иРНК в последовательность аминокислот молекулы белка. Иными словами, «язык» нуклеотидов переводится на «язык» аминокислот. В цитоплазме обязательно должен быть полный набор аминокислот, необходимых для синтеза белков. Эти аминокислоты образуются в результате расщепления белков, получаемых организмом с пищей, или синтезируются в самом организме. Информационная РНК связывается с малой субъединицей рибосомы, после этого присоединяется большая субъединица. Синтез белка начинается со *стартового кодона АУГ*. Так как этот триплет кодирует аминокислоту метионин, то все белки (за исключением особых случаев) будут начинаться с остатка метионина. Отщепление этого остатка у большинства белков происходит позднее, в ходе созревания белковой молекулы. Начиная со стартового кодона, молекула иРНК последовательно, триплет за триплетом, продвигается через рибосому, что сопровождается ростом полипептидной цепочки. Соединение аминокислот в нужную последовательность (в соответствии с кодонами иРНК) осуществляется на

рибосомах при участии транспортных РНК. Благодаря специфическому расположению комплементарных нуклеотидов молекула тРНК, как уже отмечалось, имеет форму, напоминающую лист клевера. У каждой тРНК имеется акцепторный конец, к которому присоединяется определенная аминокислота, предварительно активированная энергией АТФ. Для активации одной аминокислоты необходимо расщепить одну молекулу АТФ. В противоположной части молекулы тРНК находится специфический триплет – *антикодон*, ответственный за прикрепление по принципу комплементарности к соответствующему триплету иРНК (*кодону*). Молекула тРНК с присоединенной активированной аминокислотой благодаря антикодону комплементарно связывается с соответствующим кодоном иРНК. Таким же образом к следующему кодону иРНК прикрепляется вторая тРНК с активированной аминокислотой. Между двумя аминокислотами возникает пептидная связь, после чего первая тРНК освобождается от аминокислоты и покидает рибосому. После этого иРНК сдвигается на один триплет, в рибосому проникает следующая молекула тРНК с аминокислотой. В результате к образованному дипептиду присоединяется третья аминокислота и иРНК сдвигается еще на один триплет. Так происходит наращивание полипептидной цепочки. Процесс трансляции продолжается до тех пор, пока в рибосому не попадет один из трех *стоп-кодонов*: *УАА*, *УАГ*, *УГА*, после чего синтез белка прекращается и рибосома распадается на две субъединицы.

Каждый этап биосинтеза белка катализируется соответствующими ферментами и снабжается энергией за счет расщепления АТФ. Молекула иРНК может связываться одновременно с несколькими рибосомами. Комплекс из иРНК и рибосом (от 5-6 до нескольких десятков) называется *полисомой*. Образование полисом повышает эффективность функционирования иРНК, так как позволяет одновременно осуществлять синтез нескольких одинаковых молекул белка. Если синтез белка происходил на рибосомах, связанных с шероховатой ЭПС, то образовавшаяся полипептидная цепь сначала оказывается внутри полости эндоплазматической сети, а затем транспортируется в комплекс Гольджи. В этих органоидах происходит созревание белка – формирование вторичной, третичной и четвертичной структуры, присоединение к белковой молекуле небелковых компонентов. Если синтез белка осуществлялся на свободных рибосомах, расположенных в гиалоплазме, то синтезированная белковая молекула транспортируется в нужную часть клетки, где и приобретает соответствующую структуру. Таким образом, генетическая информация, которая содержится в ДНК, в результате процессов транскрипции и трансляции реализуется в клетке в виде молекул белков. Синтез белка обеспечивается взаимодействием всех типов РНК: рРНК является главным структурным компонентом рибосом, иРНК – носителем информации о первичной структуре белка, тРНК доставляют на рибосому аминокислоты, а также обеспечивают их правильное включение в полипептидную цепь. Биосинтез РНК (транскрипция) и биосинтез белка (трансляция) осуществляются с использованием матриц – ДНК и иРНК соответственно.

Поэтому, так же как и репликация, процессы транскрипции и трансляции являются реакциями матричного синтеза.

### **1.10.17. Структурная организация и регуляция функций живых организмов.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Структурная организация и регуляция функций живых организмов

Структурная организация живых организмов. Одноклеточные организмы. Сифоновая организация. Колониальные и многоклеточные организмы. Ткани, органы и системы органов растений и животных. Многоклеточный организм целостная интегрированная система.

Регуляция жизненных функций организмов. Понятие о саморегуляции. Регуляция процессов метаболизма. Нервная и гуморальная регуляция. Понятие об иммунной защите организма. Гуморальный и клеточный иммунитеты. Иммунологическая реакция организма.

*Саморегуляция* – это способность живых организмов поддерживать постоянство своей структуры, химического состава и интенсивности физиологических процессов.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Для организмов, населяющих нашу планету, характерны *различные формы структурной организации*:

1. *Одноклеточный организм.* У таких организмов все функции жизнедеятельности выполняет одна-единственная клетка. При размножении одноклеточный организм обычно делится надвое, и каждая дочерняя клетка представляет собой новый организм. Одноклеточными организмами являются большинство бактерий, многие протисты (инфузория туфелька, амеба, хлорелла, эвглена зеленая.).

2. *Сифоновая организация.* Тело некоторых организмов представляет собой одну гигантскую многоядерную, часто разветвленную клетку. Такая структурная организация называется сифоновой. Она характерна для некоторых грибов (мукоора) и водорослей (каулерпы).

3. *Колониальная форма.* Среди водорослей часто встречаются колониальные формы в виде собрания отдельных клеток, объединенных слизью в одно целое. Форма таких колоний, их размеры и количество слизи у разных водорослей могут существенно различаться. В отличие от многоклеточных организмов колониальные формы состоят из слабо дифференцированных и относительно самостоятельных клеток. На отдельные раздражители у таких организмов часто реагируют отдельные клетки, не вся колония в целом. В большинстве случаев клетки, искусственно извлеченные из колонии, не погибают, а приступают к активному делению, формируя новые колонии. Только у немногих колониальных водорослей наблюдается специализация клеток. У вольвокса большинство клеток колонии – вегетативные, они мелкие и не принимают участия в процессе размножения. Между ними разбросаны более крупные – генеративные – клетки, обеспечивающие размножение вольвокса.

Вольвокс представляет собой полый шар, состоящий из полужидкого студенистого вещества, в которое погружены клетки. Каждая из них имеет два жгутика. Клетки находятся у самой поверхности студенистого вещества, так что жгутики выступают наружу. Соседние клетки колонии соединены между собой цитоплазматическими мостиками, что дает им возможность координировать свои реакции. Благодаря согласованной работе жгутиков вольвокс перекатывается в воде («вольвокс» означает «катящийся»). Колониальные организмы типа вольвокса рассматриваются как переходная форма от одноклеточных организмов к многоклеточным. Колониальные формы встречаются не только среди водорослей, но и в других группах живых организмов.

4. *Многоклеточный организм.* Тело многоклеточных организмов состоит из большого количества клеток. Клетки многоклеточного организма имеют одинаковый набор хромосом и генов, но при этом различаются по форме, размеру, расположению в организме, функциям.

Различные типы клеток образуются путем клеточной дифференцировки – приобретения клетками индивидуальных специфических различий в ходе развития. С повышением уровня сложности организма число различных типов клеток в нем увеличивается. Благодаря специализации клеток возрастают функциональные способности организмов. Многоклеточными являются многие водоросли и грибы, а также все растения и животные.

Дифференцировка клеток приводит к формированию у растений и животных (кроме губок и кишечнополостных) тканей и органов. Ткань – это система межклеточного вещества и клеток, сходных по строению, происхождению и выполняющих одинаковые функции. Различают простые ткани, состоящие из клеток одного типа, и сложные, состоящие из нескольких типов клеток. Эпидермис у растений состоит из собственно покровных клеток, также замыкающих и побочных клеток, образующих устьичные аппараты. Из тканей формируются органы. В состав органа входит несколько типов тканей, связанных структурно и функционально, но обычно один из них преобладает. Сердце образовано в основном мышечной, головной мозг – нервной тканью. В состав листовой пластинки растения входят покровная ткань (эпидермис), основная ткань (хлорофиллоносная паренхима), проводящие ткани (ксилема и флоэма).

Органы, выполняющие общие функции, образуют системы органов. Ткани, органы и системы органов растений и животных. У растений выделяют образовательные, покровные, механические, проводящие и основные ткани.

Клетки *образовательных тканей (меристем)* в течение длительного времени сохраняют способность к делению. Благодаря этому они принимают участие в образовании всех остальных типов тканей и обеспечивают рост растения. Верхушечные меристемы находятся на кончиках побегов и корней, а боковые (камбий и перицикл) – внутри этих органов.

*Покровные ткани* расположены на границе с внешней средой, на поверхности корней, стеблей, листьев и других органов. Они защищают

внутренние структуры растения от повреждений, действия низких и высоких температур, излишнего испарения и иссушения, проникновения болезнетворных организмов. Кроме того, покровные ткани регулируют газообмен и испарение воды. К покровным тканям относятся *эпидермис, перидерма и корка*.

*Механические ткани (колленхима и склеренхима)* выполняют опорную и защитную функции, придавая прочность органам и образуя «внутренний скелет» растения.

*Проводящие ткани* обеспечивают в организме растения передвижение воды и растворенных в ней веществ. Ксилема доставляет воду с растворенными минеральными веществами от корней ко всем органам растения. Флоэма осуществляет транспорт растворов органических веществ. *Ксилема и флоэма* обычно расположены рядом, образуя слои или проводящие пучки. В листьях их можно легко заметить в виде жилок.

*Основные ткани, или паренхима*, составляют основную часть тела растения. В зависимости от расположения в организме растения и особенностей среды его обитания основные ткани способны выполнять различные функции – осуществлять фотосинтез, запасать питательные вещества, воду или воздух. В связи с этим различают хлорофиллоносную, запасующую, водоносную и воздухоносную паренхиму.

У растений выделяют вегетативные и генеративные органы. *Вегетативными органами* являются *корень и побег (стебель с листьями и почками)*. Генеративные органы подразделяются на органы бесполого и полового размножения. Органы бесполого размножения растений называются *спорангиями*. Они располагаются поодиночке или объединяются в сложные структуры (сорусы у папоротников, спороносные колоски у хвощей и плаунов). Органы полового размножения обеспечивают образование гамет. Мужские (*антеридии*) и женские (*архегонии*) органы полового размножения развиваются у мхов, хвощей, плаунов и папоротников. Для голосеменных растений характерны только архегонии, развивающиеся внутри семязачатка. Антеридии у них не формируются, и мужские половые клетки – спермии – образуются из генеративной клетки пыльцевого зерна. У цветковых растений отсутствуют как антеридии, так и архегонии. Генеративным органом у них является цветок, в котором происходит образование спор и гамет, оплодотворение, формирование плодов и семян.

У животных также выделяют несколько типов тканей:

*Эпителиальные ткани* покрывают организм снаружи, выстилают полости тела и стенки полых органов, входят в состав большинства желез. Эпителиальная ткань состоит из клеток, плотно прилегающих друг к другу, межклеточное вещество не развито. Главные функции эпителиальных тканей – защитная и секреторная.

*Ткани внутренней среды* характеризуются хорошо развитым межклеточным веществом, в котором поодиночке или группами располагаются клетки. Межклеточное вещество содержит большое количество волокон. Ткани

внутренней среды – самая разнообразная по строению и функциям группа тканей животных. Сюда относятся *костная, хрящевая и жировая ткани, собственно соединительные ткани (плотная и рыхлая волокнистые), кровь, лимфа*. Основные функции тканей внутренней среды – опорная, защитная, трофическая.

*Мышечные ткани* характеризуются наличием сократительных элементов – миофибрилл, расположенных в цитоплазме клеток и обеспечивающих сократимость. Мышечные ткани выполняют двигательную функцию.

*Нервная ткань* состоит из нервных клеток (нейронов) и клеток глии. Нейроны способны возбуждаться в ответ на действие различных факторов, генерировать и проводить нервные импульсы. Глиальные клетки обеспечивают питание и защиту нейронов, формирование их оболочек.

Ткани животных участвуют в формировании органов, которые, в свою очередь, объединяются в системы органов. В организме позвоночных животных и человека различают следующие *системы органов: костную, мышечную, пищеварительную, дыхательную, мочевыделительную, половую, кровеносную, лимфатическую, иммунную, эндокринную и нервную*.

У животных имеются различные *сенсорные системы (зрительная, слуховая, обонятельная, вкусовая, вестибулярная)*, с помощью которых организм воспринимает и анализирует разнообразные раздражители внешней и внутренней среды. Многоклеточный организм – целостная интегрированная система. Любому живому организму свойственно получение из окружающей среды строительного и энергетического материала, обмен веществ и превращение энергии, рост, развитие, способность к размножению и т. п. У многоклеточных организмов разнообразные процессы жизнедеятельности (питание, дыхание, выделение и др.) реализуются благодаря взаимодействию определенных тканей и органов. При этом все процессы жизнедеятельности проходят под контролем регуляторных систем. Благодаря этому сложный многоклеточный организм функционирует как единое целое. У животных к регуляторным системам относятся нервная и эндокринная. Они обеспечивают согласованную работу клеток, тканей, органов и их систем, обуславливают целостные реакции организма на изменения условий внешней и внутренней среды, направленные на поддержание гомеостаза. У растений жизненные функции регулируются с помощью различных биологически активных веществ (фитогормонов). В многоклеточном организме все клетки, ткани, органы и системы органов взаимодействуют друг с другом, слаженно функционируют, благодаря чему организм представляет собой целостную биологическую систему.

*Саморегуляция* – это способность живых организмов поддерживать постоянство своей структуры, химического состава и интенсивности физиологических процессов. Сигналом для включения того или иного механизма саморегуляции может быть изменение концентрации какого-либо вещества или состояния какой-либо системы, проникновение во внутреннюю среду организма чужеродного вещества. Хлоропласты под влиянием света

способны к передвижению в клетках с током гиалоплазмы. В яркий солнечный день хлоропласты располагаются вдоль клеточной оболочки, как бы стараясь избежать действия сильного света. А в пасмурные или облачные дни они равномерно распределяются по всей цитоплазме клетки, чтобы поглощать больше солнечного света. Переход хлоропластов из одного положения в другое под влиянием света совершается благодаря механизмам клеточной регуляции.

*Регуляция функций у растений.* Процессы жизнедеятельности растительного организма регулируются с помощью биологически активных веществ. Ведущая роль в регуляции процессов деления, роста и дифференцировки клеток растений принадлежит фитогормонам. Даже в незначительных количествах они могут ускорять или замедлять различные жизненные функции растений: формирование корней, развитие почек, рост побегов, цветение, созревание плодов, опадание листьев, прорастание семян и др. *Фитогормоны* образуются определенными клетками и транспортируются к месту действия по проводящим тканям или непосредственно от одной клетки к другой.

Растения, как и другие живые организмы, способны воспринимать изменения в окружающей среде и определенным образом реагировать на них. В результате действия некоторых раздражителей может наблюдаться появление изгибов побегов и корней, изменение положения листьев и других органов. Такие реакции получили название тропизмов и настий. *Тропизмы* (от греч. тропос – поворот, изменение направления) – это ростовые движения органов растений в ответ на раздражитель, имеющий определенную направленность. Эти движения могут осуществляться как к раздражителю, так и в противоположную сторону. Они являются результатом неравномерного деления клеток на разных сторонах органов в ответ на действие фитогормонов. *Настии* (от греч. настос – уплотненный) – это движения органов растений в ответ на действие раздражителя, не имеющего определенного направления (например, изменение освещенности, температуры). Примером настий может служить раскрытие и закрытие венчиков цветков в зависимости от освещенности, складывание листьев при изменении температуры. Настии могут быть обусловлены растяжением органов вследствие их неравномерного роста или изменением тургорного давления в определенных группах клеток.

*Регуляция жизненных функций организма животных:*

Жизненные функции организма животного в целом, также его отдельных органов и систем, согласованность их деятельности, поддержание определенного физиологического состояния и гомеостаза регулируются нервной и эндокринной системами.

*Нервная система* регулирует жизненные функции организма с помощью нервных импульсов, имеющих электрическую природу. Нервные импульсы передаются от рецепторов к определенным центрам нервной системы, где осуществляется их анализ и формирование соответствующих «команд» рабочим органам. Импульсы из нервных центров направляются к рабочим органам, изменяя их деятельность. Нервная система быстро воспринимает

изменения, происходящие во внешней и внутренней среде организма, и быстро на них реагирует. Вспомним, что ответные реакции организма на раздражители внешней или внутренней среды, происходящие при участии нервной системы, называют рефлексам (от лат. рефлексус – отраженный). Следовательно, для нервной системы характерен рефлекторный принцип работы. В основе сложной работы нервных центров лежат процессы возникновения нервного возбуждения и его торможения. Именно на этих процессах основывается нервная деятельность человека и животных, обеспечивающая адаптацию организма к изменениям в окружающей среде.

*Гуморальная регуляция* (от лат. гумор – жидкость) – один из механизмов координации процессов жизнедеятельности в организме, осуществляемый через жидкие среды организма (кровь, лимфу, тканевую жидкость) с помощью биологически активных веществ, выделяемых клетками, тканями и органами. Ведущая роль в гуморальной регуляции процессов жизнедеятельности принадлежит эндокринной системе. Эндокринные железы животных и человека (железы внутренней секреции) вырабатывают гормоны, которые с током крови, лимфы или полостной жидкости распространяются по организму и оказывают воздействие на соответствующие органы-мишени. Способностью секретировать гормоны также обладают железы смешанной секреции и некоторые другие органы животных. Эндокринные железы в большинстве случаев не связаны пространственно, их работа согласовывается благодаря нервной регуляции или с помощью гормонов. При этом гормоны, вырабатываемые одними железами, влияют на работу других желез. Гормоны влияют на деятельность нервной системы. Гуморальная регуляция может осуществляться и с помощью других биологически активных веществ. Изменение концентрации углекислого газа в крови влияет на деятельность дыхательного центра головного мозга наземных позвоночных, изменение концентрации ионов кальция и калия – на работу сердца.

Гуморальная регуляция подчинена нервной, в то же время оба механизма регуляции (нервный и гуморальный) работают согласованно, в тесном взаимодействии. Вместе они составляют единую систему нейрогуморальной регуляции, обеспечивающую поддержание гомеостаза в организме. У человека после приема пищи происходит повышение концентрации глюкозы в крови, что вызывает возбуждение соответствующих рецепторов, передающих импульсы в центральную нервную систему. Нервная система стимулирует секрецию гормона инсулина клетками поджелудочной железы. Инсулин, в свою очередь, стимулирует поступление глюкозы в клетки организма, а также способствует ее превращению в запасной углевод – гликоген. Благодаря этому содержание глюкозы в крови снижается до нормального уровня. И наоборот, при физической нагрузке глюкоза активно потребляется клетками в качестве источника энергии, поэтому ее содержание в крови уменьшается. Нервная система посылает импульсы в мозговое вещество надпочечников. Эти железы выделяют в кровь гормон адреналин. Под действием адреналина происходит расщепление гликогена до глюкозы, и ее концентрация в крови увеличивается.

В результате совместного действия нервных и гуморальных механизмов регуляции поддерживается относительно постоянный уровень глюкозы в крови.

Живые организмы могут существовать только при условии постоянства их внутренней среды. В то же время вокруг существует множество «врагов», которые постоянно стремятся проникнуть внутрь организма и нарушить его целостность. В их числе – болезнетворные агенты (вирусы, бактерии, протисты, микроскопические грибы), также более крупные паразиты (гельминты). Кроме того, организм должен защищаться от агрессивного проникновения во внутреннюю среду через барьерные ткани (кожу, слизистые оболочки желудочно-кишечного тракта, дыхательной и выделительной систем) различных чужеродных веществ из окружающей среды. Порой даже собственные клетки могут представлять угрозу для организма, например клетки, зараженные вирусами, злокачественные (раковые) и поврежденные клетки. Существование и жизнедеятельность организма как целостной системы обеспечивает иммунитет.

*Иммунитет* (от лат. иммунитетас – невосприимчивость) – это способность организма противостоять вмешательству чужеродных веществ и инфекционных агентов (антигенов), также сохранять постоянство внутренней среды и свою биологическую индивидуальность. Все эти механизмы можно разделить на две группы: *неспецифический (врожденный)* и *специфический (приобретенный) иммунитет*. Неспецифический иммунитет обеспечивается функционированием естественных механических барьеров, препятствующих проникновению антигенов в организм (кожи, слизистых оболочек), некоторых клеток (фагоцитов) и рядом физиологических факторов. К врожденному иммунитету относятся такие защитные реакции, как чиханье, кашель, рвота, понос, повышение температуры тела. Неспецифическую защиту организма обеспечивают и некоторые вещества, связывающие или повреждающие микроорганизмы (лизоцим, белки системы комплемента) или обеспечивающие противовирусную защиту (интерфероны). Специфические механизмы иммунитета обеспечиваются иммунной системой, которая распознает и обезвреживает антигены. Общая (неспецифическая) защита организма. Рассмотрим более подробно некоторые механизмы врожденного иммунитета.

*Кожные покровы*: Внешний слой кожи – эпидермис – представлен многослойным плоским эпителием. Живые клетки росткового слоя эпидермиса интенсивно делятся и продвигаются к поверхностным слоям, где ороговевают, отмирают и слущиваются. Вместе со слущивающимися ороговевшими клетками с поверхности эпидермиса механически удаляются попавшие на него микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности. Потовая жидкость, вырабатываемая потовыми железами дермы и выделяемая на поверхность эпидермиса, помимо терморегулирующей функции, выполняет и защитную. Благодаря наличию в ее составе низкомолекулярных органических кислот рН потовой жидкости составляет 5,5. Такая кислая среда создает неблагоприятные условия для расселения на коже бактерий и грибков. В секрете сальных желез дермы также содержатся неблагоприятно действующие на микроорганизмы

органические вещества. Кроме того, жировой секрет защищает кожу от иссушения и растрескивания. На поверхности кожи постоянно обитают представители нормальной кожной микрофлоры, которые могут выступать в качестве антагонистов болезнетворных микроорганизмов, препятствуя их внедрению и размножению. Благодаря совместному действию ряда защитных механизмов здоровая кожа представляет собой серьезную преграду для проникновения патогенных микроорганизмов. Участки кожи, поврежденные в результате травм или ожогов, нередко становятся входными воротами для инфекции. Слизистые оболочки пищеварительного тракта, дыхательных путей и других органов также препятствуют проникновению болезнетворных микроорганизмов. Барьерная и защитная функции слизистых оболочек обусловлены выделением секретов, содержащих слизь и ряд биологически активных веществ, а также высокой способностью клеток к регенерации. В состав секретов большинства слизистых оболочек входит бактерицидный белок лизоцим. Он содержится в слюне, слезной жидкости, выделениях слизистых оболочек кишечника, мочевыводящих путей, органов половой системы позвоночных, а также в плазме крови, тканевой жидкости и др. Лизоцим вызывает гибель бактерий, однако он не активен в отношении вирусов. Бактерицидными свойствами обладают соляная кислота и пищеварительные ферменты, выделяемые клетками слизистой оболочки желудка, а также компоненты желчи, поступающие в просвет тонкого кишечника. Неповрежденная кожа и слизистые оболочки, как правило, надежно защищают организм от проникновения чужеродных агентов. Однако иногда им удается попасть во внутреннюю среду организма. В этом случае на помощь приходит фагоцитоз. Это защитный механизм, осуществляемый путем захвата и переваривания чужеродных частиц специальными клетками – фагоцитами (от греч. фагос – пожиратель, китос – клетка). При фагоцитозе происходит связывание и поглощение фагоцитом чужеродного агента, например бактерии. К фагоцитам относятся зернистые лейкоциты и тканевые макрофаги. Они способны поглощать и переваривать микроорганизмы и другие чужеродные объекты, а также мертвые, поврежденные и патогенные клетки собственного организма. Защитная функция фагоцитов впервые была открыта русским ученым И. И. Мечниковым.

*Интерфероны* – это белки, обладающие противовирусными и противоопухолевыми свойствами. Они вырабатываются лейкоцитами и другими типами клеток. Интерфероны влияют на процессы синтеза белков и нуклеиновых кислот, вызывая в клетках такие изменения, которые препятствуют размножению и распространению вирусов. Они не спасают клетки, уже пораженные вирусом, но предохраняют от заражения соседние клетки. Кроме того, интерфероны подавляют размножение внутриклеточных бактерий и способны препятствовать развитию злокачественных опухолей. В состав системы комплемента входит около 20 особых белков, постоянно присутствующих в крови. Некоторые из них могут прикрепляться к мембране бактериальных и других чужеродных клеток. Затем к этим белкам в

определенном порядке присоединяются другие белки системы комплемента. В результате образуется комплекс, перфорирующий (продырявливающий) мембрану, что часто приводит к разрушению чужеродной клетки. Кроме того, клетки, «помеченные» системой комплемента, активно уничтожаются фагоцитами. В ответ на повреждение клеток и тканей организма (в результате травмы) или на действие патогенного раздражителя развивается местная реакция окружающих тканей, которая проявляется в покраснении, отеке, болезненности и часто – в повышении температуры. Такой процесс называется воспалением.

*Воспаление* – защитная реакция организма, которая помогает справиться с инфекцией и восстановить нормальную работу поврежденных тканей. Воспаление представляет собой целый комплекс событий. Например, в результате травмы под кожу попало определенное количество бактерий. Что при этом происходит? Поврежденные клетки и лейкоциты, находящиеся в травмированном участке тела, выделяют специальные вещества — гистамин и серотонин. Под действием этих веществ расширяются кровеносные сосуды, что усиливает приток крови к поврежденному участку и, как следствие, приводит к покраснению и повышению температуры. Возрастает также проницаемость стенок капилляров, в результате чего усиливается выход плазмы крови в межклеточное пространство. Это вызывает набухание поврежденного участка ткани – развивается отек. Через стенки капилляров в очаг воспаления активно проникают фагоцитирующие клетки, которые поглощают чужеродные вещества, микроорганизмы, омертвевшие клетки собственных тканей организма и переваривают их. Нередко фагоциты сами погибают, защищая организм. Гной, образующийся в очаге воспаления, представляет собой совокупность мертвых клеток организма (в том числе погибших лейкоцитов), микроорганизмов и различных биологически активных веществ. Все рассмотренные защитные механизмы являются врожденными и лежат в основе неспецифического иммунитета. Название «неспецифический» обусловлено тем, что данная форма иммунитета обеспечивает стандартные, однотипные реакции на антигены без их специфического распознавания. Иными словами, неспецифический иммунитет работает по принципу «свой или чужой», препятствуя проникновению в организм любых чужеродных объектов либо уничтожая их.

*Понятие о специфической иммунной защите:* Если неспецифическим механизмам защиты не удастся обезвредить возбудителя болезни или чужеродное вещество, то в действие включается специфическая защита – иммунный ответ организма. Его отличительной особенностью является распознавание чужеродного объекта – антигена – и выработка факторов защиты, направленных специально против него. Иммунный ответ организма осуществляется благодаря функционированию и взаимодействию особых групп лейкоцитов. Различают зернистые и незернистые лейкоциты, к незернистым относятся моноциты и лимфоциты. Именно лимфоциты играют главную роль в осуществлении специфической защиты организма. Их принято делить на две

группы – Т-лимфоциты и В-лимфоциты. Через некоторое время после проникновения в организм антигена среди Т- и В-лимфоцитов появляются особые клетки, предназначенные для защиты от данного чужеродного агента, – формируется специфический (приобретенный) иммунитет. Образование и созревание лимфоцитов происходит в органах иммунной системы.

Различают центральные и периферические органы иммунной системы. К центральным относятся красный костный мозг и тимус. Красный костный мозг содержит стволовые клетки, из которых образуются все форменные элементы крови, в том числе и лимфоциты. Образовавшиеся лимфоциты перемещаются в тимус или в периферические органы иммунной системы, где происходит их дифференцировка (созревание). Тимус (вилочковая железа) – один из самых загадочных и малоизученных органов нашего тела. Вилочковая железа расположена в верхней части грудной клетки, за грудиной. Тимус максимально развит в раннем детском возрасте, а у подростков начинается его инволюция, т. е. обратное развитие органа. В тимусе созревают Т-лимфоциты. Зрелые Т-лимфоциты обеспечивают распознавание и уничтожение антигенов, а также регулируют работу некоторых других клеток иммунной системы. К периферическим органам иммунной системы относятся селезенка, лимфатические узлы, миндалины, а также скопления лимфоидной ткани в стенках кишечника и других органов. Здесь происходит созревание В-лимфоцитов, главной функцией которых является выработка антител (иммуноглобулинов).

*Иммунный ответ:* Попадая в организм, возбудитель размножается и привлекает к себе внимание клеток иммунной системы. Иммунокомпетентные клетки отличаются тем, что умеют распознавать различные типы антигенов и использовать наиболее эффективные методы защиты против каждого. Допустим, в организме происходит размножение болезнетворных бактерий. Их обнаруживают крупные фагоциты – макрофаги (от греч. макрос – большой, фагос – пожиратель). Макрофаги не просто поглощают и переваривают чужеродные объекты. Они особым образом расщепляют их, а затем размещают антигенные фрагменты на собственной мембране и представляют для распознавания Т-лимфоцитам. Т-лимфоциты неоднородны, в зависимости от выполняемых функций выделяют три основных класса: Т-хелперы (в переводе с английского – помощники), Т-киллеры (убийцы) и Т-супрессоры (подавители). Макрофаг встречается с Т-хелперами и «демонстрирует» им антигены. Т-хелперы способны не только распознавать антигены, но и определять, встречался ли с ними организм раньше. Распознав определенный антиген, Т-хелперы начинают стимулировать В-лимфоциты к выработке соответствующих антител – «оружия» против данного антигена. Весь процесс, приводящий к иммунному ответу организма, обычно развивается 7-14 дней. Именно через этот срок плазматические (активированные В-лимфоциты) начинают интенсивно выделять антитела, которые поступают в кровь, лимфу, тканевую жидкость и распространяются по организму. Антитела (иммуноглобулины) это специфические белки, способные связываться с определенным антигеном.

Различные антитела выполняют разные функции: способствуют уничтожению определенных микроорганизмов или подавляют их жизнедеятельность, обезвреживают чужеродные клетки, нейтрализуют токсичные вещества. Поскольку антитела выделяются в жидкие среды организма, транспортируются ими и сам процесс связывания антител с антигенами также происходит в жидкой среде, данную форму защиты относят к гуморальным (от лат. гумор – жидкость) механизмам иммунитета.

Антитела вырабатываются именно против того антигена, который попал в организм. Они по-разному действуют на «врагов»: одни склеивают антигены (агглютинины), другие осаждают (преципитины), третьи активируют систему комплемента и тем самым приводят чужеродные клетки к разрушению (лизисы). А такие антитела, как опсонины, играют «рекламную» роль – они прикрепляются к чужеродным клеткам, делая их более привлекательными для поглощения фагоцитами. В любом случае антигены обезвреживаются.

Проследим всю цепочку взаимодействий, которая приводит к иммунному ответу: антигены I макрофаги I Т-хелперы I В-лимфоциты I антитела I обезвреживание антигенов. Однако не все чужеродные агенты можно распознать и уничтожить с помощью фагоцитоза и антител. Такие способы годятся, например, для борьбы с бактериями, однако они неэффективны в отношении вирусов. Дело в том, что вирусы проникают в клетки организма, где и протекает их цикл развития. Антитела и фагоциты не могут обезвредить вирусы, «спрятавшиеся» внутри клеток. Чтобы справиться с вирусами, зачастую приходится уничтожать собственные клетки, зараженные ими. Эту функцию успешно выполняют Т-киллеры. Они специфически распознают и уничтожают клетки, зараженные вирусами. Т-киллеры эффективно разрушают и другие «дефектные» клетки, например опухолевые. При этом происходит непосредственный контакт иммунокомпетентной клетки (Т-киллера) с антигеном, поэтому функционирование Т-киллеров относят к клеточным механизмам иммунитета. В течение определенного времени иммунный ответ развивается, набирая силу. И вот «враг» уже отступает. Организм не должен тратить силы зря – иммунную реакцию нужно остановить. Это осуществляется с помощью Т-супрессоров. Если бы Т-супрессоров не было, иммунная реакция постоянно нарастала бы и становилась неуправляемой. Некоторые клетки, обеспечивающие специфическую защиту организма, способны не только распознавать, но и «запоминать» конкретные антигены. Это клетки иммунной памяти, которые могут существовать 20 и более лет, а иногда в течение всей жизни организма. Благодаря им при повторной встрече с антигеном иммунный ответ развивается быстрее, во многих случаях еще до того, как чужеродный объект успеет причинить вред организму. Такой иммунный ответ называется вторичным.

Активация приобретенного иммунитета сопровождается повышением температуры и общей слабостью, т. к. организм направляет основные силы на борьбу с антигенами. Повышенная температура тела губительно действует на возбудителей многих заболеваний, стимулирует процессы обмена веществ и

повышает активность клеток иммунной системы. Поэтому нежелательно сбивать температуру, если во время болезни она ниже 38 С. Врожденный (неспецифический) и приобретенный (специфический) иммунитет тесно связаны, однако постоянно активен только врожденный иммунитет. Благодаря ему организм быстро реагирует на любое чужеродное вмешательство. Специфический иммунный ответ – это второй этап защитной реакции организма, он развивается сравнительно медленнее.

*Аллергия:* Иногда иммунная система может давать сбои. У некоторых людей наблюдается повышенная чувствительность к определенным веществам. Обычно эти вещества не представляют угрозы для организма, но в случае их проникновения развивается мощный, неадекватный иммунный ответ. Такая реакция организма называется аллергией, вызывающие ее вещества – аллергенами.

Аллергенами могут быть компоненты домашней пыли, шерсть животных, пыльца растений, пищевые продукты (цитрусовые, орехи, мед, шоколад, яйца, рыба и др.), а также лекарственные препараты, вещества, входящие в состав средств бытовой химии, косметики, парфюмерии. Аллергия нередко сопровождается насморком, слезотечением, сильным кашлем, расстройством пищеварения, различными кожными высыпаниями. В некоторых случаях аллергическая реакция может представлять опасность для организма и даже приводить к смерти.

#### **1.10.18. Размножение и индивидуальное развитие организмов.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Размножение и индивидуальное развитие организмов

Размножение организмов. Понятие размножения. Типы размножения организмов. Бесполое размножение и его формы (деление, спорообразование, почкование, фрагментация, вегетативное размножение).

Половое размножение. Понятие полового процесса. Типы онтогенеза. Строение половых клеток. Образование половых клеток у млекопитающих (сперматогенез и овогенез). Осеменение и оплодотворение. Особенности оплодотворения у растений.

Партеногенез - особая форма полового размножения.

*Размножение* – это свойство живых организмов воспроизводить себе подобных.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Размножение* – это свойство живых организмов воспроизводить себе подобных. При размножении происходит передача наследственной информации от родительских форм потомству, что обеспечивает воспроизведение признаков не только данного вида, но и конкретных родительских особей. Размножение поддерживает длительное существование вида, сохраняя при этом преемственность между родителями и их потомством в ряду многих поколений.

Различают два типа размножения: бесполое и половое.

*Бесполое размножение* – это размножение организмов без участия половых клеток. В бесполом размножении участвует только одна родительская особь, что в большинстве случаев ведет к появлению однообразного потомства, унаследовавшего все признаки родителя.

Существует несколько *способов бесполого размножения*: *деление клетки, почкование, фрагментация, вегетативное размножение, спорообразование.*

Бактерии и многие одноклеточные протисты (амебы, эвглены, инфузории и др.) размножаются *делением клетки*. Образовавшиеся дочерние клетки растут, достигая величины материнского организма, и снова делятся.

При *почковании* новый организм образуется на теле родительской особи в виде небольшого выроста – почки, которая растет, а затем отделяется, превращаясь в самостоятельный организм. Почкование характерно для губок, кишечнополостных, некоторых червей. Если при этом дочерние особи не отделяются от материнской (у кораллов), то формируется колония.

Многие грибы могут размножаться фрагментами (участками) гиф, а лишайники и многоклеточные водоросли – фрагментами слоевищ. Такой способ размножения называется *фрагментацией*. Размножение организмов путем фрагментации основано на регенерации – способности восстанавливать утраченные или поврежденные части тела. Фрагментация также наблюдается у губок, кишечнополостных, плоских и некоторых кольчатых червей.

*Вегетативное размножение* – это образование новых особей из вегетативных органов. Вегетативное размножение, как и фрагментация, основано на явлении регенерации. Этот способ размножения широко распространен в растительном мире, но наибольшего разнообразия достигает у цветковых растений. В природе при вегетативном размножении новые особи могут формироваться из корней, на которых образуются придаточные почки (*корневая поросль* вишни, шиповника, сирени), из побегов (*стеблевые отводки* смородины, крыжовника) или их частей (из *черенков* ивы ломкой, листьев каланхоэ). При этом на фрагменте побега обязательно должна присутствовать верхушечная или боковая почка либо под влиянием внешних условий (травмы) должны сформироваться придаточные почки. Вегетативное размножение может осуществляться также при помощи *видоизмененных побегов*: *клубней* (картофель, топинамбур), *луковиц* (лук, чеснок, тюльпан, нарцисс), *корневищ* (пырей, ландыш, крапива), *усов* (земляника, лютик ползучий). У некоторых растений (осины, ивы, сливы, вишни, малины и др.) вегетативное размножение может даже преобладать над половым. Активно размножающегося вегетативно, является элодея канадская – двудомное растение, обитающее в пресных водоемах.

В практике растениеводства широко используется *искусственное вегетативное размножение* растений. Многие культурные растения можно размножать *стеблевыми* (смородина, виноград), *листовыми* (узамбарская фиалка, бегония) *черенками, отводками* (крыжовник). В садоводстве распространено вегетативное размножение с помощью *прививки*. Этот способ позволяет быстро размножить ценные растения и обеспечивает их ускоренное

развитие при полном сохранении сортовых качеств. Прививаемое культурное растение (*привой*) может получить такие ценные свойства *подвоя* (растения, на которое делают прививку), как морозоустойчивость, устойчивость к болезням, нетребовательность к плодородию почвы.

Бесполое размножение делением клетки, почкованием, фрагментацией и вегетативными органами осуществляется за счет соматических клеток. Наряду с этим для многих протистов, грибов и растений характерно *спорообразование*, при котором формируются специализированные клетки – *споры*. Они состоят из ядра и цитоплазмы с минимальным количеством питательных веществ. Споры образуются путем митоза или мейоза в обычных соматических клетках материнского организма или в специализированных органах – *спорангиях*. В благоприятных условиях споры прорастают и дают начало новому организму. Главное достоинство такого способа размножения – возможность образования большого числа потомков и быстрого расселения. При любой форме бесполого размножения происходит увеличение численности особей данного вида. Достоинство бесполого размножения заключается в его простоте и эффективности – нет необходимости в поиске партнера, потомство может оставить практически любая особь.

*Половое размножение* – способ размножения, при котором новая особь обычно развивается из зиготы, образующейся в результате слияния двух половых клеток. Половое размножение характеризуется наличием полового процесса, в ходе которого происходит сближение половых клеток (*гамет*) и последующее их слияние (оплодотворение). Гаметы у большинства организмов образуются с рекомбинированными родительскими хромосомами. При слиянии гамет образуется диплоидная зигота, из которой развивается организм, унаследовавший уникальную комбинацию генов и признаков обоих родителей. Половое размножение (в отличие от бесполого) приводит к появлению разнообразного потомства. Это повышает возможность организмов приспосабливаться к меняющимся условиям среды, что имеет первостепенное значение в эволюции живой природы. Различают два типа полового процесса – конъюгацию и копуляцию.

При *конъюгации* происходит слияние содержимого двух неспециализированных клеток (у некоторых водорослей и грибов) или обмен генетическим материалом между особями (у некоторых бактерий и инфузорий). Причем во втором случае не происходит увеличения количества особей. Однако за счет обмена и рекомбинации генетического материала обеспечивается повышение наследственной изменчивости организмов.

*Копуляция (гаметогамия)* – слияние половых клеток с образованием зиготы. При этом гаплоидные ядра гамет образуют диплоидное ядро зиготы.

У большинства видов живых организмов формируется *два типа половых клеток*, отличающихся по строению и физиологическим свойствам – мужские (подвижные сперматозоиды или неподвижные спермии) и женские (яйцеклетки). *Сперматозоиды* человека и многих животных имеют головку, шейку, среднюю часть и длинный жгутик (хвост), служащий для активного

передвижения. Головка содержит гаплоидное ядро и незначительное количество цитоплазмы. На переднем конце головки расположена *акросома*, представляющая собой видоизмененный аппарат Гольджи. В акросоме содержатся ферменты, растворяющие оболочки яйцеклетки при оплодотворении. В шейке располагаются две центриоли, в средней части – митохондрии, которые генерируют энергию, необходимую для движения жгутика. В хвосте находится подвижная осевая нить жгутика, построенная из микротрубочек. Сперматозоиды могут длительное время сохранять свою жизнеспособность вне организма при замораживании.

*Яйцеклетки* чаще всего неподвижны и имеют сферическую форму. Яйцеклетка содержит ядро и цитоплазму с набором различных органоидов и запасом питательных веществ для развития зародыша. Поэтому яйцеклетки намного крупнее сперматозоидов и соматических клеток. Очень крупные размеры имеют яйцеклетки животных, эмбриональное развитие которых происходит вне тела матери, – птиц, рептилий, амфибий, рыб. Яйцеклетки покрыты оболочками. По происхождению оболочки делят на первичные, вторичные и третичные. *Первичная оболочка* яйцеклетки является производной цитоплазмы и называется *желточной*. Она характерна для яйцеклеток всех животных. *Вторичные оболочки* образуются за счет деятельности клеток, питающих яйцеклетку. Они характерны для членистоногих (*хитиновая оболочка*). *Третичные оболочки* возникают в результате деятельности желез половых путей. К третичным относятся *скорлуповая, подскорлуповая* и *белковая* оболочки яиц птиц и пресмыкающихся, студенистая оболочка яйцеклеток земноводных. Оболочки яйцеклеток выполняют защитные функции и обеспечивают обмен веществ с окружающей средой.

*Гаметогенез* – это процесс образования и развития гамет. У растений, некоторых водорослей и грибов формирование гамет происходит в специальных органах. У споровых растений женские гаметы образуются в архегониях, мужские – в антеридиях. У большинства животных гаметогенез протекает в половых железах. В природе существует немало видов, у которых один и тот же организм может образовывать как мужские, так и женские половые клетки – *гермафродитами*. Гермафродитизм распространен среди беспозвоночных животных (кишечнополостных, плоских и кольчатых червей, моллюсков) и у растений. Гермафродитизм развивался как приспособление к сидячему, малоподвижному или паразитическому образу жизни. Одним из его преимуществ является возможность самооплодотворения при наличии только одной особи. Однако у большинства гермафродитных видов происходит перекрестное оплодотворение между разными особями, поскольку имеются механизмы, препятствующие самооплодотворению. Перекрестное оплодотворение у морских ракообразных и некоторых моллюсков обеспечивается одновременным созреванием мужских и женских гамет. У ресничных и дождевых червей половой аппарат устроен таким образом, что поступление сперматозоидов в женские органы той же особи становится невозможным.

Процесс формирования мужских половых клеток называется *сперматогенезом*, женских – *оогенезом*.

*Сперматогенез* происходит в мужских половых железах – семенниках. Этот процесс подразделяют на четыре периода:

1. В период размножения диплоидные предшественники мужских гамет – сперматогонии – многократно делятся митозом, что ведет к значительному увеличению их количества. У самцов млекопитающих (в том числе и у человека) этот процесс начинается с периода полового созревания и протекает до глубокой старости.

2. В период роста деление сперматогониев прекращается, и они начинают расти (при этом размеры увеличиваются незначительно) – образуются сперматоциты первого порядка.

3. В период созревания сперматоциты первого порядка делятся мейозом. После первого деления мейоза из каждого сперматоцита первого порядка образуются два гаплоидных сперматоцита второго порядка, после второго – четыре гаплоидные сперматиды.

4. В период формирования сперматиды преобразуются в сперматозоиды, при этом меняется форма клетки, образуются жгутик, акросома. Продолжительность сперматогенеза у человека составляет около 75 суток. В семенниках (яичках) формируется огромное количество сперматозоидов.

*Оогенез* протекает в женских половых железах – яичниках – и начинается еще до рождения. В процессе формирования яйцеклеток выделяют три периода:

1. В период размножения диплоидные предшественники яйцеклеток – оогонии – многократно делятся митотически. У млекопитающих этот процесс происходит в эмбриональном периоде (до рождения). Количество оогониев в яичниках значительно возрастает, а затем они сохраняются без изменения до наступления половой зрелости.

2. С наступлением половой зрелости отдельные оогонии периодически вступают в период роста, который может продолжаться несколько месяцев. За это время их объем значительно увеличивается за счет поступления веществ из окружающих фолликулярных клеток и крови. Так образуются ооциты первого порядка.

3. Периодически ооциты первого порядка вступают в мейоз. Это – период созревания. В процессе мейоза образуются разные по величине дочерние клетки. После первого мейотического деления образуется крупная гаплоидная клетка – ооцит второго порядка – и маленькая, первичное полярное тельце. Происходит овуляция – ооцит второго порядка выходит из яичника в брюшную полость. Затем он попадает в маточную трубу, где совершает второе мейотическое деление, образуя крупную яйцеклетку и мелкое вторичное полярное тельце.

Первичное полярное тельце тоже делится надвое. Все полярные тельца впоследствии погибают и разрушаются. В отличие от сперматогенеза, где в ходе мейоза образуются четыре равноценные гаплоидные клетки, при оогенезе развивается одна крупная яйцеклетка и три небольших полярных тельца.

Биологический смысл неравномерного деления заключается в сохранении в яйцеклетке максимального количества питательных веществ, необходимых для будущего зародыша.

Процессы, обуславливающие встречу и контакт мужских и женских половых клеток животных, называются *осеменением*. Осеменение предшествует слиянию гамет – оплодотворению. У одних животных слияние сперматозоида с яйцеклеткой происходит во внешней среде, у других – внутри организма самки. В связи с этим различают наружное и внутреннее оплодотворение. При *наружном оплодотворении* сперматозоиды и яйцеклетки выводятся в воду (во внешнюю среду), где и происходит их слияние. Значительная часть гамет погибает от неблагоприятных условий среды, поэтому у животных с наружным типом оплодотворения (костных рыб, амфибий, многих водных беспозвоночных) вырабатывается большое количество половых клеток. *Внутреннее оплодотворение* происходит в материнском организме, для этого сперматозоиды вводятся в половые пути самки. Вероятность встречи мужских и женских гамет гораздо выше, чем при наружном оплодотворении, поэтому у самок формируется меньшее количество яйцеклеток. Внутреннее оплодотворение характерно прежде всего для обитателей суши – многих беспозвоночных (круглых червей, пауков и насекомых) и всех наземных позвоночных (рептилий, птиц, млекопитающих). Этот тип оплодотворения наблюдается и у некоторых водных животных, например у хрящевых рыб и головоногих моллюсков.

Процесс оплодотворения состоит из нескольких этапов: проникновения сперматозоида в яйцеклетку, слияния гаплоидных ядер обеих гамет с образованием диплоидной зиготы и ее активации к дальнейшему развитию. *Проникновение сперматозоида* вызывает у яйцеклетки отслоение оболочки оплодотворения, препятствующей проникновению других сперматозоидов. В цитоплазме яйцеклетки ядро сперматозоида увеличивается и достигает размеров ядра яйцеклетки. Затем *ядра сближаются и сливаются*, в результате образуется зигота. В ядре *зиготы* все хромосомы вновь становятся парными: в каждой паре гомологичных хромосом одна является отцовской, другая – материнской. Диплоидный набор хромосом, характерный для соматических клеток большинства живых организмов, восстанавливается именно при оплодотворении.

*Особенности оплодотворения у растений:* У цветковых растений оплодотворению предшествует *опыление* – перенос пыльцевых зерен с тычинок на рыльце пестика. Пыльцевое зерно, попавшее на рыльце пестика, вскоре начинает прорастать, образуя пыльцевую трубку. Пыльцевая трубка пронизывает мякоть столбика и завязи, достигая семязачатка (семяпочки). Внутри каждого семязачатка содержится зародышевый мешок, содержащий семь клеток – гаплоидную яйцеклетку, диплоидную центральную клетку, пять вспомогательных гаплоидных клеток. При входе в зародышевый мешок конец пыльцевой трубки лопается, и из нее изливается внутреннее содержимое с двумя мужскими гаметами – спермиями. Один из спермиев сливается с

яйцеклеткой, образуя зиготу, другой – с центральной клеткой зародышевого мешка. Оба слияния происходят почти одновременно. Из зиготы развивается зародыш семени, имеющий диплоидный ( $2n$ ) набор хромосом, из оплодотворенной центральной клетки – ткань, называемая эндоспермом и имеющая триплоидный ( $3n$ ) набор хромосом. В эндосперме откладываются питательные вещества, необходимые зародышу. После оплодотворения каждый из семязачатков превращается в семя, в результате разрастания завязи формируется плод.

У цветковых (покрытосеменных) растений происходит двойное оплодотворение. Этот процесс был открыт русским ученым С. Г. Навашиным в 1898 г. В результате двойного оплодотворения происходит формирование не только зародыша, но и питательной ткани (эндосперма), что ускоряет весь процесс развития семени.

*Партеногенез* представляет собой особую форму полового размножения, при котором зародыш развивается из неоплодотворенной яйцеклетки. Эта форма размножения характерна главным образом для видов, обладающих коротким жизненным циклом. Партеногенез может быть гаплоидным и диплоидным. При *гаплоидном партеногенезе* новый организм развивается из гаплоидной ( $1n$ ) яйцеклетки. У пчел, паразитических ос, муравьев в результате партеногенеза появляются гаплоидные самцы, в то время как из оплодотворенных яиц – диплоидные самки, что приводит к возникновению различных каст организмов. Такой механизм размножения у общественных насекомых позволяет регулировать численность потомков мужского и женского пола. У тлей, дафний, некоторых ящериц наблюдается *диплоидный партеногенез*, при котором самки формируют «нестандартные» диплоидные ( $2n$ ) яйцеклетки. Из таких яйцеклеток без оплодотворения развивается диплоидное потомство. Это помогает поддерживать численность популяции в условиях, когда встреча особей разного пола затруднена.

В благоприятных условиях у дафний не происходит мейоз, формируются диплоидные яйцеклетки, которые развиваются без оплодотворения и дают начало самкам. У скальных ящериц перед мейозом происходит удвоение числа хромосом в клетках половых желез. Далее тетраплоидные ( $4n$ ) клетки проходят мейоз, в результате образуются диплоидные яйцеклетки, которые без оплодотворения дают начало новому поколению, состоящему только из самок. Установлено существование естественного партеногенеза у некоторых видов птиц. У одной из пород индеек многие яйца развиваются партеногенетически, причем из них появляются только самцы.

### 1.10.19. Онтогенез.

*Основные понятия и термины по теме:*

Онтогенез. Понятие онтогенеза. Типы онтогенеза. Эмбриональное и постэмбриональное развитие. Прямое и непрямое развитие. Понятие о жизненном цикле. Онтогенез человека. Влияние вредных факторов (алкоголь, никотин, наркотики) на развитие человека.

Сравнение особенностей бесполого и полового размножения.

*Онтогенез* – это индивидуальное развитие организма от начала его существования до конца жизни.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Онтогенез* – это индивидуальное развитие организма от начала его существования до конца жизни. У одноклеточных бактерий и протистов онтогенез практически совпадает с клеточным циклом. Он начинается с момента образования одноклеточного организма в процессе деления материнской особи и заканчивается делением или смертью. У многоклеточных организмов началом существования нового организма чаще всего является образование зиготы (при половом размножении) или отделение потомка от материнской особи (при бесполом размножении). У животных выделяют два периода онтогенеза – эмбриональный и постэмбриональный.

*Эмбриональный, или зародышевый, период* охватывает промежуток времени от первого деления зиготы до выхода из яйца или рождения молодой особи. Эмбриональное развитие большинства животных проходит по единому плану и включает три основных этапа: *дробление, гаструляцию и органогенез*.

Эмбриональное развитие на примере примитивного хордового животного – ланцетника. Через некоторое время после оплодотворения зигота претерпевает ряд последовательных митотических делений. Образующиеся при этом клетки – *бластомеры* – не расходятся и не увеличиваются в размерах. С каждым последующим митозом они становятся все мельче и мельче. Такое деление, приводящее к увеличению количества бластомеров без их роста, называется *дроблением*. В результате дробления зиготы зародыш становится многоклеточным, сохраняя при этом примерно тот же объем. При дроблении зиготы иногда наблюдается разобщение бластомеров, из которых впоследствии развиваются самостоятельные организмы. Так образуются *монозиготные близнецы*, которые также называются *однойцевыми* или идентичными. Дробление завершается образованием однослойного многоклеточного зародыша – *бластулы*. В типичном случае она напоминает полый шар, стенка которого, образованная одним слоем бластомеров, называется *бластодермой*. Внутри бластулы имеется полость, заполненная жидкостью, – *бластоцель*. После дробления начинается процесс *гаструляции*, который у ланцетника осуществляется путем впячивания части бластодермы внутрь полости бластулы. В результате формируется *гаструла* – чашевидный зародыш, образованный двумя слоями клеток – двумя зародышевыми листками. Наружный зародышевый листок называется *эктодермой*, внутренний – *энтодермой*. Внутренняя полость гаструлы – *первичная кишка* – сообщается с внешней средой отверстием, которое называется *первичным ртом* или *гастропором*. У червей, моллюсков и членистоногих гастропор в дальнейшем превращается в рот. Эти животные образуют группу *первичноротых*. У хордовых животных первичный рот превращается в анальное отверстие, ротовое отверстие образуется на противоположной стороне зародыша. Такие животные называются *вторичноротыми*. Только губки и кишечнополостные заканчивают свое эмбриональное развитие на стадии образования двух

зародышевых листков. У остальных животных формируется еще и третий зародышевый листок – *мезодерма*. У хордовых эпителий первичной кишки образует парные выпячивания в пространство между эктодермой и энтодермой. В итоге от первичной кишки отшнуровываются замкнутые полые мешочки – зачатки мезодермы. Полость внутри мешочков далее развивается в полость тела. Дальнейшая дифференцировка клеток каждого зародышевого листка приводит к образованию тканей и органов, т. е. к гистогенезу и органогенезу. После завершения гаструляции у зародышей хордовых животных начинается процесс образования осевых органов – нервной трубки, хорды и пищеварительной (*кишечной*) трубки. Клетки эктодермы, расположенные вблизи первичного рта, начинают быстро делиться и образуют нервную пластинку, которая тянется по всей спинной стороне зародыша. В дальнейшем боковые края пластинки приподнимаются, ее центральная часть опускается, образуя нервный желобок. Края желобка смыкаются, и он превращается в лежащую под эктодермой нервную трубку – зачаток центральной нервной системы. Из группы клеток энтодермы формируется хорда – упругий стержень, проходящий у эмбрионов хордовых под нервной трубкой. Впоследствии у позвоночных животных хорда полностью замещается позвончиком, только у некоторых рыб сохраняется в течение всей жизни. Остальная энтодерма дает начало кишечной (*пищеварительной*) трубке, расположенной под хордой. Осевой комплекс органов зародыша определяет двустороннюю симметрию тела. Стадия, на которой осуществляется закладка осевых органов, называется *нейрулой*. Из трех зародышевых листков формируются все ткани и органы животных.

У позвоночных из *эктодермы* образуются нервная система, органы чувств, эпидермис кожи с железами и производными структурами (волосы, перья, когти, копыта).

Из *энтодермы* формируются органы пищеварительной и дыхательной систем, щитовидная железа, плавательный пузырь (у костных рыб).

Из *мезодермы* развиваются все виды тканей внутренней среды, опорно-двигательный аппарат, кровеносная, выделительная и половая системы.

Процесс дифференцировки клеток в значительной степени обусловлен влиянием друг на друга частей развивающегося зародыша.

После появления организма на свет начинается его *постэмбриональное*, или *послезародышевое*, развитие, которое у разных видов организмов продолжается от нескольких дней до сотен лет. Оно включает три основных периода – ювенильный, период зрелости и период старости, заканчивающийся смертью.

*Ювенильный период* (от лат. ювентус – юный) продолжается до достижения половой зрелости. Для этого периода характерно прямое либо не прямое развитие.

При *прямом* развитии из яйца или из тела матери выходит особь, похожая на взрослую, но значительно меньших размеров (у млекопитающих, птиц, пресмыкающихся, некоторых беспозвоночных животных). В этом случае

ювенильный период сводится в основном к росту и половому созреванию молодых особей.

При *непрямом* развитии появившийся на свет организм по строению и образу жизни отличается от взрослых особей и называется личинкой. Различают два типа непрямого развития – с полным и неполным превращением (метаморфозом).

*Полный метаморфоз* характерен для насекомых, личинки которых принципиально отличаются от взрослых особей внешним и внутренним строением, характером питания, а в некоторых случаях и средой обитания (например, бабочки, жуки, двукрылые, перепончатокрылые). Личинки усиленно питаются, растут, а затем превращаются в неподвижных куколок. В стадии покоящейся куколки личиночные органы подвергаются распаду, после чего клеточный материал и накопленные питательные вещества используются для формирования органов взрослого насекомого

При развитии с *неполным метаморфозом* превращение личинки во взрослую особь происходит постепенно, стадия куколки отсутствует. Такой тип развития характерен для некоторых червей, моллюсков и членистоногих (клещей, стрекоз, прямокрылых), также для рыб и земноводных. У лягушки из икринки развивается личинка (головастик), которая отличается от взрослых животных по строению, образу жизни и среде обитания. У головастика, как у рыб, имеются жабры, орган боковой линии, хвост, двухкамерное сердце, один круг кровообращения. Личинка питается, растет и со временем превращается в лягушку. Наличие личиночной стадии в развитии земноводных и многих других животных обеспечивает им возможность жить в разных средах и использовать разные источники пищи. Головастик живет в воде и питается растительной пищей, лягушка ведет в основном наземный образ жизни и питается животной пищей. Такое явление наблюдается также у многих насекомых. Смена среды обитания и, как следствие, смена образа жизни животного при переходе его от личиночной стадии к взрослому организму снижает внутривидовую конкуренцию. У некоторых малоподвижных или прикрепленных животных (коралловые полипы, устрицы, мидии) свободноплавающая личинка способствует расселению вида, расширению его ареала. Это позволяет избежать перенаселения, которое повлекло бы за собой усиление конкуренции за пищу и другие ресурсы, угрожающей выживанию вида.

После ювенильного периода организм вступает в *период зрелости*, который у позвоночных животных, как правило, занимает большую часть жизни. На этом этапе у большинства животных прекращается рост и образование новых органов. Период зрелости характеризуется устоявшимся обменом веществ, относительно стабильным гормональным фоном, в организме происходят процессы самообновления изнашивающихся или поврежденных структур. В этот период происходит размножение организмов и появление у них потомства.

*Период старости* – заключительный этап постэмбрионального развития (и онтогенеза в целом), заканчивающийся смертью организма. Старение свойственно всему живому. В разное время у разных видов начинаются закономерные возрастные изменения, снижающие адаптационные возможности организма и повышающие вероятность смерти. Процесс старения затрагивает различные структуры. Накапливаются изменения в молекулах ДНК, меняется синтез РНК и белков, затрагивается энергетический обмен. Уменьшается митотическая активность клеток, нарушается мембранный транспорт, следовательно, изменяется и функционирование клеточных органоидов. Ослабляются функции систем органов – нервной, эндокринной, кровеносной и др. Существует множество гипотез о механизмах старения. Согласно одной из них, старение – запрограммированный процесс, в результате которого активность генов снижается с возрастом. По другой гипотезе, старение является следствием накопления повреждений генетического аппарата клеток в ходе онтогенеза.

*Жизненный цикл*, или *цикл развития*, – это совокупность всех стадий развития организма, пройдя которые он достигает зрелости и способен дать начало следующему поколению. Различают простые и сложные жизненные циклы. *Простой жизненный цикл* характерен для животных с прямым постэмбриональным развитием. *Сложный цикл* развития осуществляется с метаморфозом или с чередованием поколений.

При развитии с метаморфозом жизненный цикл прослеживается в течение развития одной особи (у бабочки: яйцо → личинка → куколка → взрослая особь). При развитии со сменой поколений или сменой способов размножения жизненный цикл прослеживается на нескольких особях разных поколений до появления исходной формы. Строгое чередование в жизненном цикле поколений, размножающихся бесполом и половым способами, наблюдается у всех растений (бесполое поколение – спорофит, половое – гаметофит), некоторых протистов и кишечнополостных. У представителей плоских червей (сосальщики), некоторых членистоногих (тли, дафнии) в жизненном цикле чередуются поколения, размножающиеся с оплодотворением их.

Внутриутробное развитие человека начинается после оплодотворения, которое обычно происходит в одной из маточных труб (яйцеводов). Благодаря сокращению мышечной стенки маточной трубы и движению ресничек ее эпителия развивающийся зародыш перемещается в сторону матки. Этот путь занимает около 5 дней. Уже через несколько часов после оплодотворения начинается *дробление зиготы*: сначала образуются два бластомера, потом четыре и так далее. На 3-4-й день после зачатия зародыш становится похожим на плод ежевики, эта стадия называется *морулой*. За ней следует стадия *бластоцисты* (внешне напоминает бластулу ланцетника). Достигнув цели своего путешествия – матки, зародыш погружается в ее слизистую оболочку и закрепляется в ней. Этот процесс начинается на 7-е сутки после оплодотворения и называется имплантацией зародыша. Происходит *гастрюляция*, и образуются два зародышевых листка – эктодерма и энтодерма.

Вскоре закладывается третий зародышевый листок – мезодерма. временно с этим формируются оболочки зародыша. Внутренняя оболочка тонкая и прозрачная, она образует пузырь с жидкостью, в которой плавает зародыш. Эта оболочка предохраняет зародыш от сотрясений и вибрации. Наружная оболочка образует ворсинки, с помощью которых будет осуществляться питание и дыхание развивающегося организма. На 2-й неделе у плода формируются *осевые органы* – нервная трубка, хорда и кишечная трубка. В этот период закладываются главные системы и органы будущего малыша. Из нервной трубки начинает развиваться нервная система, из кишечной трубки – пищеварительная. Появляются зачатки других систем органов – дыхательной, выделительной, кровеносной. На 21-й день у зародыша начинает биться маленькое сердечко. К концу второго месяца внутриутробного развития зародыш уже внешне похож на человека. Ворсинки наружной оболочки зародыша принимают участие в формировании плаценты. Заканчивается зародышевый период внутриутробного развития, продолжавшийся 8 недель, и начинается плодный период (с 9-й по 40-ю неделю). Плацента развивается в виде диска, прочно укрепленного в слизистой оболочке матки. Через стенки капилляров ворсинок плаценты происходит обмен газами и питательными веществами между организмом матери и плодом. Кровь матери и плода никогда не смешивается. Спустя несколько недель после начала плодного периода плацента остается связанной с зародышем только пуповиной, или пупочным канатиком. *Плацента* – единственный орган, состоящий из клеток двух организмов: матери и плода. *Пуповина* – это часть плода. Через нее проходят кровеносные сосуды, входящие в состав кровеносной системы зародыша и несущие кровь в обоих направлениях: от плода к плаценте и от плаценты к плоду. Сосуды пуповины отделены от капилляров матки тонкой мембраной, через которую осуществляется обмен веществ между развивающимся плодом и организмом матери. От матери к плоду поступают питательные вещества, вода, минеральные соли, витамины, антитела, кислород. От плода к матери – излишки воды, углекислый газ и другие конечные продукты обмена веществ. Через плаценту могут передаваться также и вредоносные факторы (бактерии, вирусы, яды, лекарственные препараты), их воздействие частично нейтрализуется содержащимися в крови плода антителами, антитоксинами. К трем месяцам внутриутробного развития формируются почти все органы. К этому времени можно определить пол будущего ребенка. С 13-й недели беременности плацента, помимо выполнения своей основной функции, начинает выделять гормоны, которые обеспечивают нормальное протекание беременности, готовят организм будущей матери к родам и лактации (выработке молока). На 4-5-м месяце беременности прослушиваются сокращения сердца плода, частота которых в 2 раза выше, чем у матери. В этот период плод быстро растет и к 5 месяцам достигает массы около 500 г, к моменту рождения – 3-4 кг. Продолжительность беременности у женщин составляет около 280 дней (40 недель, или 10 лунных месяцев).

Различают следующие периоды постэмбрионального развития ребенка: период новорожденности, грудной период, раннее детство (ясельный период), дошкольный и школьный периоды.

### **1.10.20. Наследственность и изменчивость. Законы Г. Менделя.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Наследственность и изменчивость организмов

Закономерности наследственности, установленные Г. Менделем. Понятие наследственности и изменчивости. Изучение наследственности Г. Менделем. Гибридологический метод. Моногибридное скрещивание. Понятие аллельных, доминантных и рецессивных генов. Закон единообразия гибридов первого поколения. Закон расщепления. Статистический характер законов наследственности при моногибридном скрещивании и их цитологические основы. Дигибридное скрещивание. Закон независимого наследования признаков и его цитологические основы.

*Наследственность* – это свойство всех живых организмов сохранять и передавать свои признаки и свойства последующим поколениям.

*Ген* – участок молекулы ДНК, содержащий информацию о структуре определенных белков (либо рРНК, либо тРНК).

*Изменчивость* – это способность организмов в процессе жизнедеятельности приобретать новые признаки под воздействием различных факторов среды.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Наследственность* – это свойство всех живых организмов сохранять и передавать свои признаки и свойства последующим поколениям. Благодаря этому каждый вид живых организмов сохраняет на протяжении длительного времени характерные для него черты. Передача генетической (наследственной) информации от одного поколения другому называется *наследованием*. У организмов, которым свойственно половое размножение, ключевую роль в наследовании играют такие процессы как мейоз и оплодотворение. В ходе мейоза у каждого родителя происходит рекомбинация наследственного материала и его распределение между гаметатами. Результатом оплодотворения является объединение генетической информации, содержащейся в гаметах обоих родителей, и формирование наследственного аппарата нового организма. Участки молекулы ДНК, содержащие информацию о структуре определенных белков (либо рРНК, либо тРНК), называются *генами*. Гены расположены в хромосомах. В ходе реализации наследственной информации, содержащейся в генах, осуществляется синтез определенных белков. Каждый белок выполняет определенную функцию, что ведет к проявлению того или иного признака организма. *Изменчивость* – это способность организмов в процессе жизнедеятельности приобретать новые признаки под воздействием различных факторов среды. Благодаря изменчивости особи в пределах вида различаются между собой. Наследственность и изменчивость организмов изучает генетика.

Основным методом исследований в генетике является *гибридологический метод*, заключающийся в определенной системе скрещиваний организмов,

отличающихся друг от друга по одной, нескольким или многим парам альтернативных признаков с последующим анализом потомства. Используются *цитогенетический* (микроскопическое изучение хромосом), *биохимический* (исследование состава нуклеиновых кислот, белков и других веществ в клетках организмов), *генеалогический* (анализ родословных человека и животных, позволяющий устанавливать характер наследования признаков, определять вероятность их проявления в последующих поколениях). В генетике широко применяются также *статистические методы анализа*, позволяющие выявлять закономерности наследования признаков и проявления изменчивости у живых организмов.

Основные закономерности наследования признаков впервые раскрыл австрийский исследователь Г. Мендель. Он поставил перед собой задачу – выяснить, как наследуются отдельные признаки. Для этого Г. Мендель применил гибридологический метод. Объект исследования – горох посевной. Это растение легко культивируется, неприхотливо, дает многочисленное потомство. Из множества сортов гороха Г. Мендель выбрал те, которые четко отличались по семи парам *альтернативных признаков*. Г. Мендель проверял «чистоту» каждого сорта. Для этого он предоставил растениям возможность самоопыляться (горох – самоопыляющееся растение) и использовал в своих исследованиях такие сорта, у которых потомки в ряду поколений не изменялись по внешнему виду, т. е. сохраняли признаки родительских форм. В дальнейшем такие группы организмов были названы *чистыми линиями*. Для проведения скрещиваний Г. Мендель отбирал растения чистых линий, отличающиеся по парам альтернативных признаков. В своей работе он сначала анализировал наследование одной пары признаков, затем двух и т. д. Г. Мендель вел точный учет числа потомков, унаследовавших разные родительские признаки. Это позволило ему установить количественные закономерности наследования признаков. Скрещивание организмов называется *гибридизацией*, потомки от скрещивания двух родительских особей с различными признаками – *гибридами*. Для записи скрещиваний используется международная символика: P – родительские особи (от лат. parentes – родитель); – женская особь; – мужская особь; G – гаметы; F – потомство (от лат. filiale – дочерний) с соответствующими индексами поколений: F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> и т. д.; значок «x» обозначает скрещивание.

*Моногибридное скрещивание. Закон единообразия гибридов первого поколения.*

Скрещивание, при котором родительские организмы отличаются друг от друга по одной паре альтернативных признаков, называется *моногибридным*. В одном из опытов Г. Мендель изучал наследование окраски семян гороха. Он скрещивал растения, выращенные из желтых семян, с растениями, выращенными из семян зеленого цвета. Чтобы предотвратить самоопыление, Г. Мендель у растений одного сорта гороха удалял в цветках тычинки, у другого – пестики и проводил гибридизацию путем искусственного опыления. Результаты скрещивания были однозначны: у всех гибридных растений первого

поколения семена оказались желтыми независимо от того, материнским или другим парам альтернативных признаков, например по окраске цветков или отцовским было растение с такими семенами. Зеленая окраска семян у гибридов первого поколения не проявлялась: Р: желтые семена · зеленые семена. F<sub>1</sub>: все растения имеют желтые семена. Скрещивая растения, отличающиеся по форме плодов, Г. Мендель обнаружил, что во всех случаях у гибридов первого поколения проявлялся лишь один из двух альтернативных признаков. Явление преобладания одних признаков над другими было названо *доминированием*, преобладающие признаки – *доминантными*. Признаки, которые не проявлялись у гибридов первого поколения, получили название *рецессивных*. Открытая Г. Менделем закономерность названа *законом единообразия гибридов первого поколения или первым законом Менделя*. Этот закон звучит следующим образом: *при скрещивании особей чистых линий, отличающихся по одной паре альтернативных признаков, гибриды первого поколения будут единообразными по доминантному признаку*.

#### *Закон расщепления.*

Путем самоопыления гибридов первого поколения Г. Мендель получил второе поколение, в котором 3 из 4 растений имели горошины желтого цвета и 1 из 4 – горошины зеленого цвета. Появление в потомстве особей, различающихся по альтернативным признакам, называется *расщеплением*. В данном случае наблюдалось расщепление 3 : 1. Такое же расщепление было обнаружено и при исследовании других пар альтернативных признаков: во втором поколении у 3 из 4 растений проявлялись доминантные признаки, у 1 из 4 – рецессивные. Рецессивный признак у гибридов первого поколения не исчезал, только был подавлен и вновь проявлялся во втором поколении – *закон расщепления или второй закон Менделя – при скрещивании гибридов первого поколения между собой во втором поколении наблюдается расщепление по альтернативным признакам в соотношении: 3 части особей с доминантным признаком к 1 части особей с рецессивным признаком*.

В ходе своих дальнейших исследований Г. Мендель предоставил растениям второго поколения возможность самоопыляться. Он хотел выяснить, как будет осуществляться наследование признаков в последующих поколениях. У растений, выросших из семян зеленого цвета, потомство наследовало только зеленую окраску горошин. Однако растения, полученные из желтых семян, вели себя иначе. Из них 2 из 3 особей давали в потомстве расщепление в соотношении 3 желтые к 1 зеленой, в потомстве 1 из 3 особей расщепления не было – все растения имели желтые горошины. Такие же результаты были получены и по другим парам альтернативных признаков. Для объяснения результатов своих наблюдений Г. Мендель выдвинул следующую гипотезу – альтернативные признаки определяются какими-то наследственными факторами, которые передаются от родителей потомкам с гаметам. Г. Мендель предположил, что доминантный признак обусловлен доминантным фактором, рецессивный признак – рецессивным фактором. Впоследствии наследственные факторы, ответственные за формирование признаков, стали называть генами.

Доминантные гены принято обозначать прописными буквами латинского алфавита (А), рецессивные – строчными (а). Г. Мендель полагал, что каждому признаку конкретного растения соответствуют два фактора, один из которых получен от отцовского растения, другой – от материнского. Поэтому в результате моногибридного скрещивания, при котором родители отличались окраской семян, все гибриды первого поколения обладали как наследственным фактором А (определяющим желтую окраску), и фактором а (ответственным за зеленый цвет семян). Поскольку фактор А доминирует над фактором а, у всех гибридов проявилась желтая окраска семян. Г. Мендель также предположил, что каждый гибрид первого поколения образует два типа половых клеток: половина гамет содержит фактор А, другая половина – фактор а. Парные наследственные факторы при образовании половых клеток разделяются и в каждую гамету попадает какой-либо один из них.

*Цитологические основы наследования признаков при моногибридном скрещивании.*

Гены, контролирующие различные (альтернативные) формы проявления признака, называются *аллелями или аллельными генами*. Установлено, что *аллельные гены располагаются в одинаковых участках (локусах) гомологичных хромосом*. У любого диплоидного организма проявление того или иного признака определяется двумя аллельными генами. Совокупность всех генов организма называют *генотипом*. Применительно к отдельному признаку словом «генотип» обозначают сочетание аллельных генов, контролирующих данный признак. Организмы, имеющие одинаковые аллельные гены, называются *гомозиготами*. Различают *доминантные гомозиготы* (их генотип можно записать как АА) и *рецессивные гомозиготы* (аа). Особи, имеющие разные аллельные гены, называются *гетерозиготами*, их генотип можно обозначить как Аа. Гаметы образуются в результате мейоза и содержат гаплоидный набор хромосом. В анафазе I гомологичные хромосомы, содержащие аллельные гены, расходятся к противоположным полюсам делящейся клетки и в конечном итоге попадают в разные гаметы. Следовательно, два аллельных гена не могут оказаться в одной и той же половой клетке. В каждую гамету попадает лишь один из них. Предположение о том, что аллельные гены распределяются поровну между половыми клетками, не попадая оба в одну гамету, не разбавляясь и не смешиваясь, английский генетик У. Бэтсон в 1909 г. назвал *гипотезой чистоты гамет*. Гомозиготные организмы имеют одинаковые аллельные гены, поэтому у них формируется один тип гамет: у особей с генотипом АА все половые клетки содержат ген А; у организмов с генотипом аа все гаметы содержат ген а. Гетерозиготные особи (Аа) образуют два типа гамет в равном соотношении: 50 % половых клеток содержат аллель А, – аллель а. При оплодотворении гаплоидные гаметы родителей сливаются с образованием диплоидной зиготы. В зиготе хромосомы вновь становятся парными. В каждой паре гомологичных хромосом одна является материнской, другая – отцовской. Значит, у каждого потомка развитие

какого-либо признака будет определяться двумя аллельными генами, причем один из них унаследован от матери, другой – от отца.

Г. Мендель исследовал наследование окраски семян гороха. Обозначим доминантный ген, обуславливающий желтую окраску, буквой А, и рецессивный ген, определяющий зеленую окраску, – а. Поскольку Г. Мендель использовал в качестве родительских форм особи чистых линий, их генотипы следует записать как АА и аа. Оба родителя – гомозиготы, каждый из них производит гаметы лишь одного типа: у особи с генотипом АА формируются только гаметы А, у особи с генотипом аа – гаметы а. Слияние гамет привело к образованию зигот, из которых развились гибриды первого поколения. Все они имели генотип Аа и желтую окраску семян (доминантный ген полностью подавил проявление рецессивного). Запишем данное моногибридное скрещивание. Наиболее распространенными формами записи скрещиваний являются генная и хромосомная. В первом случае гены записывают «в строчку», без указания хромосом (например, Аа). Во втором случае при записи генотипов аллельные гены размещают друг над другом, при этом двумя черточками обозначают гомологичные хромосомы, в которых эти гены располагаются (например, А а). Генная форма записи скрещивания: Р: АА х аа; G :А, а; F<sub>1</sub>: Аа. Совокупность признаков и свойств организма называют *фенотипом*. Если речь идет о конкретном скрещивании, понятием «фенотип» обозначают тот признак (или признаки), который в этом скрещивании исследуется. В рассмотренном случае можно сказать, что гибриды первого поколения имели одинаковый фенотип – желтый цвет семян. Гибриды первого поколения – гетерозиготы (Аа), поэтому у них формировалось два типа гамет (А и а) в равных соотношениях. Слияние гамет носит случайный характер, т. е. любую яйцеклетку может оплодотворить любой сперматозоид (спермий). Поэтому при оплодотворении формировались разные типы зигот: АА, Аа и аа. Чтобы наглядно показать все варианты слияния гамет и рассчитать вероятность появления потомков с разными генотипами (и фенотипами), можно построить специальную таблицу, называемую решеткой Пеннета. В решетке Пеннета по горизонтали указывают гаметы одного родителя, по вертикали – гаметы другого родителя. В клетках на пересечении строк и столбцов записывают генотипы и фенотипы особей, которые возникают при слиянии соответствующих гамет. У гетерозиготных родительских форм образуются потомки с тремя генотипами в соотношении 1АА : 2Аа : 1аа. Следовательно, расщепление по генотипу составляет 1 : 2 : 1. Вероятность появления потомства каждого типа можно выразить и в процентах: 25 % АА, 50 % Аа, 25 % аа. Расщепление по исследуемому признаку таково: 3 из 4 особей с желтыми семенами (75 %) и 1 из 4 – с зелеными (25 %). Расщепление по фенотипу составляет 3 : 1. Р: Аа х Аа; G: А, а, А, а, F<sub>1</sub>: АА, Аа, Аа, аа. Хотя растения с желтыми семенами внешне выглядят одинаково, генетически они неоднородны (АА и Аа). Становятся понятными причины разного «поведения» их потомства в последующих поколениях. При самоопылении среди потомков доминантных гомозигот АА не будет наблюдаться расщепления, как и среди потомков

рецессивных гомозигот  $aa$ . Гетерозиготные особи  $Aa$  будут давать в потомстве расщепление  $3 : 1$ . В основе закономерностей, открытых Г. Менделем, лежит поведение гомологичных хромосом в процессе мейоза и случайное слияние (сочетание) гамет при оплодотворении.

*Дигибридное скрещивание.*

Скрещивание, при котором родительские формы отличаются по двум парам альтернативных признаков, называется *дигибридным*. Если родители отличаются по многим парам альтернативных признаков, скрещивание называется *полигибридным*. В опытах Г. Мендель скрещивал гомозиготные растения гороха, различающиеся одновременно по двум парам признаков, например по окраске и форме поверхности семян. Одни родительские растения имели желтые гладкие семена, другие – зеленые морщинистые. В первом поколении наблюдалось единообразие – все гибриды имели желтые гладкие семена. Желтая окраска полностью доминирует над зеленой, гладкая поверхность – над морщинистой. Путем самоопыления гибридов первого поколения было получено второе поколение, в котором согласно закону расщепления проявились не только доминантные, но и рецессивные признаки. При этом наблюдались все возможные сочетания признаков семян: желтые гладкие, желтые морщинистые, зеленые гладкие и зеленые морщинистые в соотношении  $9 : 3 : 3 : 1$ . Таким образом, было получено потомство четырех фенотипических классов: доминантные по обоим признакам – 9 из 16; доминантные по первому и рецессивные по второму признаку – 3 из 16, рецессивные по первому и доминантные по второму – 3 из 16, рецессивные по обоим признакам – 1 из 16 часть.

Проанализируем наследование каждой пары альтернативных признаков в отдельности и получим следующие результаты: 12 частей семян имели желтую окраску, 4 части – зеленую, расщепление по признаку окраски, как и при моногибридном скрещивании, составляет  $3 : 1$ . Такая же картина наблюдается и при анализе расщепления по форме поверхности семян: 12 гладких и 4 морщинистых, т. е.  $3 : 1$ ; ( $A$  – желтые,  $a$  – зеленые,  $B$  – гладкие,  $b$  – морщинистые). При дигибридном (полигибридном) скрещивании расщепление по каждой паре альтернативных признаков происходит независимо от других. Значит, дигибридное скрещивание, по сути, представляет собой два независимо идущих моногибридных скрещивания. Эта закономерность, установленная Г. Менделем, впоследствии была названа *законом независимого наследования признаков или третьим законом Менделя*. Его можно сформулировать следующим образом: *при скрещивании особей, отличающихся по двум и более парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо и комбинируются во всех возможных сочетаниях.*

*Цитологические основы закона независимого наследования признаков.* В рассмотренном опыте Г. Мендель изучал наследование двух пар альтернативных признаков. Очевидно, что цвет семян и форма их поверхности определяются двумя разными парами генов. Обозначим аллель желтой окраски  $A$ , зеленой –  $a$ , гладкой формы –  $B$ , морщинистой –  $b$ . Гены, контролируемые

развитие разных пар признаков, называются *неаллельными*. Они располагаются в разных парах хромосом или в разных участках гомологичных хромосом. В данном случае гены, обуславливающие окраску (А и а), неаллельны по отношению к генам, определяющим поверхность семян (В и в). Предположим, что эти пары аллелей находятся в негомологичных хромосомах, т. е. в разных парах хромосом. Родительские растения будут иметь генотипы ААВВ и ааbb. Особи, гомозиготные по двум парам генов, называются *дигомозиготами*. В гаметы попадает по одному гену из каждой пары. Следовательно, у каждого из дигомозиготных родителей формируется один тип гамет: у одного – АВ, у другого – ab. В результате оплодотворения развивается первое поколение гибридов. Все они имеют желтые гладкие семена, что обусловлено генотипом АаВb. Особи, гетерозиготные по двум парам генов, называются *дигетерозиготами*.

Как известно, в анафазе I мейоза гомологичные хромосомы расходятся к разным полюсам клетки. При этом расхождение каждой пары хромосом происходит независимо от других пар. Негомологичные хромосомы расходятся к полюсам случайным образом, образуя различные комбинации. Значит, ген А может попасть в одну гамету с геном В или с геном b. Точно так же ген а может оказаться в одной гамете с геном В или с геном b. По этой причине дигетерозиготные особи образуют четыре типа гамет АВ, Ab, aВ, ab в равном соотношении – по 25 %. Свободное сочетание таких гамет при оплодотворении приводит к образованию разных вариантов зигот, значит, и потомков. Используя фенотипические радикалы, расщепление по фенотипу при дигибридном скрещивании (и при условии, что аллельные гены каждой пары взаимодействуют между собой по типу полного доминирования) можно записать следующим образом: 9 А-В- : 3 А-bb : 3 aaВ- : 1 aabb. Таким образом, в основе независимого наследования лежит: 1) случайное расхождение негомологичных хромосом в анафазе I мейоза, которое приводит к формированию гамет с различными комбинациями генов; 2) случайное слияние гамет при оплодотворении, что обуславливает образование разных типов зигот. Доказать, что у дигетерозиготной особи образуются гаметы четырех типов, причем в равном соотношении, можно с помощью анализирующего скрещивания. Для этого дигетерозиготный горох, имеющий желтые гладкие семена, скрещивают с рецессивной дигомозиготой. В потомстве будет наблюдаться четыре фенотипических (и генотипических) класса в соотношении 1 : 1 : 1 : 1, т. е. по 25 %. Это свидетельствует о равновероятном формировании четырех типов гамет у исследуемого родителя.

### **1.10.21. Аллельное взаимодействие генов.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Отклонения при расщеплении от типичных количественных соотношений, установленных Г. Менделем. Явление неполного доминирования, множественный аллелизм, кодоминирование.

*Полное доминирование* – взаимодействие, при котором доминантный аллель полностью подавляет проявление рецессивного аллеля.

*Множественный аллелизм* – явление существования гена более чем в двух аллельных формах.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Типы взаимодействия аллельных генов.

*Полное доминирование* – взаимодействие, при котором доминантный аллель полностью подавляет проявление рецессивного аллеля. В этом случае как у гомозигот АА, так и у гетерозигот Аа проявляется доминантный признак. По такому типу наследуются многие признаки организмов. У гороха желтый цвет семян полностью доминирует над зеленым, гладкая поверхность семян – над морщинистой. У человека карий цвет глаз полностью доминирует над голубым, резус-положительность – над резус-отрицательностью, праворукость – над леворукостью, шестипалость доминантна по отношению к нормальному строению кисти.

Некоторые аллельные гены взаимодействуют по типу *неполного доминирования*. В этом случае доминантный признак проявляется только при наличии двух доминантных аллелей в генотипе (АА). Если же организм гетерозиготен (Аа), имеет лишь один доминантный аллель, в фенотипе проявляется признак, промежуточный между доминантным и рецессивным. Примером неполного доминирования является наследование окраски цветков у растений ночной красавицы. Гомозиготные растения имеют либо красные (АА), либо белые (аа) цветки. При скрещивании растений с красными и белыми цветками в первом поколении у всех растений цветки будут розовыми (Аа), наблюдается промежуточный характер наследования. При неполном доминировании изменяется характер расщепления во втором поколении, так как фенотип гетерозигот отличается от фенотипа гомозигот. В этом случае расщепление по фенотипу и по генотипу совпадает: 1 часть растений имеет белую окраску цветков (аа), 2 части – розовую (Аа) и 1 часть – красную (АА), или 1 : 2 : 1. По такому типу наследуется курчавость волос у человека (курчавые волосы не полностью доминируют над прямыми, промежуточный признак – волнистые волосы), масть крупного рогатого скота, окраска оперения у кур и плодов земляники, другие признаки растений, животных и человека. При кодоминировании у гетерозиготных особей полностью проявляются оба аллельных гена. Классическим примером кодоминирования является взаимодействие генов у человека с четвертой группой крови (по системе АВ0). Группы крови 0, А, В и АВ определяются геном I. Известны три разновидности этого гена: I<sup>A</sup>, I<sup>B</sup>, I<sup>0</sup>. Аллельные гены I<sup>A</sup> и I<sup>B</sup> полностью доминируют над I<sup>0</sup>, но кодоминантны по отношению друг к другу. Ген I<sup>A</sup> обуславливает наличие на мембранах эритроцитов антигена А, ген I<sup>B</sup> определяет наличие другого антигена – В. У людей с генотипами I<sup>A</sup>I<sup>A</sup> и I<sup>A</sup>I<sup>0</sup> эритроциты несут только антиген А – это вторая (А) группа крови. У людей с генотипами I<sup>B</sup>I<sup>B</sup> и I<sup>B</sup>I<sup>0</sup> красные кровяные клетки несут только антиген В – это кровь третьей (В) группы. Человек с генотипом I<sup>0</sup>I<sup>0</sup> имеет первую (0) группу крови – на поверхности его эритроцитов отсутствуют антигены А и В. У гетерозигот с генотипом I<sup>A</sup>I<sup>B</sup> гены I<sup>A</sup> и I<sup>B</sup> не подавляют проявление друг друга, а

кодоминируют. Каждый из них в полной мере выполняет свою функцию, поэтому эритроциты содержат оба антигена (А и В). В результате формируется новый признак – четвертая (АВ) группа крови.

#### *Множественный аллелизм.*

Окраска семян гороха, наследование которой изучал Мендель, определяется двумя аллелями – доминантным и рецессивным. Многие гены представлены не двумя, а большим числом аллелей. Ген, определяющий у человека группы крови (по системе АВ0), существует в трех формах – IА, IВ, I0. Для гена, контролирующего синтез гемоглобина, известно несколько десятков разновидностей. При этом у каждой конкретной особи имеется не более двух аллелей каждого гена, поскольку соматические клетки содержат диплоидный набор хромосом. Явление существования гена более чем в двух аллельных формах называется *множественным аллелизмом*. Множественные аллели нередко образуют серии, в которых каждый предыдущий аллель доминантен по отношению к последующим. У кролика известна серия аллелей: С; ссh; ch; са; где аллель С, определяющий черную окраску меха, доминирует над тремя другими: над аллелем, определяющим шиншилловую (ссh), гималайскую (ch) и белую (са) окраску. Аллель шиншилловой окраски, в свою очередь, доминирует над аллелем гималайской окраски, последний доминирует над аллелем, определяющим белую окраску.

#### *Анализирующее скрещивание.*

При полном доминировании одного аллеля над другим организмы, имеющие доминантный фенотип, могут иметь разные генотипы – АА или Аа. Как определить генотип особи, обладающей доминантным признаком? Это можно сделать по результатам скрещивания исследуемой особи с рецессивной гомозиготой (аа). Такое скрещивание называется *анализирующим*. У томатов ген, контролирующий появление круглых плодов, полностью доминирует над геном, определяющим грушевидную форму. Нужно установить генотип растения с круглыми плодами. Введем обозначения соответствующих генов: А – круглые плоды, а – грушевидные. Исследуемое растение может иметь генотип АА или Аа. В этом случае записывают фенотипический радикал – ту часть генотипа, которая определяет фенотип организма. В нашем случае фенотипический радикал следует записать в виде А-. Скрестим исследуемую особь с рецессивной гомозиготой, т. е. с растением, имеющим грушевидные плоды. Рассмотрим два варианта анализирующего скрещивания, используя два возможных генотипа исследуемого растения (АА и Аа). Потомство, полученное при анализирующем скрещивании, принято обозначать как Fа. Обратите внимание, что в первом случае в потомстве наблюдается единообразие гибридов, во втором – расщепление 1 : 1. Р: АА х аа; G: А, а; F: Аа. Единообразие гибридов Расщепление 1:1. Р: Аа×аа, G: А, а, а; F: Аа, аа. Если потомство, полученное при анализирующем скрещивании, является единообразным по доминантному признаку, то анализируемая особь является гомозиготной (АА). Если же в потомстве наблюдается расщепление, исследуемый организм является гетерозиготным (Аа). Значит, анализирующее

скрещивание – это скрещивание особи, имеющей доминантный фенотип, с гомозиготной рецессивной особью для выявления генотипа анализируемой особи.

### 1.10.22. Хромосомная теория наследственности.

*Основные понятия и термины по теме:*

Хромосомная теория наследственности. Сцепленное наследование. Кроссинговер. Основные положения хромосомной теории наследственности. Генетические карты хромосом.

Генетика пола. Понятие пола. Половые различия. Хромосомное определение пола. Половые хромосомы и аутосомы. Особенности наследования признаков, сцепленных с полом.

Генотип как целостная система.

*Генотип* – это сложная целостная система взаимодействующих генов.

*Морганида* (сантиморганида, сМ) – это генетическое расстояние, на котором кроссинговер происходит с вероятностью 1 %.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Т. Морган экспериментально доказал, что гены расположены в хромосомах. Многочисленные исследования Моргана и его учеников привели к целому ряду важнейших открытий, которые легли в основу хромосомной теории наследственности. Одно из ее положений можно сформулировать следующим образом: гены расположены в хромосомах в линейном порядке и занимают определенные участки – локусы, причем аллельные гены находятся в одинаковых локусах гомологичных хромосом. Закон независимого наследования (третий закон Менделя) справедлив в том случае, если неаллельные гены находятся в разных парах хромосом. Однако количество генов у живых организмов значительно больше числа хромосом. У человека около 25 тыс. генов, количество хромосом – 23 пары ( $2n = 46$ ); у плодовой мушки дрозофилы приблизительно 14 тыс. генов и всего 4 пары хромосом ( $2n = 8$ ). Следовательно, каждая хромосома содержит множество генов.

Гены, расположенные в одной хромосоме, образуют группу сцепления и наследуются вместе. Совместное наследование генов Т. Морган предложил называть *сцепленным наследованием* (в отличие от независимого). Каждая пара гомологичных хромосом содержит гены, контролируемые одни и те же признаки, поэтому количество групп сцепления равно числу пар хромосом. У человека 23 группы сцепления, у дрозофилы – 4. При независимом наследовании дигетерозиготная особь, например AaBb, образует четыре типа гамет в равном соотношении, по 25 %: AB, Ab, aB и ab. Это обусловлено тем, что неаллельные гены находятся в разных парах хромосом. Если же они расположены в гомологичных хромосомах, следовало бы ожидать, что дигетерозигота AaBb будет производить лишь два типа гамет: 50 % AB и 50 % ab (сцепленные гены записываются в одну хромосому). Т. Морган обнаружил, что в большинстве случаев дигетерозиготные особи образуют не два, а четыре типа гамет. Помимо ожидаемых AB и ab формируются также гаметы с новыми комбинациями генов: Ab и aB, только в меньшем процентном соотношении.

Путем скрещивания чистой линии дрозофил, имеющих серое тело и нормальные (длинные) крылья, с чистой линией, особи которой имели черное тело и зачаточные крылья, были получены гибриды первого поколения. Все они в соответствии с законом единообразия были серыми с нормально развитыми крыльями. У дрозофил серое тело (А) полностью доминирует над черным (а), нормальные крылья (В) – над зачаточными (b). Все гибриды первого поколения – дигетерозиготы. Затем было проведено анализирующее скрещивание. Дигетерозиготную самку из гибридного поколения скрестили с рецессивным дигомозиготным самцом (черное тело и зачаточные крылья). В потомстве было получено по 41,5 % особей с серым телом, нормальными крыльями и черным телом, зачаточными крыльями, по 8,5 % мух с серым телом, зачаточными крыльями и черным телом, нормальными крыльями. Если бы гены, определяющие цвет тела и развитие крыльев, находились в разных парах хромосом, соотношение фенотипических классов было бы равным – по 25 %. Но этого не наблюдалось, значит, гены находятся в гомологичных хромосомах и наследуются сцепленно. Несмотря на сцепление генов, самка АаВв производила не два, а четыре типа гамет. Однако гамет с исходными сочетаниями сцепленных генов формировалось намного больше (АВ и аb вместе составили 83 %), чем с новыми их сочетаниями (сумма Ab и aB равна 17 %). Было выяснено, что причиной появления хромосом с новыми комбинациями родительских генов является *кроссинговер*. Вы помните, что этот процесс происходит в профазе I мейоза и представляет собой обмен соответствующими участками между гомологичными хромосомами. Таким образом, кроссинговер препятствует полному (абсолютному) сцеплению генов. Гаметы, которые образуются в результате кроссинговера, и особи, которые развиваются при участии таких гамет, называются *кроссоверными* или *рекомбинантными*. В рассмотренном эксперименте гаметы Ab и aB являлись кроссоверными, гаметы АВ и ab – некроссоверными. Кроссинговер между конкретными сцепленными генами происходит с определенной вероятностью (частотой). Для расчета частоты кроссинговера (rf, от англ. recombination frequency – частота рекомбинации) можно пользоваться следующей формулой:  $rf = \text{сумма кроссоверных гамет (особей)} : \text{на общее количество гамет (особей)} \times 100 \%$ . Таким образом, между генами А и В, контролирующими цвет тела и длину крыльев дрозофилы, кроссинговер происходит с частотой:  $rf_{AB} = 17 \%$ . *Частота кроссинговера пропорциональна расстоянию между генами, расположенными в одной хромосоме.* Чем больше расстояние между сцепленными генами, тем чаще между ними происходит кроссинговер. И наоборот, чем ближе друг к другу расположены гены, тем меньше частота кроссинговера между ними. В профазе I мейоза при конъюгации гомологичных хромосом образование перекрестов между хроматидами осуществляется произвольно, на любых соответствующих участках. Гены А и В (или а и b) находятся сравнительно близко друг к другу. Вероятность того, что перекрест произойдет именно на участке, разделяющем эти гены, невелика. Гены А и D (или а и d) располагаются на значительном расстоянии друг от друга. Поэтому

вероятность того, что хроматиды перекрестятся на каком-либо участке между ними, намного выше. Значит, чем больше расстояние между генами, тем чаще они разделяются при кроссинговере. Таким образом, частота кроссинговера позволяет судить о расстоянии между генами. Единица измерения расстояния между генами получила название морганида или сантиморганида (сМ). *Морганида* (сантиморганида, сМ) – это генетическое расстояние, на котором кроссинговер происходит с вероятностью 1 %. Биологическое значение кроссинговера чрезвычайно велико. В результате этого процесса возникают новые комбинации родительских генов, что повышает генетическое разнообразие потомства и расширяет возможности адаптации организмов к различным условиям окружающей среды.

Знание частоты кроссинговера между сцепленными генами позволяет строить генетические карты хромосом. *Генетическая карта* представляет собой схему взаимного расположения генов, находящихся в одной группе сцепления, с учетом расстояний между ними. Генетические карты хромосом уже составлены для человека, многих видов животных, растений, грибов и микроорганизмов. Наличие генетической карты свидетельствует о высокой степени изученности того или иного вида организма и представляет большой научный интерес. Такой организм является прекрасным объектом для проведения дальнейших экспериментальных работ, имеющих не только научное, но и практическое значение. В частности, знание генетических карт позволяет планировать работы по получению организмов с определенными сочетаниями признаков, что широко применяется в селекционной практике. Генетические карты хромосом человека используются в медицине для диагностики и лечения ряда наследственных заболеваний.

*Основные положения хромосомной теории наследственности.*

1. Гены в хромосомах расположены линейно, в определенной последовательности. Аллельные гены находятся в одинаковых локусах гомологичных хромосом.

2. Гены, расположенные в одной хромосоме, образуют группу сцепления и наследуются вместе. Количество групп сцепления равно числу пар хромосом.

3. Сцепление генов может нарушаться в результате кроссинговера, происходящего при конъюгации гомологичных хромосом в профазе I мейоза.

4. Частота кроссинговера пропорциональна расстоянию между генами: чем больше расстояние, тем выше частота кроссинговера, и наоборот.

5. За единицу расстояния между сцепленными генами принята 1 морганида – расстояние, на котором кроссинговер происходит с вероятностью 1 %.

*Генетика пола. Хромосомное определение пола.*

*Пол* – это совокупность морфологических, физиологических, биохимических и других признаков организма, обеспечивающих воспроизведение себе подобных. Половые признаки принято делить на первичные (наличие половых желез определенного типа и других репродуктивных органов) и *вторичные* (фенотипические различия мужских и женских особей, непосредственно не принимающие участия в процессе

размножения). Поскольку признаки определяются генами, было сделано предположение, что пол организма определяется генетически. При исследовании кариотипов многих видов животных и человека было установлено, что у особей мужского и женского пола имеются различия в одной паре хромосом. Дальнейшие исследования показали, что эти хромосомы и определяют пол организма, в связи с чем они получили название *половых хромосом*. Все остальные пары хромосом (одинаковые у особей мужского и женского пола) были названы *аутосомами*. В соматических клетках человека содержится 23 пары хромосом: 22 пары аутосом и 1 пара половых хромосом. В клетках мужского организма половые хромосомы резко отличаются по размеру и строению. Одна из них крупная, неравноплечая, содержит большое количество генов – это *X-хромосома* (икс). Другая хромосома мелкая, напоминает букву Y и содержит сравнительно мало генов. Она названа *Y-хромосомой* (игрек). В клетках женского организма половые хромосомы одинаковые – две X-хромосомы. Обозначив аутосомы буквой А, можно записать хромосомный набор женщины в виде 44А XX, мужчины – 44А XY. При образовании гамет в каждую из них попадает половина аутосом и одна из половых хромосом. Значит, в женском организме образуется один тип яйцеклеток: все они имеют набор хромосом 22А X. В мужском организме формируются два типа сперматозоидов в равном соотношении: 22А X и 22А Y. Если яйцеклетку оплодотворяет сперматозоид, содержащий X-хромосому, из зиготы развивается женский организм. Если в оплодотворении участвует сперматозоид с Y-хромосомой, из зиготы развивается ребенок мужского пола. У человека пол ребенка зависит от типа сперматозоида отца. Поскольку оба типа мужских гамет образуются с одинаковой вероятностью, в потомстве наблюдается расщепление по полу 1 : 1. Пол, имеющий одинаковые половые хромосомы и образующий один тип гамет, принято называть *гомогаметным*. Пол, формирующий два типа гамет, называется *гетерогаметным*.

При XY-типе определения пола женский пол является гомогаметным, мужской – гетерогаметным.

В природе встречается и противоположный тип определения пола, при котором мужские особи являются гомогаметными, женские – гетерогаметными. Это характерно для птиц, многих пресмыкающихся, некоторых рыб, земноводных, бабочек (тутовый шелкопряд), растений (земляника). При этом половые хромосомы обозначают буквами Z и W, чтобы выделить данный тип определения пола. У самцов половые хромосомы записывают как ZZ, у самок – ZW.

У некоторых видов живых организмов гетерогаметный пол имеет лишь одну непарную половую хромосому, в то время как гомогаметный – две одинаковые. Например, у кузнечика самки имеют хромосомный набор 16А XX, самцы – 16А X0 (нулем обозначают отсутствие хромосомы). Самки являются гомогаметным полом, их яйцеклетки содержат по девять хромосом: 8А X. Самцы производят два типа сперматозоидов: в одних содержится также девять хромосом: 8А X, в других – только восемь: 8А 0. Следовательно, у кузнечика

мужской пол гетерогаметен. Х0-тип определения пола встречается и у других видов прямокрылых, также у жуков, пауков, некоторых клопов, круглых червей.

В случаях, когда гетерогаметным полом является женский, половые хромосомы самок записывают как Z0, самцов – ZZ.

У пчел, ос, муравьев и некоторых других перепончатокрылых нет половых хромосом. Самки – это диплоидные организмы, которые развиваются из оплодотворенных яиц, гаплоидные самцы – из неоплодотворенных.

*Особенности наследования признаков, сцепленных с полом.*

Половые хромосомы содержат не только гены, определяющие пол организма, но и другие, не имеющие отношения к полу. Например, в X-хромосоме человека расположены гены, контролирующие свертывание крови, цветоощущение (способность различать основные цвета), развитие зрительного нерва и др. Y-хромосома этих генов не содержит.

Y-хромосома человека имеет небольшие размеры и соответственно содержит меньше генов, чем X-хромосома. Однако, помимо генов, определяющих развитие мужских половых признаков, в ней имеются и другие. Именно в Y-хромосоме находятся гены, определяющие наличие жестких волос на ушных раковинах, крупных зубов и некоторых других признаков. В X-хромосоме таких генов нет, поэтому данные признаки могут проявляться лишь у мужчин.

Признаки, которые определяются генами, расположенными в половых хромосомах, называются признаками, *сцепленными с полом*. Наследование этих признаков имеет свои особенности. Рассмотрим их на примере наследственного заболевания человека – гемофилии. У больных гемофилией нарушен процесс свертывания крови, поэтому в результате травм или хирургического вмешательства могут возникать кровотечения, представляющие угрозу для жизни. Кроме того, у гемофиликов нередко происходят спонтанные кровоизлияния в суставы и внутренние органы. Эта болезнь обусловлена рецессивным геном h, сцепленным с X-хромосомой. Доминантный ген H определяет у человека нормальное свертывание крови. У женщин две X-хромосомы, поэтому по признаку свертываемости крови, как и по другим признакам, сцепленным с X-хромосомой, возможны три варианта генотипа: HH (при генной форме записи –  $X^H X^H$ ) – здоровая женщина; Hh (или  $X^H X^h$ ) – здоровая женщина, носительница гена гемофилии; hh (или  $X^h X^h$ ) – женщина-гемофилик. Девочки, больные гемофилией, рождаются чрезвычайно редко: одна на 100 млн новорожденных (среди мальчиков в среднем 1 : 10 000). Раньше многие девочки-гемофилики умирали в подростковом возрасте в связи с началом менструаций. Хотя гемофилия и на сегодняшний день считается неизлечимой болезнью, ее течение контролируется с помощью инъекций недостающего фактора свертывания крови.

При записи скрещиваний Y-хромосому обозначают чертой с крючком. В отношении генов H или h она является «пустой». Поэтому у мужчины имеется лишь один ген, определяющий свертываемость крови. Этот ген находится в X-

хромосоме и всегда проявляется в фенотипе независимо от того, является ли он доминантным или рецессивным. Таким образом, у мужчин могут быть следующие генотипы: H (или X<sup>H</sup>Y) – здоровый мужчина; h (или X<sup>h</sup>Y) – мужчина-гемофилик. Как видно из записей генотипов, мужчины не могут являться носителями гена гемофилии и других наследственных заболеваний, сцепленных с X-хромосомой. Рецессивные, сцепленные с X-хромосомой признаки чаще встречаются среди мужчин.

*Генотип как целостная система.*

У живых организмов известно огромное количество признаков, которые контролируются не одной, а двумя и более парами генов. *Взаимодействием неаллельных генов* определяются, например, рост, тип телосложения и цвет кожи у человека, окраска шерсти и оперения у многих млекопитающих и птиц, форма, величина, окраска плодов и семян растений. Часто наблюдается и противоположное явление, когда одна пара аллельных генов влияет сразу на несколько признаков организма. Кроме того, действие одних генов может быть изменено соседством других генов или условиями окружающей среды. Таким образом, гены тесно связаны и взаимодействуют друг с другом. Поэтому генотип любого организма нельзя рассматривать как простую сумму отдельных генов. *Генотип* – это сложная целостная система взаимодействующих генов.

### **1.10.23. Изменчивость организмов.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Изменчивость организмов. Взаимодействие генотипа и условий окружающей среды. Формы изменчивости: ненаследственная и наследственная изменчивость. Модификационная изменчивость. Понятие о модификациях. Норма реакции. Статистические закономерности модификационной изменчивости. Значение модификационной изменчивости.

Генотипическая изменчивость и ее виды. Комбинативная изменчивость. Мутационная изменчивость. Понятие мутации. Типы мутаций (генные, хромосомные, геномные). Соматические и генеративные мутации. Закон гомологических рядов наследственной изменчивости (Н. И. Вавилов). Мутагенные факторы среды. Значение генотипической изменчивости.

*Модификационная изменчивость* – это изменение фенотипа под действием факторов окружающей среды, происходящее без изменения генотипа.

*Комбинативная изменчивость* – возникновение у потомства новых сочетаний (комбинаций) родительских генов.

*Мутации* – наследуемые изменения генетического материала организмов.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Модификационная изменчивость.

Фенотип определяется генотипом. В ряде случаев признак действительно формируется только под влиянием генотипа и не зависит от условий среды, в которых развивается организм. У человека, имеющего в генотипе гены I<sup>A</sup> и I<sup>B</sup>, независимо от условий жизни формируется IV группа крови. В то же время рост, масса тела, количество эритроцитов в крови и многие другие признаки зависят еще и от условий окружающей среды.

В 1895 г. французский ботаник Г. Бонье провел следующий опыт: разделил молодое растение одуванчика на две части и стал выращивать их в разных условиях – на равнине и высоко в горах. Первое растение достигло нормальной высоты, второе оказалось карликовым. Опыт показывает, что на формирование фенотипа (признаков) оказывает влияние не только генотип, но и условия окружающей среды. Поэтому организмы, имеющие одинаковые генотипы (например, монозиготные близнецы), могут отличаться друг от друга по фенотипу. Из данного опыта вытекает и другой вывод: каждый организм, развиваясь в определенных условиях освещенности, влажности, температуры, испытывает на себе действие факторов среды и способен изменяться под их влиянием. Различают ненаследственную (модификационную) и наследственную (генотипическую) изменчивость. Модификационная изменчивость – это изменение фенотипа под действием факторов окружающей среды, происходящее без изменения генотипа. Различные признаки организма в разной степени меняются под влиянием внешних условий. Одни из них очень пластичны и изменчивы, другие менее изменчивы, третьи могут быть изменены условиями среды в очень малой степени. Некоторые признаки практически не изменяются.

#### *Модификационная изменчивость.*

Если мы внимательно рассмотрим форму отдельных цветков и соцветий (корзинок) одуванчиков, также форму листьев и измерим их величину, то обнаружим, что размеры и форма цветков изменяются мало. В большей степени варьирует величина корзинок. В то же время длина листьев и их форма существенно различаются даже в пределах одного растения. Если формирование листьев шло при более низкой температуре, то они мельче и листовая пластинка имеет большие вырезы. При более высокой температуре формируются более крупные листья с небольшими вырезами. Значит, под влиянием среды признаки могут изменяться только в определенном диапазоне. Пределы модификационной изменчивости признака называют его *нормой реакции*. Одни признаки, например длина листьев, высота растений, масса тела животных, удоиность крупного рогатого скота, яйценоскость кур, обладают *широкой нормой реакции*. Другие, например величина цветков и их форма, окраска семян, цветков и плодов, масть животных, жирность молока – более *узкой нормой реакции*. Еще одним примером, иллюстрирующим влияние внешней среды на проявление признаков, служит изменение окраски шерсти у гималайских кроликов. Обычно при 20 °С шерсть у них на всем теле белая, за исключением черных ушей, лап, хвоста и мордочки. При 30 °С кролики вырастают полностью белыми. Если же у гималайского кролика сбрить шерсть на боку или спине и содержать его при температуре воздуха ниже 2 °С, то вместо белой шерсти вырастет черная. Если сбрить шерсть на ухе, то и при обычной температуре там снова вырастет черная шерсть. Следовательно, для каждой области тела у кролика есть свой температурный порог. Эти наблюдения объясняют, почему гималайские кролики рождаются полностью белыми: их эмбриональное развитие происходит в условиях высокой

температуры. Возникновение модификаций в основном связано с тем, что условия окружающей среды влияют на активность ферментов, значит, могут в определенной мере изменять интенсивность и ход протекания процессов обмена веществ в организме.

Модификационная изменчивость характеризуется рядом особенностей, важнейшими из которых являются следующие.

1. Модификации часто носят обратимый характер, т. е. со сменой внешних условий у особей меняется степень выраженности тех или иных признаков (у взрослого человека в зависимости от питания и образа жизни изменяется масса тела, у коров могут изменяться удои, у кур – яйценоскость).

2. В большинстве случаев модификации носят адекватный характер, т. е. степень выраженности признака находится в прямой зависимости от интенсивности и продолжительности действия того или иного фактора (чем больше времени человек проводит под прямыми солнечными лучами, тем больше меланина синтезируется в открытых участках кожи и соответственно темнее ее цвет; поэтому модификационную изменчивость еще называют определенной).

3. Модификации носят адаптивный (приспособительный) характер; это означает, что в ответ на изменившиеся условия среды у особи проявляются такие фенотипические изменения, которые способствуют ее выживанию (у человека, оказавшегося высоко в горах, увеличивается содержание эритроцитов в крови, чтобы обеспечить клетки тела кислородом).

4. Одним из основных свойств модификаций является их массовость; это выражается в том, что один и тот же фактор вызывает примерно одинаковые изменения у особей, сходных генотипически; поэтому модификационную изменчивость называют групповой (при перемещении овец в более холодные условия у всех особей шерсть становится более густой).

5. Так как при модификационной изменчивости генотип не затрагивается, то модификации не наследуются; наследуется только норма реакции, поскольку она обусловлена генотипом.

*Статистический анализ модификационной изменчивости.*

Признаки организмов подразделяются на качественные (цвет глаз и волос у человека, масть животных, окраска семян) и количественные (рост человека, масса тела животных, высота стебля и размер листьев растений.). Для характеристики степени изменчивости количественных признаков применяют статистические методы – построение *вариационного ряда* и *вариационной кривой*. Например, количество колосков в сложных колосьях пшеницы одного сорта варьирует в широких пределах. Если расположить колосья по возрастанию количества колосков, то получится вариационный ряд изменчивости данного признака, состоящий из отдельных вариантов. Частота встречаемости отдельной варианты в вариационном ряду неодинакова: наиболее часто встречаются колосья со средним числом колосков и реже – с большим и меньшим. Распределение вариантов в этом ряду можно изобразить графически. Для этого на оси абсцисс откладывают значения вариант ( $v$ ) в

порядке их увеличения, на оси ординат – частоту встречаемости каждой варианты (р). Графическое выражение изменчивости признака, отражающее как размах вариаций, так и частоты встречаемости отдельных вариантов, называют вариационной кривой.

Модификационная изменчивость обеспечивает сравнительно быстрое формирование в ходе онтогенеза приспособлений организма к изменяющимся условиям внешней среды, способствуя тем самым выживанию особей. Следовательно, модификации являются важнейшим фактором нормального протекания индивидуального развития живого организма. Знание закономерностей модификационной изменчивости имеет большое практическое значение, так как позволяет предвидеть и заранее планировать многие показатели. В частности, создание оптимальных условий для реализации генотипа дает возможность добиться высокой продуктивности животных и растений.

*Генотипическая изменчивость.*

Выделяют два типа генотипической (наследственной) изменчивости: комбинативную и мутационную.

*Комбинативная изменчивость.*

Возникновение у потомства новых сочетаний (комбинаций) родительских генов называется комбинативной изменчивостью.

*Источниками комбинативной изменчивости* служат три процесса. 1. Кроссинговер, происходящий в профазе I мейоза. 2. Независимое расхождение хромосом в анафазе I мейоза. Именно независимое комбинирование хромосом является основой третьего закона Менделя. 3. Случайное сочетание гамет при оплодотворении.

Первые два процесса обеспечивают образование гамет с разными комбинациями генов. Случайное слияние гамет приводит к образованию зигот с различными сочетаниями генов обоих родителей. В результате у гибридов появляются новые комбинации родительских признаков, также новые признаки, которых не было у родителей. Структура генов при этом не изменяется. Одним из примеров комбинативной изменчивости может служить рождение детей с I или IV группой крови у гетерозиготных родителей, имеющих II и III группы крови (у потомков появляются новые признаки, отличные от родительских). Другим примером может быть появление мух с серым телом и зачаточными крыльями, с черным телом и нормальными крыльями при скрещивании дигетерозиготной дрозофилы (серое тело, нормальные крылья) с черным самцом, имеющим зачаточные крылья. В данном случае у потомства вследствие кроссинговера возникают новые сочетания признаков родителей. Таким образом, комбинативная изменчивость – важнейший источник разнообразия живых организмов и их возможности к адаптации.

*Мутационная изменчивость.*

Причиной этого типа изменчивости являются мутации – наследуемые изменения генетического материала организмов. Практически любое изменение

структуры генов, строения или количества хромосом, при котором клетка сохраняет способность к самовоспроизведению, обуславливает наследственные изменения признаков организма. Процесс возникновения мутаций получил название *мутагенеза*, а организмы, изменившие свой фенотип в результате мутации, называются *мутантами*.

*Основные положения мутационной теории:*

1. Мутации (в отличие от модификаций) не развиваются постепенно, а возникают внезапно, скачкообразно; они не образуют непрерывных рядов изменчивости, не имеют нормы реакции.

2. Мутации наследуются.

3. Мутации ненаправленны (неопределенны) – измениться может любой элемент наследственного материала клетки (ген, хромосома, хромосомный набор в целом), причем нельзя с достоверностью предсказать, какие именно генетические структуры будут затронуты, каким образом произойдут изменения и к каким последствиям для клетки (и организма) это приведет.

4. Мутации не носят массовый характер, а проявляются индивидуально.

5. Сходные мутации могут возникать неоднократно.

Физические, химические и биологические факторы, воздействие которых на живые организмы приводит к появлению мутаций, называются *мутагенными факторами* или *мутагенами*. *Физическими мутагенами* являются все виды ионизирующих излучений (гамма- и рентгеновские лучи, протоны, нейтроны), ультрафиолетовое излучение, очень высокая или низкая температура. К *химическим мутагенам* относятся многие вещества, например формалин, колхицин, кофеин, некоторые пищевые консерванты и пестициды, компоненты табачного дыма, лекарственных препаратов. *Биологическими мутагенами* являются вирусы и токсины, выделяемые паразитами, плесневыми грибами и др.

По происхождению различают спонтанные и индуцированные мутации. *Спонтанные мутации* возникают самопроизвольно на протяжении всей жизни организма в нормальных для него условиях окружающей среды. *Индукцированными* называют мутации, искусственно вызванные при помощи мутагенных факторов в экспериментальных условиях. Индуцированные мутации возникают во много раз чаще, чем спонтанные.

По уровню изменения генетического материала мутации подразделяют на генные, хромосомные и геномные.

*Генные мутации* – это изменения нуклеотидной последовательности ДНК в пределах одного гена вследствие вставки, выпадения или замены нуклеотидов. Такие изменения воспроизводятся в структуре иРНК и часто приводят к изменению последовательности аминокислот синтезируемых белков. Это самый распространенный тип мутаций и важнейший источник наследственной изменчивости организмов. Например, у человека замена определенного нуклеотида в гене, кодирующем цепь гемоглобина, приводит к замене в этом белке одной аминокислоты (глутаминовой) на другую (валин). Изменение структуры гемоглобина ведет к тому, что эритроциты вместо

округлой формы приобретают серповидную и теряют способность к транспорту кислорода. Это заболевание носит название *серповидноклеточной анемии*.

*Хромосомные мутации* – это изменения структуры хромосом. Различают внутрихромосомные и межхромосомные мутации. К *внутрихромосомным* мутациям относят: выпадение участка хромосомы (*делеция*), двукратный или многократный повтор фрагмента хромосомы (*дупликация*), поворот участка хромосомы на  $180^\circ$ , из-за чего гены этого участка располагаются в обратной последовательности (*инверсия*). К *межхромосомным* мутациям относят обмен участками между двумя негомологичными хромосомами (*транслокация*).

*Геномные мутации* – это изменение количества хромосом в клетках. В основе таких нарушений лежит нерасхождение хромосом к полюсам клеток при мейозе или митозе. Это может быть вызвано действием различных факторов на нити веретена деления. Среди геномных мутаций выделяют полиплоидию и гетероплоидию. *Полиплоидия* – это увеличение числа хромосом в клетках, кратное гаплоидному набору. При полиплоидии возникают *триплоидные* ( $3n$ ), *тетраплоидные* ( $4n$ ), *гексаплоидные* ( $6n$ ), *октаплоидные* ( $8n$ ) клетки. Полиплоидия распространена главным образом у растений. Полиплоидные формы имеют более крупные листья, цветки, плоды и семена, отличаются повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам среды. *Гетероплоидия (анеуплоидия)* – это изменение числа хромосом, не кратное гаплоидному набору. Гетероплоидия наблюдается, если во время митоза или мейоза отдельные гомологичные хромосомы не расходятся или теряются. В результате могут возникать половые клетки с лишними хромосомами или, наоборот, с нехваткой определенных хромосом. При слиянии таких гамет с нормальными половыми клетками могут образоваться зиготы с наборами:  $2n + 1$  (трисомия),  $2n - 1$  (моносомия). Люди с синдромом Дауна являются трисомиками по 21-й хромосоме, поскольку имеют в клетках одну лишнюю хромосому из 21-й пары. Если отсутствует пара гомологичных хромосом, мутацию называют нуллисомией ( $2n - 2$ ). Известны мутации, при которых в наборе содержится несколько лишних гомологичных хромосом: тетрасомия, пентосомия.

В зависимости от того, в каких клетках произошли мутации, их подразделяют на соматические и генеративные. *Соматические мутации* происходят в соматических клетках. Они могут проявляться у самой особи и передаваться потомству при вегетативном размножении. *Генеративные мутации* происходят в половых клетках и передаются при половом размножении.

По влиянию на жизнеспособность и плодовитость особей различают следующие типы мутаций. *Летальные мутации* приводят к гибели организма (у человека отсутствие X-хромосом в наборе вызывает гибель плода на третьем месяце эмбрионального развития). *Полулетальные мутации* снижают жизнеспособность мутантов (гемофилия, врожденная форма сахарного диабета). *Нейтральные мутации* не оказывают существенного влияния на жизнеспособность и плодовитость особей (появление веснушек). *Полезные*

*мутации* повышают приспособленность организмов к условиям среды (мутации, обуславливающие невосприимчивость к определенным возбудителям заболеваний – ВИЧ, малярийному плазмодию).

*Закон гомологических рядов наследственной изменчивости.*

Н.И.Вавилов установил важную закономерность, известную под названием закона гомологических рядов наследственной изменчивости. Сущность этого закона заключается в том, что *виды и роды, близкие генетически, связанные единством происхождения, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости.* Зная, какие формы изменчивости встречаются у одного вида, можно предвидеть нахождение сходных форм у других видов. Фактами, подтверждающими этот закон, являются случаи альбинизма у позвоночных, гемофилии, наследственных форм катаракты (помутнение хрусталика) и сахарного диабета у человека и других млекопитающих, отсутствие остей в соцветиях, черная окраска зерен злаковых культур. Появление сходных мутаций объясняется общностью генотипов. Чем больше степень эволюционного родства рассматриваемых организмов, тем больше сходства наблюдается в рядах наследственной изменчивости.

Закон Н. И. Вавилова имеет большое практическое значение для селекции и сельского хозяйства, поскольку прогнозирует наличие определенных форм изменчивости у растений и животных. Зная характер изменчивости у одного или нескольких близких видов, можно целенаправленно искать формы, еще неизвестные у данного вида, но уже открытые у родственных ему форм. Благодаря закону гомологических рядов медицина и ветеринария получили возможность переносить знания о механизмах развития, течения и способах лечения заболеваний одних видов (в частности, человека) на другие, близкородственные.

Мутации как источники наследственной изменчивости являются важнейшим фактором эволюции, обеспечивающей адаптацию популяций и видов к изменяющимся условиям среды. Генотипическая изменчивость лежит в основе практической селекции при создании новых пород животных, сортов растений и штаммов микроорганизмов. В настоящее время практически все мировое производство антибиотиков основано на использовании высокопродуктивных штаммов микроорганизмов, полученных под действием мутагенов. Использование мутагенов в селекции растений позволило получить новые, более продуктивные и лучше приспособленные к условиям среды, сорта пшеницы, ржи, ячменя, гороха и других культур.

#### **1.10.24. Особенности наследственности и изменчивости у человека.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Особенности наследственности и изменчивости у человека. Методы изучения наследственности и изменчивости человека (генеалогический, близнецовый, цитогенетический, дерматоглифический, популяционно-статистический, биохимический, молекулярно-генетический). Врожденные и наследственные заболевания человека. Факторы внешней среды как причина возникновения наследственных болезней. Генные болезни (фенилкетонурия,

гемофилия). Хромосомные болезни (синдром полисомии по X-хромосоме, синдром Шерешевского-Тернера, синдром Кляйнфельтера, синдром Дауна). Профилактика наследственных болезней. Медико-генетическое консультирование.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Особенности наследственности и изменчивости человека.*

Основные закономерности наследственности и изменчивости, установленные для организмов, универсальны, следовательно, справедливы и для человека. Однако как объект генетических исследований, человек имеет свои особенности. Для людей невозможно экспериментально получать мутации, не применив гибридологический метод. Кроме того, генетический анализ усложняется рядом факторов: большим числом хромосом, малым количеством потомков в семье, медленной сменой поколений (одно поколение – в среднем 30 лет), широким генотипическим и фенотипическим полиморфизмом (разнообразием).

В современной генетике человека используются как классические методы исследований (генеалогический, близнецовый, цитогенетический, популяционностатистический, дерматоглифический), так и новые – биохимические и молекулярно-генетические.

*Генеалогический метод* основан на построении и изучении родословных. С помощью этого метода можно выяснить, наследуются ли изучаемые признаки, установить тип наследования (доминантный или рецессивный, сцепленный с полом или аутосомный) и тип взаимодействия генов. Метод используется для диагностики наследственных заболеваний и медико-генетического консультирования. С помощью генеалогического метода доказан наследственный характер многих признаков и заболеваний. Классическим примером рецессивного, сцепленного с X-хромосомой заболевания является гемофилия, наследование которой четко прослеживается по родословным семей, царствовавших в Европе. Аналогичный тип наследования имеют атрофия зрительного нерва и дальтонизм. Примерами *доминантных* заболеваний, сцепленных с X-хромосомой, могут быть гипоплазия (истончение) эмали зубов, а также наследственная форма рахита, которая не лечится витамином D. К заболеваниям с *аутосомно-доминантным типом наследования* относятся полидактилия (шестипалость), брахидактилия (короткопалость), ахондроплазия (карликовость). Многие заболевания человека имеют *аутосомно-рецессивный тип наследования* (фенилкетонурия, альбинизм, наследственные формы сахарного диабета.).

*Близнецовый метод* состоит в сравнительном изучении развития признаков у близнецов. Данный метод позволяет определить вклад генетических факторов и условий среды (климат, питание, образ жизни и т. д.) в развитие конкретных фенотипических признаков человека. При использовании близнецового метода проводится сравнение *монозиготных (однойяцевых) близнецов* как друг с другом, так и с *дизиготными (разнойяцевыми) близнецами* и с общей популяцией. Монозиготные близнецы развиваются *из одной зиготы*, на стадии

дробления давшей начало двум или более эмбрионам. С генетической точки зрения они идентичны, так как обладают одинаковым генотипом. Соответственно, они очень похожи внешне, всегда одного пола, имеют одинаковую группу крови, одинаковые отпечатки пальцев. Дизиготные близнецы развиваются в том случае, если одновременно произошло *оплодотворение двух разных яйцеклеток* двумя сперматозоидами. Соответственно, такие близнецы имеют различные генотипы и сходны между собой не более чем обычные братья и сестры.

*Цитогенетический метод* основан на микроскопическом изучении хромосом. У человека 46 хромосом. Была установлена хромосомная природа синдрома Дауна. В дальнейшем были описаны и другие хромосомные болезни человека. В результате цитогенетика стала важнейшим разделом практической медицины. В настоящее время цитогенетический метод широко применяется для диагностики хромосомных болезней, изучения мутационного процесса.

*Популяционно-статистический метод* связан с изучением наследственных признаков в больших группах населения (популяциях), важным условием при этом является точная статистическая обработка получаемых данных. Метод позволяет определять частоту встречаемости в популяциях определенных генов, генотипов и фенотипов, исследовать закономерности мутационного процесса, выявлять роль генотипа и условий среды в возникновении наследственных заболеваний.

*Дерматоглифический метод* основан на изучении рельефа кожи на пальцах, ладонях и подошвах стоп. В отличие от других частей тела здесь имеются эпидермальные выступы, образующие сложные узоры – дуги, петли, завитки. Рисунок на пальцах строго индивидуален и может совпадать только у монозиготных близнецов.

Многие наследственные заболевания человека обусловлены генными мутациями, в результате которых изменяется структура соответствующих белков. В большинстве случаев такие белки оказываются неспособными в полной мере выполнять свои функции либо полностью утрачивают биологическую активность. Это приводит к различным нарушениям обмена веществ и отражается не только на химическом составе отдельных клеток и тканей, но и на биохимических показателях крови, спинномозговой жидкости, мочи, пота. Следовательно, генные мутации можно выявлять с помощью *биохимических методов*. Они основаны на качественном и количественном анализе определенных веществ, прежде всего ферментов и продуктов катализируемых ими реакций. Использование современных биохимических методов позволяет определять любые специфические метаболиты, характерные для конкретной наследственной болезни. Биохимические методы дают возможность не только диагностировать заболевания и следить за ходом их лечения, но и выявлять гетерозиготных носителей дефектных генов, определять наследственную предрасположенность к различным заболеваниям. В ряде случаев это возможно осуществить еще до рождения человека, на этапе эмбрионального развития.

*Метод соматической гибридизации* позволяет получать гибридные клетки организмов разных видов (человек – мышь, человек – комар) путем слияния соматических клеток в лабораторных условиях. В таких клетках функционируют хромосомы обоих видов, происходит синтез соответствующих белков. Однако при делении гибридные клетки постепенно утрачивают человеческие хромосомы. Это связано с тем, что исходные клетки человека «не привыкли» делиться так интенсивно, как, например, клетки мыши или комара. Когда гибридная клетка теряет какую-либо хромосому, в ней перестают синтезироваться определенные белки. Поэтому можно предполагать, что гены, кодирующие эти белки, расположены в «потерянной» хромосоме. Метод соматической гибридизации позволяет устанавливать группы сцепления и выяснять последовательность расположения генов в хромосомах, строить генетические карты хромосом человека.

*Молекулярно-генетические методы* – большая и разнообразная группа методов, позволяющих анализировать фрагменты нуклеиновых кислот, находить и выделять отдельные гены, определять в них последовательность нуклеотидов. Поиск определенных генов или их фрагментов можно осуществлять путем гибридизации ДНК. Для этого к образцам исследуемой ДНК добавляют специальные зонды – искусственно синтезированные цепочки ДНК с известной последовательностью нуклеотидов. ДНК-зонд создают таким образом, чтобы он мог комплементарно связаться с искомым геном, а также содержал радиоактивную или светящуюся метку. Метка нужна для обнаружения зонда после того, как он свяжется с интересующим нас участком ДНК. Этот метод позволяет обнаруживать единственный ген среди десятков тысяч.

Выделение генов (или их фрагментов) производится с помощью специальных ферментов, разрезающих молекулы ДНК в строго определенных местах. Если полученных фрагментов оказалось недостаточно для последующего анализа, их можно «размножить» с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР). Этот процесс протекает по тому же принципу, что и удвоение ДНК в клетках, и фактически представляет собой многократную репликацию в искусственно созданных условиях. С помощью ПЦР можно за несколько часов создать миллионы копий исходного фрагмента ДНК. Для «прочтения» генов и выявления любых типов генных мутаций применяется *секвенирование* (от англ. sequence – последовательность), определение последовательности нуклеотидов ДНК. Определена нуклеотидная последовательность ДНК всех хромосом человека. Установлено, что ДНК человека, а также животных и растений содержит особые повторяющиеся последовательности нуклеотидов. Их структура и расположение в хромосомах уникально для каждого человека, как отпечатки пальцев, и совпадает только у однояйцевых близнецов. Анализ таких последовательностей используется для идентификации личности или установления родства. Этот метод получил название *генной дактилоскопии*.

*Наследственные болезни человека.*

Среди наследственных болезней выделяют генные и хромосомные болезни, также заболевания с наследственной предрасположенностью.

*Генные болезни* – это значительная группа заболеваний, возникающих в результате повреждений ДНК на уровне гена. Обычно данные заболевания определяются одной парой аллельных генов и наследуются в соответствии с законами Г. Менделя. По типу наследования выделяют *аутосомно-доминантные*, *аутосомно-рецессивные* и *сцепленные с полом* заболевания. Большинство генных болезней связано с мутациями в определенных генах, что ведет к изменению структуры и функций соответствующих белков и проявляется фенотипически. К генным заболеваниям относятся многочисленные нарушения обмена веществ (углеводов, липидов, аминокислот, металлов.). Генные мутации могут являться причиной неправильного развития и функционирования определенных органов и тканей. Так, дефектными генами обусловлены наследственная глухота, атрофия зрительного нерва, шестипалость, короткопалость. Примером генной болезни, связанной с нарушением аминокислотного обмена, является *фенилкетонурия*. Это аутосомно-рецессивное заболевание. Оно вызвано дефектом гена, кодирующего фермент, превращающий аминокислоту фенилаланин в другую аминокислоту – тирозин. Дети с фенилкетонурией рождаются внешне здоровыми, однако данный фермент у них неактивен. Поэтому фенилаланин накапливается в организме и превращается в ряд токсичных веществ, повреждающих нервную систему ребенка. Вследствие этого развиваются нарушения мышечного тонуса и рефлексов, судороги, позже присоединяется отставание в умственном развитии. В результате мутации гена, отвечающего за синтез одного из белков соединительнотканых волокон, развивается *синдром Марфана*. Это заболевание наследуется по аутосомно-доминантному типу. Больных отличает высокий рост, длинные конечности, очень длинные «паучьи» пальцы, плоскостопие, деформация грудной клетки. Кроме того, заболевание может сопровождаться недоразвитием мышц, косоглазием, катарактой, врожденными пороками сердца. *Гемофилия* – наследственное нарушение свертываемости крови. Это рецессивное заболевание, сцепленное с X-хромосомой, обусловлено снижением или нарушением синтеза определенного фактора свертывания крови. При тяжелой форме гемофилии кровотечения, опасные для жизни больного, могут быть вызваны даже незначительной на первый взгляд травмой.

*Хромосомные болезни* обусловлены хромосомными и геномными мутациями, связаны с изменением структуры или количества хромосом. Среди них можно выделить аномалии половых хромосом, *трисомии* по аутосомам, также структурные нарушения хромосом. К синдромам с числовыми аномалиями половых хромосом относятся: синдром Шерешевского – Тернера, синдром полисомии по X-хромосоме у женщин, синдром Клайнфельтера. Причиной данных заболеваний является нарушение расхождения половых хромосом при образовании гамет. *Синдром Шерешевского – Тернера* развивается у девочек с хромосомным набором 44A X0 (отсутствует вторая X-

хромосома). Для больных характерен низкий рост (в среднем 140 см), короткая шея с глубокими кожными складками от затылка к плечам, укорочение 4-го и 5-го пальцев рук, отсутствие или слабое развитие вторичных половых признаков, бесплодие. В 50 % случаев наблюдается умственная отсталость или склонность к психозам. *Синдром полисомии* по X-хромосоме у женщин может быть обусловлен трисомией (набор 44A XXX), тетрасомией (44A XXXX), пентасомией (44A XXXXX). Проявления достаточно разнообразны: отмечается незначительное снижение интеллекта, возможно развитие психозов и шизофрении, нарушение функций яичников. При тетрасомии и пентасомии повышается вероятность умственной отсталости, отмечается недоразвитие первичных и вторичных половых признаков. *Синдром Клайнфельтера* наблюдается с частотой 1:500 новорожденных мальчиков. Больные имеют лишнюю X-хромосому (44A XXУ). Заболевание проявляется в период полового созревания и выражается в недоразвитии половых органов и вторичных половых признаков. Для мужчин с данным синдромом характерен высокий рост, женский тип телосложения (узкие плечи, широкий таз), увеличенные молочные железы, слабый рост волос на лице. У больных нарушен процесс сперматогенеза, и в большинстве случаев они бесплодны. Отставание интеллектуального развития наблюдается лишь в 5 % случаев. *Синдром дисомии* по Y-хромосоме (44A XYУ). Он наблюдается с частотой 1:1000 новорожденных мальчиков. Обычно мужчины с данным синдромом не отличаются от нормы по умственному и физическому развитию. Возможно некоторое увеличение роста выше среднего, незначительное снижение интеллекта, склонность к агрессии. Среди аутосомных трисомий наиболее распространенным является *синдром Дауна*, причиной которого является трисомия по 21-й хромосоме. Частота заболевания в среднем составляет 1:700 новорожденных. Больные характеризуются низким ростом, круглым уплощенным лицом, монголоидным разрезом глаз с эпикантусом – нависающей складкой над верхним веком, маленькими деформированными ушами, выступающей челюстью, маленьким носом с широкой плоской переносицей, нарушениями умственного развития. Болезнь сопровождается снижением иммунитета, нарушением работы эндокринных желез. Около половины больных имеют пороки развития сердечно-сосудистой системы. Встречаются также заболевания, связанные с трисомией по 13-й и 18-й хромосомам. Дети с данными аномалиями обычно умирают в раннем возрасте в связи со множественными пороками развития. Около 90 % от общего числа наследственных патологий человека составляют заболевания с наследственной предрасположенностью. К наиболее часто встречающимся болезням данного типа относятся: ревматизм, цирроз печени, сахарный диабет, гипертония, ишемическая болезнь сердца, шизофрения, бронхиальная астма. Главное отличие этих заболеваний от генных и хромосомных заключается в значительном влиянии условий окружающей среды и образа жизни человека на развитие болезни.

Медико-генетическое консультирование – предупреждение рождения детей с наследственными заболеваниями.

### 1.10.25. Селекция и биотехнология.

*Основные понятия и термины по теме:*

Селекция и биотехнология

Селекция растений, животных и микроорганизмов. Понятие сорта, породы, штамма. Задачи и основные направления селекции. Основные методы селекции (массовый и индивидуальный отбор, гибридизация, мутагенез). Понятие об инбридинге и аутбридинге, отдаленной гибридизации. Особенности селекции микроорганизмов. Достижения современной селекции.

*Селекция* (от лат. селекцио – отбор, выбор) – это наука о создании новых и улучшении уже существующих сортов культурных растений, пород

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Селекция* (от лат. селекцио – отбор, выбор) – это наука о создании новых и улучшении уже существующих сортов культурных растений, пород домашних животных и штаммов микроорганизмов с ценными для человека признаками и свойствами.

*Сортом, породой, штаммом* называют искусственно созданную человеком совокупность организмов одного вида, имеющих определенные наследственно закрепленные признаки и свойства, а также однотипную реакцию на действие факторов окружающей среды.

*Основными направлениями современной селекции:*

1. Получение высокоурожайных сортов растений, высокопродуктивных пород животных и штаммов микроорганизмов.

2. Повышение качества продукции (например, вкуса, внешнего вида, способности к длительному хранению, содержания белков, углеводов, витаминов).

3. Совершенствование физиологических свойств растений, животных и микроорганизмов (скороспелости, устойчивости к болезням, вредителям, неблагоприятным условиям среды).

4. Интенсификация развития (у растений – повышение «отзывчивости» на удобрения и полив, у животных – увеличение так называемой «оплаты» корма).

*Методы селекции:*

*Искусственный отбор* – выбор человеком наиболее ценных в хозяйственном отношении животных, растений и микроорганизмов для дальнейшего получения от них потомства с желаемыми признаками и свойствами.

*Массовый отбор* – это выделение группы особей, сходных по одному или нескольким желаемым признакам (отбор по фенотипу), без проверки их генотипа. Основными достоинствами данного метода являются его простота, экономичность и возможность сравнительно быстрого улучшения местных сортов и пород. Недостаток состоит в невозможности индивидуальной оценки потомства, в силу чего результаты отбора неустойчивы (в потомстве может

наблюдается расщепление, а значит, не все особи унаследуют ценные признаки).

При *индивидуальном отборе* (по генотипу) получают и оценивают потомство каждого отдельного организма в ряду поколений при обязательном контроле наследования интересующих селекционера признаков. На последующих этапах отбора используются только те особи, которые дали наибольшее число потомков с высокими показателями. Подобный отбор наиболее эффективен среди самоопыляющихся растений (пшеница, ячмень), так как приводит к получению чистых линий, обладающих максимальной степенью гомозиготности. При этом от одного растения можно получить большое количество идентичных потомков за счет бесполого и полового размножения.

С целью увеличения вариантов исходного материала для селекции используется *индуцированный мутагенез*. У многих злаков с помощью рентгеновского излучения были получены мутантные формы с рядом полезных признаков. Они отличаются повышенной урожайностью, отсутствием остей, укороченным стеблем. Такие растения имеют заметные преимущества при машинной уборке урожая. Кроме того, короткая и прочная соломина позволяет вести дальнейшую селекцию на увеличение размера и массы зерна без опасения, что повышение урожайности приведет к полеганию растений.

Для сельскохозяйственных животных характерно только половое размножение и немногочисленное потомство, поэтому наряду с отбором животных-производителей применяются специальные методы разведения, например *искусственное осеменение*. Этот метод позволяет эффективно использовать генетический потенциал лучших производителей. Экономический эффект обусловлен снижением затрат на содержание большого поголовья производителей, также возможностью быстрого получения многочисленного потомства с хозяйственно полезными признаками.

Селекционный отбор наиболее эффективен в сочетании с определенными типами скрещивания (методами *гибридизации*). Все разнообразие методов внутривидовой гибридизации сводится к инбридингу и аутбридингу.

*Инбридинг* – это близкородственное скрещивание (внутрипородное или внутрисортное), при котором в качестве исходных форм используются потомки одних и тех же родителей, либо потомки скрещиваются с родительскими формами. Этот тип скрещивания применяется для того, чтобы перевести большинство генов породы или сорта в гомозиготное состояние и избежать расщепления по хозяйственно ценным признакам в ряду поколений. Вместе с тем при инбридинге часто наблюдается *инбредная депрессия* – снижение жизнеспособности и продуктивности потомства, поскольку в гомозиготное состояние переходят и вредные рецессивные мутации.

*Аутбридинг* – неродственное (межпородное или межсортное) скрещивание. Аутбридинг в сочетании с разными формами отбора позволяет создать комбинацию полезных признаков, которые по отдельности характеризовали исходные породы или сорта. При межпородном или

межсортовом скрещивании возрастает гетерозиготность организмов, вследствие чего гибриды первого поколения часто оказываются более жизнеспособными и продуктивными, чем родительские формы. Это явление называется *гетерозисом гибридной мощностью*. В последующих поколениях эффект гетерозиса ослабевает и исчезает.

Ценные результаты также дает метод отдаленной гибридизации, который предполагает скрещивание организмов, принадлежащих к разным видам (родам). При этом также может наблюдаться эффект гетерозиса, но в большинстве случаев межвидовые гибриды оказываются бесплодными. Это связано с тем, что их хромосомный набор представлен различными хромосомами, которые в мейозе не образуют пары (не конъюгируют). Классическим примером является мул – гибрид лошади (кобылы) и осла (самца). Это сильное, выносливое животное, которое может использоваться в значительно более тяжелых условиях, чем обе родительские формы. Однако мулы бесплодны.

Для восстановления плодovitости у межвидовых гибридов растений используют удвоение числа хромосом. Кратное увеличение набора хромосом у межвидовых и межродовых гибридов получило название *аллоплоидии*. Данный метод позволяет преодолеть бесплодие данных гибридов, поскольку все их хромосомы становятся парными и могут конъюгировать в мейозе. Сочетание отдаленной гибридизации и аллоплоидии позволило получить плодovитые гибриды капусты и редьки, ржи и пшеницы, пшеницы и пырея. В результате гибридизации пшеницы (*Triticum*) и ржи (*Secale*) получили ряд форм, объединенных общим названием тритикале. Редька  $2n = 18$ . Капуста  $2n = 18$ . Бесплодный гибрид  $2n = 18 = 9 + 9$ . Плодovитый гибрид  $4n = 36 = 18 + 18$ .

Широко используется *автополиплоидия* – кратное увеличение набора хромосом у определенного вида живых организмов. Этот метод позволяет получать полиплоидные растения ( $4n, 6n, 8n$ ). Они отличаются более крупными размерами, высокой урожайностью, повышенной устойчивостью к болезням и неблагоприятным факторам среды. Около 80 % современных культурных растений являются полиплоидами.

### **1.10.26. Биотехнология.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Биотехнология. Понятие биотехнологии. Объекты и основные направления биотехнологии. Клеточная и геновая инженерия. Инструменты геновой инженерии. Успехи и достижения геновой инженерии. Получение трансгенных животных с заданными признаками. Генодиагностика. Генная терапия. Достижения геновой инженерии в растениеводстве.

Генетическая инженерия и биобезопасность.

*Биотехнология* – область науки и практической деятельности, связанная с производством различных продуктов при помощи живых организмов, культивируемых клеток и биологических процессов

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Биотехнология* – область науки и практической деятельности, связанная с производством различных продуктов при помощи живых организмов, культивируемых клеток и биологических процессов. *Теоретическую основу* для развития биотехнологии обеспечили генетика, микробиология и биохимия. *Практической базой* стала микробиологическая промышленность, бурное развитие которой связано с открытием и началом производства антибиотиков. Методы и достижения биотехнологии используются в пищевой, химической, фармацевтической промышленности, медицине, энергетике, селекции, сельском хозяйстве, в области охраны окружающей среды. *Объектами* биотехнологии являются вирусы, бактерии, протисты, грибы, растения, животные, а также изолированные клетки и органоиды.

*Основные направления биотехнологии:* производство с помощью микроорганизмов и культивируемых эукариотических клеток биологически активных соединений и лекарственных препаратов (ферментов, витаминов, гормонов, антибиотиков, иммуноглобулинов); производство пищевых продуктов и кормов для животных; создание новых полезных штаммов микроорганизмов, сортов растений и пород животных; разработка и использование биологических методов защиты растений от вредителей и болезней; создание и использование биотехнологических методов защиты окружающей среды.

Основой современной биотехнологии является генетическая и клеточная инженерия в сочетании с широким набором методов биохимии.

*Клеточная инженерия* – это культивирование в специальных условиях клеток растений, животных и микроорганизмов, включая различные манипуляции с ними (слияние клеток, удаление или пересадка органоидов). Наиболее успешно развивается клеточная инженерия растений. Используя методы генетики, ученые создают линии клеток, продуцирующих ценные вещества. Такие клетки способны расти на простых питательных средах, синтезируя при этом большое количество необходимого продукта. Другое важное направление клеточной инженерии – размножение растений на основе культуры тканей. Это стало возможным благодаря способности растительных клеток формировать целое растение из единичных клеток в результате регенерации.

Методы клеточной инженерии позволяют значительно ускорить селекционный процесс при выведении новых сортов злаков и других важных сельскохозяйственных культур. Перспективным способом выведения новых сортов сельскохозяйственных культур является применение такого метода клеточной инженерии, как соматическая гибридизация. *Соматическая гибридизация* – это слияние разных типов соматических клеток одного организма или клеток организмов, принадлежащих к разным видам. С помощью этого метода были созданы гибриды, которые невозможно получить путем скрещивания особей – гибриды табака и картофеля, моркови и петрушки, томата и картофеля. Соматическая гибридизация между культурными и дикими формами картофеля позволила получить сорта, устойчивые к некоторым

заболеваниям и вредителям. Важное направление клеточной инженерии связано с ранними стадиями эмбрионального развития. Оплодотворение яйцеклеток в лабораторных условиях вне организма матери (так называемое ЭКО – экстракорпоральное оплодотворение) позволяет преодолевать некоторые формы бесплодия у человека.

*Генетическая (генная) инженерия* – раздел молекулярной биологии, связанный с выделением генов из клеток живых организмов, осуществлением с ними различных манипуляций (созданием гибридных молекул ДНК) и внедрением их в другие организмы. Главными инструментами генетической инженерии являются ферменты и векторы. С помощью набора специальных ферментов можно разрезать в определенных участках молекулы ДНК и РНК, выделять из них нужные фрагменты, копировать и сшивать эти фрагменты друг с другом. Для доставки чужеродных генов в клетки различных организмов применяются *векторы* – специальные молекулы ДНК, которые способны самостоятельно реплицироваться в клетках и обеспечивать размножение (клонирование) и работу (экспрессию) искусственно встроенных в них генов. Для осуществления переноса генов одного вида организмов в другой, часто очень далекий по происхождению, необходимо выполнить несколько операций:

1. Выделение генов (отдельных фрагментов ДНК) из клеток-доноров; в отдельных случаях эту операцию заменяют искусственным синтезом нужных генов.

2. Создание векторной конструкции (введение выделенного из донора фрагмента ДНК в плазмидный вектор с помощью специальных ферментов); в генной инженерии широко используются векторы, созданные на основе *плазмид* – внехромосомных кольцевых молекул ДНК, характерных для прокариот.

3. Введение полученной векторной конструкции в клетку нового хозяина (бактерию).

4. Клонирование фрагмента ДНК (увеличение копий вектора, содержащего введенную ДНК), в ходе многочисленных делений бактериальной клетки. Живые организмы, геном которых был изменен путем генно-инженерных операций и содержит хотя бы один активно функционирующий ген другого организма, называют *трансгенными* (генетически модифицированными). Благодаря переносу генов у трансгенных организмов возникают новые качества. Одним из основных методов получения трансгенных животных является микроинъекция ДНК в оплодотворенные яйцеклетки. Все начинается с введения фрагмента ДНК, содержащего несколько копий нужного гена, в ядро сперматозоида, оплодотворившего яйцеклетку. После того как произойдет слияние ядер, модифицированные зиготы переносят в матку самки-реципиента. Через некоторое время она производит на свет трансгенных детенышей.

Методы генной инженерии успешно используются для диагностики и лечения наследственных заболеваний человека. *Генодиагностика* – это совокупность методов, позволяющих обнаруживать и распознавать

генетические изменения (дефекты) в клетках, также выявлять по специфическим генам возбудителей болезней на ранних этапах заболевания.

Решающим условием успешной генотерапии является эффективность доставки чужеродного гена в клетки-мишени, обеспечение его длительного функционирования в этих клетках и создание условий для полноценной работы гена (его экспрессии). В качестве клеток-мишеней чаще всего используются лимфоциты, клетки красного костного мозга, опухолей, печени. В настоящее время успешно осуществляется введение векторной конструкции, несущей ген фактора свертывания крови, больным гемофилией. Результаты клинических исследований свидетельствуют, что такое «генное лечение» предупреждает возникновение кровотечений и пациенты более года не испытывают необходимости в инъекциях фактора свертывания.

Одна из важнейших задач генной инженерии – выведение трансгенных (генетически модифицированных) животных с повышенной продуктивностью, более высоким качеством продукции и устойчивостью к болезням. Не менее важно создание так называемых *животных-биореакторов* – производителей ценных биологически активных веществ.

Часто для производства генно-инженерных медицинских препаратов используют *трансгенные культуры клеток животных*. На этой основе разработано производство человеческого эритропоэтина – гормона, стимулирующего образование эритроцитов. Это позволило успешно проводить лечение больных различными формами анемии (малокровия).

Перспективы создания трансгенных сельскохозяйственных растений связаны с повышением их устойчивости к болезням и неблагоприятным условиям среды, а также с расширением круга культурных растений, способных к симбиотической фиксации азота. Для этого в растительные клетки вводятся нужные гены, полученные не только от других растений, но и от животных или микроорганизмов.

Одним из перспективных направлений генной инженерии является создание *растений-биореакторов*, способных продуцировать белки, необходимые в медицине, фармакологии. Их достоинствами является относительная простота создания и размножения, высокая продуктивность.

### **1.10.27. Организма и среда. Экологические факторы.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Организм и среда

Уровни организации живых систем. Экология как наука.

Экологические факторы. Понятие о факторах среды (экологических факторах). Классификация экологических факторов. Закономерности Действия факторов среды на организм. Пределы выносливости (толерантности). Понятие о стенобионтах и эврибионтах. Взаимодействие экологических факторов. Понятие о лимитирующих факторах.

Свет в жизни организмов. Фотопериодизм. Экологические группы растений по отношению к световому режиму.

Температура как экологический фактор. Пойкилотермные и гомойотермные организмы. Температурные адаптации растений и животных.

Влажность как экологический фактор. Экологические группы растений по отношению к влаге. Адаптации растений и животных к различному водному режиму.

*Экология* – наука, изучающая биологические системы разного уровня организации (от организма до биосферы) и закономерности их взаимодействия.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Биологическая система (биосистема)* – биологический объект, состоящий из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов и обладающий способностью к развитию, самовоспроизведению и приспособлению к среде. Примером биосистемы может служить любое покрытосеменное растение, состоящее из взаимосвязанных органов – корня, стебля, листьев, цветков и плодов. Благодаря этим структурным элементам растение может размножаться и приспосабливаться к жизни в наземной среде. Смешанный или хвойный лес также является примером биосистемы. Лес состоит из популяций разных видов растений, животных, грибов и микроорганизмов. Эти популяции взаимодействуют между собой и обеспечивают его развитие и устойчивое существование в данной среде.

На основании особенностей проявления свойств живого выделяют несколько уровней организации жизни.

*Первый уровень – молекулярный.* Элементарными единицами этого уровня являются биомолекулы: нуклеиновые кислоты, белки, липиды, углеводы и другие органические соединения, которые вступают во взаимодействие между собой и формируют более сложные системы. Этот уровень организации жизни изучают молекулярная биология и биологическая химия.

Следующим уровнем организации жизни является *клеточный* уровень. Элементарные единицы этого уровня – клетки. Их структурными элементами выступают компоненты, состоящие из взаимосвязанных биомолекул. Клетку как структурную и функциональную единицу жизни изучает наука цитология.

Клетки, взаимодействуя, формируют ткани, из которых образуются органы. Органы и ткани представляют *органо-тканевый* уровень организации жизни. Ткани изучает гистология, органы – анатомия и физиология.

*Организменный* уровень организации жизни представляют организмы (особи) – целостные саморегулирующиеся системы, состоящие из взаимосвязанных тканей и органов.

Растительные организмы изучает ботаника, животные организмы – зоология. Следующим уровнем организации жизни является *популяционно-видовой* уровень. Родственные особи объединяются в популяции, популяции составляют виды.

Следующий уровень организации жизни – *биоценотический*. Элементарными единицами этого уровня являются биоценозы (сообщества). Они формируются из популяций разных видов, длительно обитающих в одной и той же среде, между которыми возникают межвидовые связи и

взаимоотношения. Биogeоценотический уровень организации жизни является еще более сложным. Его представляют биологические системы – биogeоценозы (экосистемы). Они возникают в результате взаимодействия биоценозов и условий среды.

Самый высший уровень организации жизни – *биосферный*. Совокупность всех экосистем на планете Земля, связанных непрерывным круговоротом вещества и потоком энергии, называют биосферой. Она представляет собой глобальную по масштабам и сложности биологическую систему.

Термин «*экология*» (от греч. oikos – дом, жилище, logos – наука, учение) впервые ввел немецкий зоолог-эволюционист Э. Геккель. Под экологией он понимал науку об отношениях организмов с окружающей средой. *Экология* – наука, изучающая биологические системы разного уровня организации (от организма до биосферы) и закономерности их взаимодействия.

Перед экологией стоят следующие задачи:

- 1) изучение реакций организмов на воздействующие на них факторы;
- 2) изучение свойств и структуры популяций, динамики и механизмов регуляции их численности;
- 3) изучение биологического разнообразия экосистем, закономерностей образования и распределения в них биологической продукции;
- 4) изучение процессов, протекающих в биосфере, с целью достижения ее устойчивости;
- 5) разработка оптимальных путей взаимодействия человека и природы с учетом законов существования природы. Таким образом, экология является научной основой рационального использования и охраны природных ресурсов.

Экология как наука изучает следующие биосистемы: организмы, популяции, биоценозы (сообщества), биogeоценозы (экосистемы), биосферу – и закономерности их взаимодействия.

*Среда обитания* – часть природы, которая окружает организм и с которой он непосредственно взаимодействует в течение своего жизненного цикла. Среда обитания каждого организма сложна и изменчива во времени и пространстве. Она включает множество элементов живой и неживой природы и элементов, привносимых человеком и его хозяйственной деятельностью. В экологии эти элементы среды называются факторами. Все факторы среды по отношению к организму неравнозначны. Одни из них влияют на его жизнедеятельность, другие для него безразличны.

*Нейтральные факторы* – компоненты среды, которые не влияют на организм и не вызывают у него никакой реакции. Для волка в лесу безразлично присутствие белки или дятла, наличие гнилого пня или лишайников на деревьях. Они не оказывают на него непосредственного воздействия.

*Экологические факторы* – свойства и компоненты среды обитания, которые воздействуют на организм и вызывают у него ответные реакции. Если эти реакции носят приспособительный характер, то они называются адаптациями.

*Адаптация* (от лат. adaptatio – прилаживание, приспособление) – признак или комплекс признаков, обеспечивающих выживание и размножение организмов в конкретной среде обитания. Обтекаемая форма тела рыб облегчает их передвижение в плотной водной среде. У некоторых видов растений засушливых мест вода может запасаться в листьях (алоэ) или стеблях (кактус). В среде обитания экологические факторы различаются по значимости для каждого организма. Например, углекислый газ не важен для жизни животных, но обязателен для жизни растений, а вот без воды не могут существовать ни те, ни другие. Для существования организмов любого вида требуются определенные экологические факторы.

*Условия существования (жизни)* – комплекс экологических факторов, без которых организм не может существовать в данной среде. Отсутствие в среде обитания хотя бы одного из факторов этого комплекса приводит к гибели организма или угнетению его жизнедеятельности.

*Экологические факторы.*

*Абиотические факторы* – элементы неживой природы, которые прямо или косвенно влияют на организм и вызывают у него ответную реакцию. Их подразделяют на четыре:

1) *климатические факторы* – все факторы, которые формируют климат в данной среде обитания (свет, газовый состав воздуха, осадки, температура, влажность воздуха, атмосферное давление, скорость ветра);

2) *эдафические факторы* (от греч. edafos – почва) – свойства почвы, которые разделяются на физические (влажность, комковатость, воздухо- и влагопроницаемость, плотность) и химические (кислотность, минеральный состав, содержание органического вещества);

3) *орографические факторы* (факторы рельефа) – особенности характера и специфика рельефа местности. К ним относятся: высота над уровнем моря, широта, крутизна (угол наклона местности по отношению к горизонту), экспозиция (положение местности относительно сторон света);

4) *физические факторы* – физические явления природы (гравитация, магнитное поле Земли, ионизирующее и электромагнитное излучения).

*Биотические факторы* – элементы живой природы, т. е. живые организмы, влияющие на другой организм и вызывающие у него ответные реакции. Они носят самый разнообразный характер и действуют не только непосредственно, но и косвенно через элементы неорганической природы.

Биотические факторы разделяют на две подгруппы:

1) *внутривидовые факторы* – влияние оказывает организм того же вида, что и данный организм (в лесу высокая береза затеняет маленькую березку, у земноводных при высокой численности крупные головастики выделяют вещества, замедляющие развитие более мелких головастиков);

2) *межвидовые факторы* – влияние на данный организм оказывают особи других видов (ель угнетает рост травянистых растений под ее кроной, клубеньковые бактерии обеспечивают азотом бобовые растения).

В зависимости от того, кем является воздействующий организм, биотические факторы подразделяют на четыре основные группы:

1) *фитогенные* (от греч. *phyton* – растение) факторы – влияние растений на организм;

2) *зоогенные* (от греч. *zoon* – животное) факторы – влияние животных на организм;

3) *микогенные* (от греч. *mykes* – гриб) факторы – влияние грибов на организм;

4) *микробогенные* (от греч. *micros* – малый) факторы – влияние других микроорганизмов (бактерий, протистов) и вирусов на организм.

*Антропогенные факторы* – разнообразные виды деятельности человека, влияющей как на сами организмы, так и на их местообитания.

В зависимости от способа воздействия выделяют две подгруппы антропогенных факторов:

1) *прямые факторы* – непосредственное воздействие человека на организмы (скашивание травы, посадка леса, отстрел животных, разведение рыбы);

2) *косвенные факторы* – влияние человека на среду обитания организмов самим фактом своего существования и через хозяйственную деятельность.

В зависимости от последствий воздействия антропогенные факторы подразделяют на факторы положительного и отрицательного влияния.

*Факторы положительного влияния* повышают численность организмов до оптимального уровня или улучшают среду их обитания. Их примерами являются: посадка и подкормка растений, разведение и охрана животных, охрана окружающей среды.

*Факторы отрицательного влияния* снижают численность организмов ниже оптимального уровня или ухудшают среду их обитания. К ним можно отнести вырубку лесов, загрязнение окружающей среды, разрушение местообитаний, прокладку дорог и других коммуникаций.

По природе происхождения *косвенные антропогенные факторы* можно разделить на:

а) *физические* – создаваемые в ходе деятельности человека электромагнитное и радиоактивное излучения, непосредственное воздействие на экосистемы строительной, военной, промышленной и сельскохозяйственной техники в процессе ее использования;

б) *химические* – продукты сгорания топлива, пестициды, тяжелые металлы;

в) *биологические* – распространяемые в ходе деятельности человека виды организмов, способных внедряться в естественные экосистемы и нарушать тем самым экологическое равновесие;

г) *социальные* – рост городов и коммуникаций, межрегиональные конфликты и войны.

Минимальное значение силы воздействия фактора, при котором начинается проявление жизнедеятельности организма, называется *экологическим минимумом нижним пределом выносливости*. А максимальное

значение, при котором жизнедеятельность организма прекращается, – *экологическим максимумом* или *верхним пределом выносливости*.

*Пределы выносливости, или толерантности* (от лат. *tolerantia* – терпение, выносливость), – диапазон силы воздействия фактора, в котором возможна жизнедеятельность организма. Если сила воздействия фактора выходит за эти пределы, то жизнь организма в данной среде становится невозможной, и он погибает. В пределах толерантности жизнедеятельность организма сильно варьирует в зависимости от силы воздействия фактора.

Можно выделить три зоны действия фактора, в которых организм проявляет характерную ответную реакцию:

1 – *зона пессимума* (от лат. *pessimum* – причинять вред), или *зона угнетения*, – диапазоны силы воздействия фактора (их два), в пределах которых жизнедеятельность организма снижена; при такой силе воздействия фактора невозможны его рост и развитие, но сохраняется возможность для существования;

2 – *зона нормальной жизнедеятельности*, или *зона нормы*, – диапазоны силы воздействия фактора (их два), в пределах которых наблюдаются умеренный рост и развитие организма; данная сила воздействия фактора недостаточно благоприятна для его размножения.

3 – *зона оптимума* (от лат. *optimum* – наилучший) – диапазон силы воздействия фактора, в пределах которого организм проявляет максимальную жизнедеятельность; при такой силе воздействия фактора наблюдаются его активный рост, развитие и эффективное размножение.

Свойство видов приспосабливаться к определенному диапазону изменения факторов среды, называется *экологической пластичностью* или *экологической валентностью*. В зависимости от экологической пластичности у организмов имеются разные пределы толерантности к различным экологическим факторам. Чем больше их экологическая пластичность, тем шире у них пределы толерантности по отношению к факторам среды, и наоборот.

В зависимости от пределов толерантности виды разделяют на две группы: *стенобионты* и *эврибионты*.

*Стенобионты* (от греч. *stenos* – узкий) – виды организмов, имеющие узкие пределы толерантности. Они способны существовать на ограниченных территориях с относительно постоянными условиями среды.

*Эврибионты* (от греч. *eury* – широкий) – виды организмов, имеющие широкие пределы толерантности. Они могут заселять обширные территории со значительными колебаниями условий среды.

Для растений снижение температуры может частично компенсировать недостаток влаги в почве. Это происходит в результате ослабления транспирации и уменьшения расходования растениями воды при низкой температуре.

При недостаточном поступлении воды в организм высокая температура, повышающая потоотделение, будет ускорять процесс обезвоживания организма.

Если для растения температура находится в зоне оптимума, освещенность – в зоне нормальной жизнедеятельности, влажность – в зоне пессимума, то данное растение не будет расти и развиваться, хотя света и тепла достаточно. Его жизнедеятельность будет ограничивать недостаток или избыток влаги. Если произвести полив растения при недостатке влаги, то оно вновь начнет расти. А при избытке влаги, наоборот, нужно прекратить полив, чтобы возобновился рост растения.

Жизнедеятельность организма лимитирует (ограничивает) фактор, который больше всего отклонился от зоны оптимума. Если этот фактор выйдет за пределы толерантности, то организм погибнет.

*Лимитирующий (ограничивающий) фактор* – фактор, наиболее отклонившийся от своего оптимального значения по сравнению с другими факторами. Он определяет уровень жизнедеятельности организма в данной среде.

*Свет как абиотический фактор среды.*

Одним из условий существования жизни на Земле является солнечный свет, поступающий из космического пространства.

Ультрафиолетовые лучи действуют на организмы по-разному в зависимости от дозы и длины волны. Они почти полностью поглощаются озоновым слоем. В небольших дозах ультрафиолетовые лучи стимулируют синтез пигмента кожи меланина и витамина D. Витамин D оказывает влияние на обмен кальция и фосфора. Это в свою очередь влияет на рост и развитие скелета человека.

Видимый свет очень важен для существования жизни на Земле. Он является основным источником энергии.

Разные участки спектра видимого света действуют на организмы по-разному. Красные лучи оказывают тепловое действие. Синие и фиолетовые лучи влияют на протекание некоторых биохимических реакций. Особенно велико значение видимого света для растений. Для фотосинтеза им необходим свет с длиной волны 680 и 700 нм. Для большинства организмов видимый свет является источником энергии.

Дневным животным видимый свет позволяет ориентироваться в среде. Некоторые ночные виды (совы, филины) могут перемещаться даже при слабой освещенности. Сигналом к перелетам птиц служит изменение длины светового дня.

Растения также способны изменять положение своих органов в пространстве под действием света, проявлять фототропизм. *Фототропизм* (от греч. photos – свет) – ростовые движения органов растений под влиянием одностороннего освещения. Обычно у стеблей наблюдается положительный (по направлению к свету), у корней – отрицательный (от света) фототропизмы. Положительный фототропизм можно наблюдать на посевах подсолнечника во время цветения. С восхода и до заката соцветия подсолнечника поворачиваются вслед за солнцем. Инфракрасное излучение является источником тепловой энергии, которая поглощается водой клеток.

Некоторые наземные животные (ящерицы, змеи) используют его для повышения температуры тела. Влияние солнечного света на организмы зависит не только от его качества (длины волны или цвета) и интенсивности освещения. Важную роль играет продолжительность воздействия – длина светового дня (фотопериод).

*Фотопериод* – длина светового дня, определяющая времена года. Смена сезонов происходит вследствие изменения длины светового дня. Причиной этого является движение Земли вокруг Солнца и расположение ее оси под углом к плоскости орбиты. У растений фотопериод регулирует рост, цветение, плодоношение, листопад, период покоя. Линька, накопление жира, миграция, размножение у животных также управляются фотопериодом.

*Фотопериодизм* – характерная реакция живых организмов на изменения длины светового дня, соотносящая их биологическую активность с временем года.

По типу фотопериодической реакции наземные растения разделяют на три основные группы: короткодневные, длиннодневные и нейтральные к длине светового дня.

*Короткодневные растения* цветут ранней весной или осенью и нуждаются в короткой длине светового дня (менее 12 ч). К ним относятся: земляника, хризантемы, рис, соя, просо и др.

*Длиннодневные растения* цветут летом и нуждаются в длине светового дня более 12 ч. Представителями длиннодневных растений являются: картофель, рожь, ячмень, овес, пшеница, редис.

*Растения, нейтральные к длине светового дня*, цветут вне зависимости от длины светового дня. Такой способностью обладают: огурец, подсолнечник, кукуруза, томат, горох, одуванчик.

Суточный фотопериодизм характеризуется сменой периодов активности и покоя организмов в зависимости от времени суток. Особенно заметно эта зависимость проявляется у птиц и других животных. Среди них можно выделить три группы организмов: дневные, ночные и сумеречные.

*Дневные* активны в светлое время суток (пчела, ласточка, заяц). Они представляют самую многочисленную группу.

Добывание пищи у *ночных* организмов происходит в ночное время (таракан, сова, сверчок).

Некоторые *сумеречные* организмы активны только во время сумерек (бражник, майский жук).

*Экологические группы растений по отношению к световому режиму.*

В процессе эволюции у растений выработались эффективные приспособления (адаптации) к успешной жизни при световом режиме их местообитаний. По разнообразию адаптаций и способности произрастать при определенном световом режиме выделяют три экологические группы растений: светолюбивые, тенелюбивые и теневыносливые. Они отличаются положением светового оптимума в пределах толерантности.

*Светолюбивые растения* живут на открытых территориях и поглощают много солнечной энергии; растения пустынь, степей, высокогорных лугов, пустырей и обочин дорог (мать-и-мачеха, очиток), сорняки и культурные растения (подсолнечник, пшеница). Светолюбивые деревья образуют светлые леса, их кроны не смыкаются (лиственница, сосна, осина, береза). У светолюбивых растений листовые пластинки в основном более толстые и светлые, чем у тенелюбивых и теневыносливых растений; небольшие, блестящие, иногда покрыты воском или имеют опушение. Листья ориентированы вертикально или под большим углом к горизонту, поэтому получают лишь скользкие лучи. У них есть приспособления для поворота листовых пластинок ребром к солнцу. Мезофилл (мякоть листа) хорошо развит, особенно столбчатая паренхима, хлоропласты мелкие.

*Тенелюбивые растения* обитают в сильно затененных местах (нижние ярусы тропического леса, горные ущелья, таежные ельники, лесостепные дубравы). К ним относятся мхи, папоротники, кислица, недотрога, медуница и др. У многих тенелюбивых растений листовые пластинки располагаются почти под прямым углом к источнику света, не затеняя друг друга (листовая мозаика). Листья очень тонкие, имеют хорошо развитую губчатую паренхиму, содержат крупные хлоропласты и много межклетников. Столбчатая паренхима развита слабо и представлена, как правило, одним слоем клеток.

*Теневыносливые растения* предпочитают хорошую освещенность, но могут расти и в тени. Это растения лесных опушек, лугов, степей (лещина, сныть, подорожник, злаковые травы, ежевика). У травянистых форм теневыносливых растений стебель тонкий, с длинными междоузлиями. Они образуют живой напочвенный покров и кустарниковый ярус в лесах умеренного пояса.

*Температура как абиотический фактор среды.*

В природе одним из важных лимитирующих факторов среды является температура. Влияние температуры на большинство организмов проявляется в регулировании биохимических и физиологических процессов жизнедеятельности. Температура может влиять на характер поведения и географическое распределение организмов. Для температурного фактора характерны широкие географические, сезонные и суточные колебания. Пределами толерантности для любого вида являются температуры, при которых наступает денатурация белков. Это приводит к потере активности ферментов и необратимому изменению коллоидных свойств цитоплазмы.

В зависимости от способа терморегуляции выделяют две группы организмов: пойкилотермные и гомойотермные.

*Пойкилотермные организмы* (от греч. *poikilos* – изменчивый, меняющийся, *therme* – тепло) – организмы, температура тела которых непостоянна и изменяется вместе с температурой окружающей среды. К ним относятся все растения, грибы, протисты, беспозвоночные животные, рыбы, земноводные и пресмыкающиеся.

Гомойотермные организмы (от греч. homoios – одинаковый, сходный, therme – тепло) – организмы, способные поддерживать относительно постоянную температуру тела при изменении температуры окружающей среды. К ним относятся птицы и млекопитающие (в том числе человек).

Гомойотермные организмы способны сохранять активность в широком диапазоне температур. Пойкилотермные организмы впадают в оцепенение при низких температурах, а некоторые обитатели пустынь – и при высоких температурах.

Некоторые виды млекопитающих и птиц способны впадать в оцепенение, внешне сходное с холодным оцепенением пойкилотермных животных. При этом температура их тела снижается практически до уровня температуры окружающей среды. Нерегулярное оцепенение наблюдается у ласточек, стрижей, многих грызунов, некоторых сумчатых в связи с резким похолоданием, дождями или снегопадами. *Сезонное оцепенение*, которое принято называть *зимней спячкой*, характерно для сурков, сусликов, ежей, летучих мышей, бурых медведей. Вышеназванные виды птиц и млекопитающих выделяют в отдельную группу *гетеротермных животных* (от греч. heteros – иной, другой, therme – тепло).

*Адаптации растений к различным температурным условиям.*

Жизнедеятельность растений в значительной степени зависит от температуры окружающей среды. По потребности к количеству тепла их разделяют на три экологические группы: теплолюбивые, мезотермные и холодостойкие.

*Теплолюбивые растения* произрастают в тропическом, субтропическом поясах и хорошо прогреваемых местообитаниях умеренного пояса. У теплолюбивых растений выработались адаптации к действию высоких температур. *Мезотермные* и *холодостойкие растения*, населяющие умеренный и холодный пояса, вынуждены адаптироваться к низким температурам.

Все адаптации растений к температуре можно разделить на три типа: биохимические, физиологические и морфологические.

*Биохимические адаптации.* При высокой температуре в цитоплазме клеток теплолюбивых растений увеличивается содержание защитных веществ (органических кислот, солей, слизи). Они препятствуют свертыванию цитоплазмы и нейтрализуют токсичные вещества. У холодостойких растений при низких температурах происходит накопление углеводов (в основном глюкозы) в клеточном соке, что снижает точку замерзания воды.

*Физиологические адаптации.* Эффективной защитой растений от перегрева служит усиленная транспирация (испарение воды) благодаря большому количеству устьиц. У растений пустынь и степей короткий цикл развития позволяет избегать действия высоких температур. Вся вегетация у них происходит ранней весной. А летнюю жару они переживают в состоянии покоя. Однолетние растения, у которых состояние покоя проходит в виде семян, называют *эфемерами* (мак). Многолетники, переживающие неблагоприятный период в виде луковиц, клубней или корневищ, называют *эфемероидами*

(тюльпан). Крайней мерой в борьбе с холодом или жарой является переход растений в состояние *анабиоза* (обратимая приостановка жизненных процессов) вследствие обезвоживания. Мхи и лишайники могут длительное время находиться в таком состоянии.

*Морфологические адаптации.* Действие высоких температур на растения субтропического и тропического поясов снижается за счет усиления отражения солнечных лучей и уменьшения светопоглощающей поверхности. Повышению отражения солнечного света способствует светлая окраска листьев, их блестящая или опушенная поверхность. Уменьшение поглощения света достигается благодаря видоизменению листовых пластинок. Это могут быть колючки (кактусы) или мелкие (саксаул), рассеченные (пальмы), свернутые (ковыль) листья. Противодействует перегреву растений вертикальное по отношению к солнечным лучам расположение листьев. Изменение угла их наклона может происходить при повороте листовой пластинки. Адаптации у растений холодного климата проявляются в виде формирования *карликовых жизненных форм* (березы, ивы). Встречаются также *стелющиеся* (кедровый стланик, можжевельник туркестанский) и подушковидные (высокогорные и арктические растения-подушки) жизненные формы. Такие растения меньше подвержены воздействию ветра, лучше укрыты снегом зимой, полнее используют тепло почвы летом.

*Адаптации животных к различным температурным условиям.*

Разнообразие адаптаций животных к неблагоприятным температурным условиям объясняется разными способами терморегуляции у пойкилотермных и гомойотермных организмов. Все адаптации животных по механизму действия разделяют на биохимические, физиологические, морфологические и поведенческие.

*Биохимические адаптации.* У пойкилотермных животных при переохлаждении происходит накопление «биологических антифризов» (веществ, понижающих точку замерзания воды) в жидкостях тела. Такими веществами у рыб являются гликопротеиды, у насекомых – глицерин, высокие концентрации глюкозы. У арктических и антарктических рыб отмечается повышенное содержание ненасыщенных жирных кислот в составе жиров, что снижает температуру их затвердевания. У гомойотермных организмов борьба с переохлаждением происходит за счет повышения интенсивности обмена веществ. У млекопитающих усиливается расщепление особой жировой ткани (бурого жира). Она богата митохондриями и пронизана многочисленными кровеносными сосудами.

*Физиологические адаптации.* У пойкилотермных организмов регуляция теплообмена происходит благодаря особенностям строения кровеносной системы. Большое значение для терморегуляции у пойкилотермных животных имеет наличие артериовенозных «теплообменников». Сосуды, выходящие из мышц, тесно соприкасаются с сосудами, идущими от кожи. Кровь кожи согревает кровь мышц, и в глубь тела она поступает теплой. Отдав свое тепло, охлажденная мышечная кровь вновь направляется к поверхности тела. При

увеличении температуры окружающей среды у ящериц, например, увеличивается скорость тока крови по сосудам. При высоких температурах как у пойкилотермных, так и у гомойотермных организмов теплоотдача усиливается за счет испарения влаги с поверхности тела (потоотделение). Влага может испаряться через слизистые оболочки ротовой полости и верхние дыхательные пути (тепловая одышка.). В случае воздействия низких температур у животных может возникнуть мышечная дрожь. Они могут также впадать в спячку. У млекопитающих с короткой и редкой шерстью важную роль в терморегуляции играют сосудистые реакции. Расширение или сужение мелких поверхностных сосудов кожи усиливает или снижает теплоотдачу.

*Морфологические адаптации.* Уменьшению потерь тепла у организмов способствуют теплоизолирующие покровы. Пресмыкающиеся имеют роговой покров, птицы – перьевой, млекопитающие – волосяной. Сохранению тепла способствует подкожный жир, особенно выраженный у обитателей холодного климата (ластоногие и китообразные).

*Поведенческие адаптации.* У пойкилотермных животных существует два типа поведенческих адаптаций. Это активный выбор мест с наиболее благоприятным температурным режимом и смена поз. В первом случае насекомые, пресмыкающиеся и земноводные активно отыскивают освещенные солнцем места. Получив необходимое количество тепла, животные перемещаются в тень или прячутся в норах и поддерживают температуру за счет мышечных сокращений. У водных животных перемещение происходит между мелководными, хорошо прогреваемыми зонами и более глубоководными прохладными участками. Смена поз позволяет изменять поверхность тела, прогреваемую солнечными лучами. Морские игуаны на Галапагосских островах рано утром или в пасмурную погоду принимают «распростертые» позы, всем телом прижимаясь к субстрату. Это обеспечивает максимальную поверхность обогрева солнцем. При перегреве они принимают «приподнятую» позу. Их грудь и передняя часть тела подняты над субстратом. Это уменьшает поверхность обогрева, и тело обдувается ветром. Для гомойотермных животных также характерно адаптивное поведение. Оно проявляется в виде выбора мест для защиты от холода или жары, сезонных миграций. Животные могут зарываться в снег, образовывать тесные скопления особей для снижения энергозатрат на терморегуляцию. Температура может оказывать лимитирующее действие на организмы вследствие денатурации белков. Это приводит к потере активности ферментов и необратимому изменению коллоидных свойств цитоплазмы. В зависимости от способа терморегуляции организмы разделяют на пойкилотермные и гомойотермные.

*Влажность как абиотический фактор среды.*

В наземных условиях влажность чаще других экологических факторов лимитирует рост и развитие организмов. Объясняется это тем, что вода играет большую роль в их жизни. Она является универсальным растворителем, средой для биохимических реакций в клетке. Молекулы воды могут непосредственно участвовать в реакциях как субстрат (гидролиз, фотосинтез). Являясь основным

структурным компонентом клеток, вода обуславливает их тургор. У некоторых животных (круглые и кольчатые черви) она служит гидростатическим скелетом. Обладая высоким поверхностным натяжением, вода выполняет транспортную функцию (передвижение веществ) в организме. Благодаря высокой удельной теплоемкости, теплопроводности и теплоте парообразования вода обеспечивает поддержание теплового баланса в организме и предотвращает его перегрев. Она служит средой обитания для водных организмов. Степень увлажненности среды влияет на внешний облик и внутреннее строение организмов. В связи с этим выделяют различные экологические группы растений и животных.

*Экологические группы растений по отношению к влаге и их адаптации.*

По отношению к влаге принято делить все наземные растения на три экологические группы: гигрофиты, ксерофиты, мезофиты.

*Гигрофиты* (от греч. *hygros* – влажный, *phyton* – растение) – растения, живущие на сильно увлажненных почвах и при высокой влажности воздуха. Представителями гигрофитов являются: пушица, рис, тростник, калужница болотная, многие осоки, папирус. Они встречаются во всех климатических зонах. Гигрофиты имеют приспособления для интенсивной транспирации. У них тонкие листовые пластинки с постоянно открытыми устьицами. У некоторых растений есть специфические водяные устьица. Через них вода выделяется в капельно-жидком состоянии. У гигрофитов слабо развиты механическая ткань, кутикула и эпидермис. В мезофилле листьев имеются крупные межклетники. У некоторых видов в корнях и стеблях возможно наличие аэренхимы (от греч. *aer* – воздух, *enchyma* – ткань) – ткани, запасующей воздух (болотные гигрофиты). Слабо развита корневая система (корни тонкие, часто без корневых волосков). Гигрофиты не способны перенести даже небольшой недостаток влаги в почве и быстро увядают.

*Ксерофиты* (от греч. *xerox* – сухой, *phyton* – растение) – растения, приспособившиеся к жизни в засушливых местах (степи, пустыни, полупустыни, саванны, высокогорья). Они способны длительно выдерживать недостаточное увлажнение. У ксерофитов приспособленность к сухим местообитаниям связана с ограничением затрат воды на транспирацию. У одних представителей она сопровождается активным добыванием воды при ее недостатке в почве. А у других — способностью запасать воду в тканях и органах на время засухи. В зависимости от типа адаптаций выделяют две формы ксерофитов – суккуленты и склерофиты.

*Суккуленты* (от лат. *succulentus* – сочный) – многолетние растения, способные запасать воду в своих тканях и органах, а затем экономно ее расходовать. В зависимости от того, в каких органах запасается вода, различают три типа суккулентов: листовые, стеблевые и корневые. *Листовые суккуленты* накапливают воду в мясистых листьях. Листовые суккуленты встречаются в засушливых областях Центральной Америки (агава), Африки (алоэ). В наших широтах их можно встретить на сухих песчаных почвах (очиток, молодило). *Стеблевые суккуленты* имеют сильно развитые

водозапасающие ткани в коре и сердцевине стебля. Они широко представлены в американских пустынях (кактусы) и засушливых областях Африки (молочай). *Корневые суккуленты* запасают воду в тканях подземных частей растений. Суккуленты интенсивно всасывают воду поверхностными корнями и запасают ее в паренхиме вегетативных органов. Почвенная влага из глубоких слоев почвы для них недоступна. Эпидермис у этих растений покрыт мощной кутикулой. Часто имеется восковой налет или густое опушение. Немногочисленные устьица погруженного типа днем чаще всего закрыты. У стеблевых суккулентов листья редуцированы до колючек (кактусы). Функция фотосинтеза перешла к стеблю, который приобрел зеленый цвет.

*Склерофиты* (от греч. scleros – твердый) – растения со сниженной транспирацией и способностью активно добывать воду при ее недостатке в почве – полынь, саксаул, бодяк, ковыль, чертополох. Они не запасают влагу на период засухи, а добывают ее и экономно расходуют. Обитают склерофиты преимущественно в степях и пустынях, засушливых местообитаниях умеренной зоны. Склерофиты имеют сухие жесткие листья и стебли, покрытые толстой кутикулой. Из-за сильного развития механических тканей при водном дефиците у них не наблюдается увядания. В силу высокого осмотического давления клеточного сока у склерофитов развивается большая сосущая сила, поэтому их называют «растениями-насосами». Корни склерофитов уходят глубоко в землю (у верблюжьей колючки длина главного корня достигает 15 м). Некоторые представители образуют разветвленную поверхностную корневую систему (степные злаки). В периоды засух транспирация уменьшается за счет ряда морфологических адаптаций. Во-первых, у склерофитов мелкие, часто в виде игл или колючек, листья. Они имеют восковой налет или опушение и устьица погруженного типа. Во-вторых, клетки склерофитов способны удерживать воду благодаря высокой вязкости цитоплазмы.

*Мезофиты* (от греч. mesos – средний) – растения, обитающие в условиях умеренного увлажнения. Они способны переносить кратковременный недостаток влаги. К ним относится большинство листовых древесных растений. Мезофитами являются луговые и многие лесные травы, злаки, сорняки, почти все культурные растения умеренной зоны. Это наиболее распространенная экологическая группа растений. По сравнению с гигрофитами и ксерофитами мезофиты имеют адаптивные признаки промежуточного характера. У них умеренно развита корневая система. На корнях имеются корневые волоски, в листьях – небольшое количество устьиц. В зависимости от обеспеченности влагой устьица могут в любое время открываться или закрываться. В семенах у мезофитов, обитающих в степях и пустынях, содержится ингибитор (замедлитель) прорастания. Он вымывается лишь при количестве осадков, достаточном для вегетации. Такое приспособление предотвращает прорастание семян и гибель проростков в период засухи.

*Адаптации животных к различному водному режиму.*

Сухопутные животные для восполнения потери воды вследствие выделения и испарения нуждаются в периодическом ее потреблении. В зависимости от водного режима у них выработались разные типы адаптаций: физиологические, морфологические и поведенческие.

К *физиологическим адаптациям* относятся особенности процессов жизнедеятельности, восполняющие дефицит влаги в организме. Млекопитающие пьют воду, земноводные поглощают ее кожными покровами. Мелкие животные пустынь (грызуны, пресмыкающиеся, членистоногие) добывают воду, поедая растения с сочными побегами. Есть животные, которые могут получать воду за счет окисления жиров (окисление 100 г жира дает 105 г воды). Поэтому обильные отложения жира – горб верблюда, курдюк овцы – служат своеобразными резервуарами химически связанной воды.

К *морфологическим адаптациям* относятся приспособления, задерживающие воду в теле животных. Насекомые и паукообразные имеют многослойную хитинизированную кутикулу. У пресмыкающихся есть роговой покров тела (роговые чешуи и пластинки). У наземных моллюсков – раковины. У птиц тело покрыто перьями, у млекопитающих – шерстью.

*Поведенческие адаптации* заключаются в том, что большинство животных активны в поисках воды. Они периодически посещают места водопоя. Порой им приходится мигрировать на сухой период в районы с большей влажностью. Способность совершать далекие миграции к водопою характерна для антилоп, сайгаков, куланов. Некоторые животные в сухой период переходят на ночной образ жизни или впадают в летнюю спячку (суслики, сурки, черепахи).

### 1.10.28. Среды жизни.

*Основные понятия и термины по теме:*

Среды жизни. Понятие о среде обитания и условиях существования организмов. Водная среда. Температурный, световой, газовый и солевой режимы гидросферы. Адаптации организмов к жизни в воде. Наземно-воздушная и почвенная среды обитания. Адаптации организмов к жизни в наземно-воздушной среде и почве. Живой организм как среда обитания. Адаптации к жизни в другом организме - паразитизм.

*Среда жизни* – часть природы с особым комплексом факторов, для существования в которой у разных систематических групп организмов сформировались сходные адаптации.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Среда жизни* – часть природы с особым комплексом факторов, для существования в которой у разных систематических групп организмов сформировались сходные адаптации. Выделяют четыре основные среды жизни: водную, наземновоздушную, почвенную, живой организм.

*Водная среда.*

Водная среда жизни характеризуется высокой плотностью, особыми температурным, световым, газовым и солевым режимами.

Организмы, обитающие в водной среде, называются *гидробионтами* (от греч. hydor – вода, bios – жизнь).

*В воде температура* изменяется в меньшей степени, чем на суше, из-за высокой удельной теплоемкости и теплопроводности воды. Повышение температуры воздуха на 10 °С вызывает повышение температуры воды на 1 °С. С глубиной температура постепенно снижается. На больших глубинах температурный режим относительно постоянен (не выше +4 °С). В верхних слоях наблюдаются суточные и сезонные колебания (от 0 до +36 °С). Гидробионты, способные существовать при больших колебаниях температуры, встречаются только в мелких водоемах. Из-за небольшого объема воды в этих водоемах наблюдаются значительные суточные и сезонные перепады температуры.

*Света* в воде меньше, чем в воздухе. Часть солнечных лучей отражается от ее поверхности, а часть поглощается толщей *воды*. День под водой короче, чем на суше. Летом на глубине 30 м он составляет 5 ч, на глубине 40 м – 15 мин. Быстрое убывание света с глубиной связано с его поглощением водой. Граница зоны фотосинтеза в морях находится на глубине около 200 м. В реках она колеблется от 1,0 до 1,5 м и зависит от прозрачности воды. Прозрачность воды в реках и озерах сильно снижается из-за загрязнения взвешенными частицами. На глубине более 1500 м свет практически отсутствует.

*Газовый режим водной среды*. В водной среде содержание кислорода в 20-30 раз меньше, чем в воздухе, поэтому он является лимитирующим фактором. Кислород поступает в воду за счет фотосинтеза водных растений и способности кислорода воздуха растворяться в воде. При перемешивании воды содержание кислорода в ней возрастает. Верхние слои воды богаче кислородом, чем нижние. При дефиците кислорода наблюдаются *заморы* (массовая гибель водных организмов). Зимние заморы бывают, когда водоемы покрываются льдом. Летние – когда из-за высокой температуры воды уменьшается растворимость кислорода. Причиной может быть и повышение концентрации токсичных газов (метана, сероводорода), образующихся при разложении отмерших организмов без доступа кислорода. Из-за непостоянства концентрации кислорода большинство водных организмов по отношению к нему являются эврибионтами. Но есть и стенобионты (форель, планария, личинки поденок и ручейников), которые не переносят недостатка кислорода. Они являются индикаторами чистоты воды.

*Соленость воды* играет важную роль в жизни гидробионтов. Природные воды по содержанию солей разделяют на группы. Типичные обитатели пресных и соленых вод являются стенобионтами. Они не переносят колебаний солености воды. Эврибионтов сравнительно немного (лещ, судак, щука, угорь, колюшка, лосось). Они могут жить как в пресной, так и в соленой воде. Адаптации растений к жизни в воде. Все растения водной среды называются *гидрофитами* (от греч. *hydor* – вода, *phyton* – растение). В соленых водах обитают только водоросли. Тело у них не разделено на ткани и органы. К изменению состава солнечного спектра в зависимости от глубины водоросли приспособились путем изменения состава своих пигментов. При переходе от верхних слоев воды к глубинным окраска водорослей изменяется в

последовательности: зеленые, бурые, красные (самые глубоководные водоросли).

Зеленые водоросли содержат зеленый, оранжевый и желтый пигменты. Они способны к фотосинтезу при достаточно высокой интенсивности солнечного света. Поэтому обитают зеленые водоросли в мелких пресных водоемах или на морском мелководье. К ним относятся: спирогира, улотрикс, ульва.

У бурых водорослей, помимо зеленого, содержатся бурый и желтый пигменты. Они способны улавливать менее интенсивное солнечное излучение на глубине 40-100 м. Представителями бурых водорослей являются фукус и ламинария, обитающие только в морях.

Красные водоросли (порфира, филлофора) могут жить на глубине более 200 м. Кроме зеленого, они имеют красный и синий пигменты, способные улавливать даже незначительный свет на большой глубине.

В пресных водоемах в стеблях высших растений слабо развита механическая ткань. Если извлечь из воды кувшинку белую или кубышку желтую, то их стебли поникают и не способны поддерживать цветки в вертикальном положении. Опорой для них служит вода за счет ее высокой плотности. Адаптацией к недостатку кислорода в воде является наличие в органах растений аэренхимы (воздухоносной ткани). Минеральные вещества находятся в воде, поэтому слабо развиты проводящая и корневая системы. Корни могут вообще отсутствовать (ряска, элодея, рдест) либо служить для закрепления в субстрате (рогоз, стрелолист, частуха). Корневых волосков на корнях нет. Листья чаще тонкие и длинные либо сильно рассеченные. Мезофилл не дифференцирован. Устьица у плавающих листьев находятся на верхней стороне, у погруженных в воду – отсутствуют. Для некоторых растений характерно наличие листьев разной формы (*гетерофилия*) в зависимости от того, где они находятся. У кувшинки и стрелолиста форма листьев в воде и на воздухе разная. Пыльца, плоды и семена водных растений приспособлены к распространению водой. Они имеют пробковые выросты или прочные оболочки, предотвращающие попадание воды внутрь и загнивание.

*Адаптации животных к жизни в воде.*

В водной среде животный мир более богат, чем растительный. Благодаря независимости от солнечного света животные заселили всю толщу воды. По типу морфологических и поведенческих адаптаций их разделяют на следующие экологические группы: планктон, нектон, бентос.

*Планктон* (от греч. planktos – парящий, блуждающий) – организмы, обитающие в толще воды и передвигающиеся под действием ее тока. Это мелкие ракообразные, кишечнополостные, личинки некоторых беспозвоночных. Все их адаптации направлены на повышение плавучести тела: 1) увеличение поверхности тела за счет сплющивания и удлинения формы, развития выростов и щетинок; 2) уменьшение плотности тела в связи с редукцией скелета, наличием жировых капель, пузырьков воздуха, слизистых чехлов.

*Нектон* (от греч. nekton – плавающий) – организмы, обитающие в толще воды и ведущие активный образ жизни. Представителями нектона являются рыбы, китообразные, ластоногие, головоногие моллюски. Противостоять течению им помогают адаптации к активному плаванию и уменьшению трения тела. Активное плавание достигается за счет хорошо развитой мускулатуры. При этом могут использоваться энергия выбрасываемой струи воды, изгибание тела, плавники, ласты. Уменьшению трения тела способствуют адаптации: обтекаемая форма тела, эластичность кожных покровов, наличие на коже чешуи и слизи.

*Бентос* (от греч. benthos – глубина) – организмы, обитающие на дне водоема или в толще донного грунта.

Адаптации бентосных организмов направлены на уменьшение плавучести: 1) утяжеление тела за счет раковин (моллюски), хитинизированных покровов (раки, крабы, омары, лангусты); 2) закрепление на дне с помощью органов фиксации (присоски у пиявок, крючки у личинок ручейника) или уплощенного тела (скаты, камбала). Некоторые представители зарываются в грунт (многощетинковые черви). В озерах и прудах выделяют еще одну экологическую группу организмов – нейстон.

*Нейстон* – организмы, связанные с поверхностной пленкой воды и обитающие постоянно или временно на этой пленке или до 5 см в глубь от ее поверхности. Их тело не смачивается, поскольку его плотность меньше плотности воды. Особым образом устроенные конечности позволяют передвигаться по поверхности воды, не погружаясь (клопы водомерки, жуки вертячки).

Своеобразной группой водных организмов является также *перифитон* – организмы, образующие на подводных объектах пленку обрастания. Представителями перифитона являются: водоросли, бактерии, протисты, ракообразные, двустворчатые моллюски, малощетинковые черви, мшанки, губки.

*Газовый режим наземно-воздушной среды.*

Отличительной особенностью наземно-воздушной среды является наличие в ней воздуха (смеси различных газов). Воздух обладает низкой плотностью, поэтому не может выполнять функцию опоры для организмов (за исключением летающих). Именно низкая плотность воздуха определяет его незначительное сопротивление при передвижении организмов по поверхности почвы. Воздух меньше, чем вода, препятствует проникновению солнечного света. Он имеет более высокую прозрачность, чем вода. Газовый состав воздуха постоянен (об этом вы знаете из курса географии). Кислород и углекислый газ, как правило, не являются лимитирующими факторами. Воздушные массы перемещаются в горизонтальном и вертикальном направлениях. Это приводит к появлению такого экологического фактора, как ветер. Ветер может вызывать перемещение песков в пустынях (песчаные бури). Он способен выдувать почвенные частицы на любом рельефе, снижая плодородие земель (ветровая эрозия). Ветер оказывает механическое воздействие на растения. Он способен вызывать

ветровалы (выворачивание деревьев с корнями), буреломы (переломы стволов деревьев), деформацию кроны деревьев. Перемещение воздушных масс существенно влияет на распределение осадков и температурный режим в наземно-воздушной среде.

*Водный режим наземно-воздушной среды.*

Наземно-воздушная среда может быть как предельно насыщена влагой (тропики), так и очень бедна ею (пустыни). Осадки распределяются неравномерно как по сезонам, так и по географическим зонам. Влажность в среде колеблется в широком диапазоне. Она является основным лимитирующим фактором для живых организмов.

*Температурный режим наземно-воздушной среды.*

Температура в наземно-воздушной среде имеет суточную и сезонную периодичность. Организмы адаптировались к ней с момента выхода жизни на сушу. Поэтому температура реже, чем влажность, проявляет себя как лимитирующий фактор. Адаптации растений и животных к жизни в наземно-воздушной среде. С выходом растений на сушу у них появились ткани. В связи с тем что воздух не может служить надежной опорой, у растений возникли механические ткани (древесные и лубяные волокна). Широкий диапазон изменения климатических факторов стал причиной формирования плотных покровных тканей – перидермы, корки. Благодаря подвижности воздуха (ветру) у растений сформировались приспособления к опылению, распространению спор, плодов и семян.

Жизнь животных во взвешенном состоянии в воздухе невозможна из-за его низкой плотности. Многие из видов (насекомые, птицы) приспособились к активному полету и могут длительно пребывать в воздухе. Но их размножение происходит на поверхности почвы. Перемещение воздушных масс в горизонтальном и вертикальном направлениях используется некоторыми мелкими организмами для пассивного расселения. Таким способом расселяются протисты, пауки, насекомые. Низкая плотность воздуха стала причиной совершенствования у животных в процессе эволюции наружного (членистоногие) и внутреннего (позвоночные) скелетов. По этой же причине имеет место ограничение предельной массы и размеров тела наземных животных. Самое крупное животное суши – слон (масса до 5 т) гораздо меньше морского гиганта – синего кита (до 150 т). Благодаря появлению разных типов конечностей млекопитающие смогли заселить разнообразные по характеру рельефа участки суши.

*Общая характеристика почвы как среды жизни.*

*Почва* – верхний слой земной коры, обладающий плодородием. Она образовалась в результате взаимодействия климатических и биологических факторов с подстилающей породой (песок, глина). Почва контактирует с воздушной средой и выполняет функцию опоры для наземных организмов. Она является также источником минерального питания для растений. В то же время почва – среда жизни для многих видов организмов. Для почвы характерны

следующие свойства: плотность, влажность, температурный режим, аэрация (обеспечение воздухом), реакция среды (рН), засоленность.

Плотность почвы увеличивается с глубиной. Влажность, температура и аэрация почвы тесно взаимосвязаны и взаимозависимы. Температурные колебания в почве сглажены по сравнению с приземным воздухом и на глубине 1-1,5 м уже не прослеживаются. Хорошо увлажненные почвы медленно прогреваются и медленно остывают. Повышение влажности и температуры почвы ухудшает ее аэрацию, и наоборот. Гидротермический режим почвы и ее аэрация зависят от структуры почвы. Глинистые почвы по сравнению с песчаными сильнее удерживают влагу. Но они хуже аэрируются и хуже прогреваются.

По реакции среды почвы разделяются на три вида: кислые (рН > 7,0), нейтральные (рН = 7,0), щелочные (рН < 7,0). Адаптации растений и животных к жизни в почве.

Почва в жизни растений выполняет функции закрепления, водоснабжения, источника минерального питания. Концентрация питательных веществ в почве привела к развитию у растений корневой системы и проводящих тканей. Животные, обитающие в почве, имеют ряд адаптаций. Для них характерны разные способы передвижения в почве. Это может быть рытье ходов и нор, как у медведки и крота. Дождевые черви могут раздвигать почвенные частицы и прокладывать ходы. Личинки насекомых способны ползать среди почвенных частиц. В связи с этим в процессе эволюции выработались соответствующие адаптации. У землероющих организмов появились копательные конечности. У кольчатых червей имеется гидростатический скелет, у насекомых и многоножек – коготки. Почвенные животные имеют короткое компактное тело с ненамокающими покровами (млекопитающие) или покрытое слизью. Жизнь в почве как среде обитания привела к атрофии или недоразвитию органов зрения. У крота крошечные, недоразвитые глаза часто скрыты под складкой кожи. Для облегчения перемещения в узких почвенных ходах шерсть у кротов приобрела способность укладываться в двух направлениях.

*Характерные особенности организма как среды жизни.*

Относительное постоянство внутренней среды одного организма – хозяина – дает возможность использовать его тело другими организмами – сожителями – в качестве среды жизни.

*Хозяин* – организм, являющийся средой жизни для других организмов. *Сожитель* – организм, поселяющийся на поверхности или внутри тела другого организма. Сожитель может быть для хозяина нейтральным (мальки рыб в кишечной полости морских кишечнополостных животных). Он может приносить ему пользу, снабжая питательными веществами (азотфиксирующие клубеньковые бактерии и бобовые растения). Но он может причинять хозяину вред, используя его питательные вещества (аскарида человеческая и человек). Сожителей больше всего среди микроорганизмов. К ним относятся некоторые представители бактерий, грибов, протистов (дизентерийная амеба, трихомонада). Из многоклеточных организмов сожителями являются плоские и

круглые черви, некоторые насекомые, имеющие упрощенное строение. Все вирусы также можно считать сожителями, так как они проявляют жизнедеятельность только в другом организме.

Наиболее часто в природе встречаются взаимоотношения, когда сожитель живет за счет хозяина и угнетает его жизнедеятельность. Эти взаимоотношения называются *паразитизмом* (от греч. *parasitos* – нахлебник), сожители – паразитами. «Паразитами называют животных, которые живут за счет особей другого вида, будучи тесно связаны с ними в своем жизненном цикле на большем или меньшем его протяжении». Попав во внутреннюю среду хозяина, организм-паразит получает ряд преимуществ: 1) обилие легко доступной для усвоения пищи, не требующей перестройки процессов пищеварения; клеточный сок растений, кровь животных, содержимое их пищеварительного тракта, уже подвергнутое ферментативной обработке; 2) защищенность от непосредственного воздействия абиотических и биотических факторов внешней среды. Все взаимодействия со сложными и изменяющимися окружающими условиями и врагами берет на себя организм хозяина; 3) относительная стабильность условий существования.

Внутренняя среда организма по ряду физико-химических факторов имеет высокую степень постоянства. В то же время организм как среда жизни создает для паразитов некоторые экологические трудности: 1) ограниченность среды во времени и пространстве; 2) трудность распространения от одной особи хозяина к другой; 3) сложности в обеспечении кислородом; 4) защитные реакции организма хозяина.

Как преимущества, так и экологические трудности жизни в другом организме явились причиной формирования у паразитов разнообразных адаптаций. Они позволяют паразитическим организмам эффективно размножаться и процветать, живя в другом организме.

#### *Адаптации к жизни в другом организме.*

Паразиты могут поселяться на поверхности тела хозяина в случае *эктопаразитизма* (вши, блохи, клещи, клопы) или внутри него в случае *эндопаразитизма* (малярийный плазмодий, аскарида, власоглав, бычий цепень).

У эктопаразитов большая часть тела находится вне хозяина (в контакте с окружающей средой) и лишь органы питания внедряются в его живые ткани.

У эндопаразитов в процессе эволюции выработался ряд приспособлений к жизни в другом организме.

1. Малые размеры тела. Ограниченность размеров среды обитания паразитов компенсируется малыми размерами их тела. Паразит всегда меньше хозяина (аскарида и человек; фитофтора и томаты; трихомонада и человек). Это позволяет паразиту поселиться в организме хозяина и питаться за его счет, не вызывая быстрой гибели.

2. Упрощение внешнего и внутреннего строения. Так как условия обитания паразитов постоянны и оптимальны, у них нет необходимости иметь сложное строение и вырабатывать сложные механизмы адаптации. В связи с этим происходит упрощение или редукция отдельных систем органов. Кроме того,

появляется возможность экономии энергии на процессы размножения, не связанные с поддержанием жизнедеятельности.

Ограниченность размеров среды обитания паразитов явилась причиной упрощения их внешнего строения. На теле паразитических червей отсутствуют органы передвижения. Они малоподвижны. У отдельных представителей имеются лишь органы фиксации, позволяющие закрепиться в организме хозяина (кутикулярные крючки, присоски). Обилие легко доступной пищи привело к упрощению системы пищеварения у паразитов. У печеночного сосальщика пищеварительная система упрощена, у бычьего цепня и вовсе утрачена. Всасывание питательных веществ у ленточных червей происходит всей поверхностью тела.

У паразитических растений питание соками хозяина привело к редукции системы фотосинтеза и утрате хлорофилла. У них также произошло упрощение строения или полная потеря вегетативных органов – корня, стебля, листа. Среди растений встречаются полные паразиты и полупаразиты. Паразиты не содержат хлорофилла, например повилка, заразиха, раффлезия, петров крест. Полупаразиты (омела) имеют хлоропласты и берут от растения только минеральные вещества. Растения-паразиты не защищены от непосредственного воздействия внешних факторов. Для них, как и для животных-эктопаразитов, понятие «живой организм как среда обитания» имеет крайне ограниченное применение. Они существуют одновременно в двух средах (другой организм и воздушная среда).

Сложности в обеспечении кислородом привели у паразитов к редукции дыхательной системы и переходу к анаэробному дыханию (брожению). Так как их энергетические затраты невелики, а запасы пищи неиссякаемы, то такой способ дыхания оправдан. В отличие от свободноживущих организмов, взаимодействующих с окружающей средой, паразиты переложили тяжесть регуляции отношений со средой на хозяина. Это привело к упрощению строения их нервной системы и редукции органов чувств. Отпала и необходимость выработки приспособлений для активной и пассивной защиты от врагов.

3. Защитные покровы тела. Большинство паразитов обитает в пищеварительном тракте хозяина и подвержено воздействию ферментов пищеварительных соков. Для защиты от переваривания у них сформировались специфические покровы тела. У сосальщиков тело покрыто слоем слизи, у аскариды человеческой на поверхности тела имеется многослойная кутикула.

4. Высокая плодовитость. Трудности в распространении у паразитов компенсируются повышением способности к размножению. Высокая плодовитость у паразитов получила название «закона большого числа яиц». Человеческая аскарида за сутки способна отложить 250 тыс. яиц.

Интенсивное развитие половой системы обеспечивает высокие репродуктивные возможности вида. Этому также способствуют партеногенез (развитие без оплодотворения), полиэмбриония (из одного яйца появляется много зародышей), бесполое размножение (самки рожают только самок).

Возникновение гермафродитизма (совмещение в одном организме мужской и женской половых систем) является своего рода двойной гарантией успешного оплодотворения и получения потомства.

Партеногенез встречается у пчел, муравьев, тлей, дафний, коловраток, некоторых видов змей и ящериц.

Полиэмбриония – это своего рода вегетативное размножение на стадии зиготы. Она встречается у животных различных систематических групп: мшанок, дождевых червей, некоторых видов насекомых, морских ежей, броненосцев и человека (однойяцевые близнецы).

Естественный гермафродитизм распространен преимущественно среди беспозвоночных. Он встречается у червей, гидр, моллюсков, ракообразных (усоногих раков) и насекомых (кокциды). Среди позвоночных гермафродитами являются многие виды рыб, населяющих коралловые рифы. Защита оплодотворенных яиц многослойными оболочками и обеспечение зародыша питанием повышают выживаемость потомства. Развитие приспособлений для выхода личинок из яйца и тела хозяина во внешнюю среду и их проникновение в организм нового хозяина способствуют расселению.

5. Смена хозяев в жизненном цикле. У паразитов, как правило, в жизненном цикле наблюдается смена хозяев. Благодаря этому не допускается скопление в одном организме-хозяине большого количества паразитов, что могло бы привести к его гибели. Взаимоотношения, когда один организм (паразит) живет за счет другого (хозяина), называются паразитизмом. Паразит, использующий хозяина как среду жизни, получает ряд преимуществ, но при этом испытывает экологические трудности. Основные адаптации к паразитизму: малые размеры тела, упрощение внешнего и внутреннего строения, защитные покровы тела, высокая плодовитость, смена хозяев в жизненном цикле.

### **1.10.29. Вид и популяция.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Вид и популяция

Вид - биологическая система. Понятие вида. Вид как таксономическая категория. Критерии вида. Ареал вида. Понятие об эндемиках и космополитах.

Популяция - структурная единица вида. Характеристика популяции. Свойства популяции: численность, плотность, рождаемость, смертность. Структура популяции: пространственная, половая, возрастная, этологическая (поведенческая).

Динамика численности популяций и ее регуляция. Причины динамики численности популяции. Факторы регуляции численности популяции, зависимые и независимые от ее плотности.

*Вид* – исторически сложившаяся совокупность особей, которые сходны по морфологическим, физиологическим и биохимическим признакам, свободно скрещиваются и дают плодовитое потомство, приспособлены к определенным условиям среды и занимают в природе общую территорию – ареал.

*Популяция* – способная к саморегуляции группа особей одного вида, обитающих на общей территории, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Вид* – исторически сложившаяся совокупность особей, которые сходны по морфологическим, физиологическим и биохимическим признакам, свободно скрещиваются и дают плодовитое потомство, приспособлены к определенным условиям среды и занимают в природе общую территорию – ареал. Для того чтобы отнести особей к одному и тому же или к разным видам, их сравнивают между собой по ряду определенных характерных признаков – критериев.

*Критерии вида.*

Совокупность характерных однотипных признаков, по которым особи одного вида схожи, особи разных видов различаются между собой, называют критерием вида.

*Морфологический критерий* отражает совокупность характерных признаков внешнего строения. Виды клевера различаются по окраске соцветий, форме и окраске листьев. Этот критерий относительный. В пределах вида особи могут заметно различаться по строению. Эти различия зависят от пола (половой диморфизм), стадии развития, стадии в цикле размножения, условий среды обитания, принадлежности к сортам или породам. У кряквы самец ярко окрашен, самка темно-бурая, у благородного оленя самцы имеют рога, у самок их нет. У бабочки капустной белянки гусеница отличается от взрослой особи внешними признаками. У папоротника щитовника мужского спорофит имеет листья и корни, гаметофит представлен зеленой пластинкой с ризоидами. В то же время некоторые виды настолько схожи по морфологическим признакам, что их называют видами-двойниками. Некоторые виды малярийных комаров, дрозофил, североамериканских сверчков внешне не различаются, но не скрещиваются между собой. Таким образом, на основании одного морфологического критерия нельзя судить о принадлежности особи к тому или иному виду.

*Физиологический критерий* – совокупность характерных особенностей процессов жизнедеятельности (размножение, пищеварение, выделение). Одним из важных признаков является способность особей скрещиваться. Особи разных видов не могут скрещиваться из-за несовместимости половых клеток, несоответствия половых органов. Этот критерий относительный, поскольку и особи одного вида иногда не могут скрещиваться. У мух дрозофил невозможность спаривания может быть обусловлена различием в строении полового аппарата. Это приводит к нарушению процессов размножения. И наоборот, известны такие виды, представители которых могут скрещиваться между собой. Лошадь и осел, представители некоторых видов ив, тополей, зайцев, канареек. Из этого следует, что для определения видовой принадлежности особей недостаточно сравнивать их только по физиологическому критерию.

*Биохимический критерий* отражает характерный химический состав тела и обмен веществ. Это самый ненадежный критерий. Нет веществ или биохимических реакций, характерных только для определенного вида. Особи одного вида могут значительно различаться по этим показателям. Тогда как у особей разных видов синтез белков и нуклеиновых кислот происходит одинаково. Ряд биологически активных веществ играют аналогичную роль в обмене веществ у разных видов. Хлорофилл у всех зеленых растений участвует в фотосинтезе. Значит, определение видовой принадлежности особей на основании одного биохимического критерия тоже невозможно.

*Генетический критерий* характеризуется определенным набором хромосом, сходных по размерам, форме и составу. Это самый надежный критерий, так как он является фактором репродуктивной изоляции, поддерживающей генетическую целостность вида. Однако и этот критерий не является абсолютным. У особей одного вида число, размеры, форма и состав хромосом могут различаться в результате геномных, хромосомных и генных мутаций. В то же время при скрещивании некоторых видов иногда появляются жизнеспособные плодовитые межвидовые гибриды. Собака и волк, тополь и ива, канарейка и зяблик при скрещивании дают плодовитое потомство. Таким образом, сходства по данному критерию также недостаточно, чтобы отнести особей к одному виду.

*Экологический критерий* – это совокупность характерных факторов среды, необходимых для существования вида. Каждый вид может обитать в той среде, где климатические условия, особенности почвы, характер рельефа и источники пищи соответствуют его пределам толерантности. Но в этих же условиях среды могут обитать и организмы других видов. Выведение человеком новых пород животных и сортов растений показало, что особи одного вида (дикие и окультуренные) могут жить в сильно различающихся условиях среды. Это доказывает относительный характер экологического критерия.

*Географический критерий* характеризует способность особей одного вида населять в природе определенную часть земной поверхности (ареал). Лиственница сибирская распространена в Сибири (Зауралье), лиственница даурская – в Приморском крае (Дальний Восток), морошка – в тундре, черника – в умеренной зоне. Этот критерий указывает на приуроченность вида к определенному местообитанию. Но есть виды, не имеющие четких границ расселения, обитающие практически повсеместно (лишайники, бактерии). У некоторых видов ареал совпадает с ареалом человека. Такие виды называются *синантропными* (комнатная муха, постельный клоп, домовая мышь, серая крыса). У разных видов могут быть совпадающие местообитания. Значит, и этот критерий имеет относительный характер. Он не может использоваться в качестве единственного для определения видовой принадлежности особей.

Согласно географическому критерию, каждый вид в природе занимает определенную территорию – ареал. *Ареал* (от лат. *area* – площадь, пространство) – часть земной поверхности, в пределах которой распространены и проходят полный цикл своего развития особи данного вида.

Ареал может быть сплошным или прерывистым обширным или ограниченным. Виды, имеющие обширный ареал в пределах разных континентов, называются *видами-космополитами* (некоторые виды протистов, бактерий, грибов, лишайников). Когда ареал распространения очень узкий и находится в пределах небольшого региона, то населяющий его вид называется *эндемиком* (от греч. endemos – местный). Кенгуру, ехидна и утконос обитают только в Австралии. Гинкго в естественных условиях произрастает только в Китае, рододендрон остроконечный и лилия даурская – только на Дальнем Востоке.

*Понятие популяции.*

*Популяция* – способная к саморегуляции группа особей одного вида, обитающих на общей территории, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство. Популяция – это форма существования вида в пространстве. Как биологическая система, популяция имеет свои собственные признаки (групповые признаки). Но поскольку она состоит из особей, то ей присущи и признаки особей (биологические признаки), характеризующие стадии их жизненного цикла.

Любая популяция в природе существует ограниченное время. Этот интервал времени можно назвать *жизненным циклом популяции*, поскольку он включает те же стадии, что и жизненный цикл организма. Однако признаки популяции, характеризующие стадии ее жизненного цикла, не позволяют получить представление о ней как о самостоятельной биологической системе.

*Характеристика свойств популяций.*

*Численность* – общее количество особей на участке ареала с однородными экологическими условиями. Численность популяции постоянно изменяется, но ее колебания ограничиваются верхним и нижним пределами. Выход за эти пределы может привести к гибели популяции.

*Верхний предел численности* – максимальное количество особей, способных существовать в данной части ареала. Он зависит от количества корма, площади занимаемой территории и силы воздействия экологических факторов. Если численность достигает верхнего предела, то начинается гибель особей из-за нехватки корма. Возникают эпидемии из-за повышенной контактности, что в конечном итоге может привести к гибели всей популяции. Следовательно, если численность близка к верхнему пределу, то часть особей следует изъять из популяции. Это может быть переселение на свободную территорию, использование в хозяйственных целях, санитарный отстрел или вырубка.

*Нижний предел численности* – минимальное количество особей, способных обеспечить длительное существование популяции. Он зависит от биологических свойств организмов и является величиной постоянной для всех популяций в пределах вида. Снижение численности ниже нижнего предела является причиной снижения возможности встречи полов для размножения особей. Это неизбежно приводит к вымиранию популяции.

Всем популяциям присущи периодические (сезонные) колебания численности под влиянием биотических и абиотических факторов среды (популяционные волны, или волны жизни).

*Плотность* – количество особей популяции на единицу площади. Этот показатель прямо пропорционален численности. При увеличении численности плотность не повышается или даже снижается лишь в том случае, если возможно расселение особей вследствие расширения ареала. Различают два вида плотности.

*Средняя плотность* – количество особей в расчете на единицу площади всей занимаемой территории.

*Экологическая (удельная) плотность* – количество особей в расчете на единицу площади территории, пригодной для обитания. Плотность, как и численность, имеет верхний и нижний пределы, поэтому прогноз для популяции можно давать и на основании плотности.

*Рождаемость* – число особей, появившихся в популяции в единицу времени за счет размножения особей. Рождаемость является важной демографической характеристикой. В экологии под рождаемостью понимают любой способ появления новых особей (деление клетки, прорастание семян, вылупливание из яиц, живорождение). Для популяции можно рассчитать абсолютную и удельную рождаемость.

*Абсолютная рождаемость* – отношение числа потомков к периоду времени, за который они появились.

*Удельная рождаемость* – число особей, появившихся в единицу времени в расчете на одну особь популяции. При повышении рождаемости численность популяции увеличивается. Но иногда в популяции отмечается высокая рождаемость, а численность особей в ней остается прежней или даже снижается. Это может быть связано с высокой смертностью особей или с какими-либо другими причинами (с расселением особей на новые территории).

*Смертность* – количество особей, погибших за единицу времени. Она является одной из характеристик демографических процессов. Смертность по характеру влияния на численность природных популяций является свойством, противоположным рождаемости. Но охарактеризовать ее можно аналогичными по способу расчета показателями: абсолютной смертностью и удельной смертностью. Увеличение смертности приводит к снижению численности популяции и свидетельствует о неблагоприятном воздействии факторов окружающей среды. Соотношение между рождаемостью и смертностью определяет скорость роста численности популяции. Если показатель рождаемости ниже показателя смертности, то численность популяции снижается (отрицательный рост численности), и она нуждается в охране. Наоборот, если смертность ниже рождаемости, то численность популяции возрастает (положительный рост численности), и из нее возможно изъятие особей. В случае равенства рождаемости и смертности численность популяции поддерживается на постоянном уровне, и популяция является стабильной.

*Структура популяции.*

*Структура популяции* – соотношение особей по какому-либо признаку или по характеру их распределения в среде обитания. Различают пространственную, половую, возрастную и этологическую (поведенческую) структуры популяции.

*Пространственная структура* – характер распределения особей популяции на занимаемой территории. В природе популяциям свойственны три типа пространственного распределения особей: случайное, равномерное, групповое. Они формируются в зависимости от степени неоднородности среды обитания, биологических особенностей вида и поведения особей.

*Случайное распределение* происходит, если среда обитания относительно однородна по экологическим условиям. При этом количество особей в популяции невелико, и биологические особенности вида не позволяют им образовывать группы. У белой планарии, пресноводного полипа гидры, пауков, двустворчатых моллюсков отмечается случайное распределение.

*Равномерное распределение* наблюдается у видов, жестко конкурирующих за пищевые ресурсы и территорию. Тенденция к равномерному распределению особей у некоторых животных может быть обусловлена мечением и охраной мест обитания. В природе равномерное распределение встречается довольно редко. Кустарники в пустыне, конкурируя за влагу, распределены довольно равномерно. Поддерживают между собой определенную дистанцию некоторые виды хищных рыб, птиц и млекопитающих, охраняющих свои кормовые территории.

*Групповое распределение* наиболее распространено в природе. Неоднородность среды, ограниченность мест обитания, биологические особенности вида, способы размножения могут приводить к объединению особей в группы. Групповое распределение у растений обусловлено их способами размножения и распространения семян и плодов. Некоторые растения образуют крупные, тяжелые плоды (орех лещины, желудь дуба), которые падают рядом с деревом и тут же прорастают, образуя группы. При вегетативном размножении корневищами у растений также формируются группы (пырей ползучий, ландыш майский, клевер ползучий). У многих млекопитающих и птиц наблюдается социальное поведение, которое приводит к образованию групп с социальной иерархией (стаи, стада, колонии, табуны, семьи, гаремы).

Выживаемость особей в группе повышается благодаря лучшим возможностям для защиты от врагов, обнаружения корма, противостояния неблагоприятным факторам среды, формирования микроклимата. Стае волков легче охотиться, а табун лошадей – защищаться от волков. Стае скворцов проще спастись от ястреба, косяку мелких рыб – от крупных хищных рыб. Пингвины в колонии, образуя плотное скопление, легче переносят холод. В семьях птиц и млекопитающих благодаря заботе родителей повышается выживаемость потомства. Группа растений способна лучше противостоять ветру, эффективнее использовать воду.

*Половая структура* – соотношение численности особей разного пола в популяции. В природных популяциях при половом размножении в момент оплодотворения соотношение зигот по половой принадлежности, как правило, близко к 1 : 1 – это первичное соотношение полов. В дальнейшем соотношение полов на эмбриональной стадии может меняться в зависимости от различных факторов среды. Изменение соотношения полов на эмбриональном этапе развития отмечается у тутового шелкопряда. Пол особи у него зависит от температуры окружающей среды. Эту особенность использует в шелководстве человек. Поскольку в коконах, завиваемых самцами, шелка на 25 % больше, то для получения большего количества самцов яйца выдерживают при температуре, благоприятной для их развития. В эмбриональный период на генетическую обусловленность пола накладывается влияние факторов среды, что приводит к формированию вторичного соотношения полов. К моменту полового созревания соотношение полов изменяется и формируется третичное соотношение полов. Оно зависит от устойчивости особей разного пола к факторам среды, что связано с физиологическими, экологическими, поведенческими и другими особенностями самцов и самок. Так, в популяциях фазанов, больших синиц, крякв отмечается преобладание численности самок, а в популяциях пингвинов, наоборот, преобладают самцы. Соотношение особей разного пола и особенно доля размножающихся самок значительно влияют на численность, плотность, рождаемость популяции. Поэтому определение половой структуры позволяет человеку прогнозировать будущее популяции и правильно строить с ней взаимоотношения.

*Возрастная структура* – соотношение в популяции возрастных групп особей, различающихся по способности к воспроизводству. В природных популяциях животных выделяют три возрастные группы.

*Предрепродуктивные особи* – молодые особи, не достигшие полового созревания и еще не способные давать потомство.

*Репродуктивные особи* – половозрелые размножающиеся особи.

*Пострепродуктивные особи* – старые особи, утратившие функцию размножения и уже не дающие потомства.

Продолжительность существования каждой возрастной группы по отношению к продолжительности жизни поколения сильно варьирует у разных организмов.

Количественное соотношение разных возрастных групп в популяциях животных выражают с помощью возрастных пирамид. Они позволяют прогнозировать дальнейшее изменение численности популяции.

Популяция с большой долей предрепродуктивных особей будет иметь возрастную пирамиду с широким основанием. Такая популяция будет увеличивать свою численность. Она называется *развивающейся* или *растущей*.

При равномерном распределении особей по возрастным группам популяция находится в стабильном состоянии. При малой доле предрепродуктивных особей популяция будет иметь возрастную пирамиду с

узким основанием. Ее численность будет снижаться. Такая популяция называется *вымирающей* или *стареющей*.

Возрастная структура популяции имеет приспособительный характер. Она формируется на основе биологических свойств вида, но всегда отражает и силу воздействия факторов окружающей среды. Возрастная структура популяции влияет как на рождаемость, так и на смертность в данный момент и показывает, что может произойти с популяцией в будущем.

*Этологическая (поведенческая) структура* – соотношение особей по типу поведенческих реакций. Эта структура характерна для животных. В большинстве случаев особи объединяются в социальные группы — семьи, колонии, стада, стаи и др. При семейном образе жизни у птиц и млекопитающих поведение родителей различается в зависимости от того, кто из них ухаживает за потомством. В связи с этим различают семьи отцовского, материнского и смешанного типов. В колониях пчел, термитов, муравьев этологические группы формируются в результате разделения труда и специализации особей. Наиболее сложная этологическая структура отмечается в стаях и стадах, где имеет место система «доминирования-подчинения».

Для популяций характерны пространственная, половая, возрастная и этологическая структуры.

*Пространственная структура* – случайное, равномерное или групповое распределение особей.

*Половая структура* – первичное, вторичное или третичное соотношение полов.

*Возрастная структура* – соотношение предрепродуктивных, репродуктивных и пострепродуктивных особей.

*Этологическая структура* – соотношение особей, различающихся по комплексу поведенческих реакций.

*Динамика численности популяций и ее регуляция.*

Причины и типы динамики численности популяции. Вся совокупность факторов среды в природе постоянно изменяется и вызывает колебания численности популяций. Диапазон колебаний численности зависит от степени изменчивости абиотических, антропогенных и биотических факторов среды, а также от биологических особенностей вида. Изменение численности популяции во времени называется динамикой численности. Различают два типа динамики численности популяций: периодические и непериодические колебания численности.

*Периодические колебания численности* (популяционные волны, или волны жизни) происходят преимущественно под влиянием закономерно изменяющихся факторов среды (особенно кормовых ресурсов) при смене сезонов. Они могут быть связаны и с особенностями жизненного цикла (размножение в определенное время года) особей самой популяции. У некоторых видов млекопитающих, птиц, рыб, насекомых, растений наблюдается четко выраженное регулярное чередование всплесков и спадов численности. У насекомых, однолетних растений появление потомства

происходит в весенний период. С наступлением зимы численность взрослых особей может снижаться до нуля. Ширина амплитуды колебания численности зависит от степени обеспеченности потомства кормом. Так, в чистых однопородных лесах численность насекомых-вредителей может регулярно возрасти в тысячи раз. Тогда как в смешанных лесах у этой же популяции численность будет колебаться незначительно.

#### *Факторы регуляции численности популяции.*

В природных системах с низким уровнем видового разнообразия численность популяций подвержена сильному воздействию абиотических и антропогенных факторов. Она зависит от погоды, химического состава среды и степени ее загрязнения. В системах с высоким уровнем видового разнообразия колебания численности популяций в основном контролируются биотическими факторами. Все экологические факторы в зависимости от характера их влияния на численность популяции можно разделить на две группы.

Абиотические и антропогенные (за исключением природоохранной деятельности человека) факторы влияют на численность особей независимо от плотности популяции. Факторы, зависящие от плотности популяции, изменяют ее численность в сторону оптимального уровня и предотвращают перенаселение, поэтому их еще называют регулируемыми факторами. К ним относятся биотические и природоохранные антропогенные факторы. Зависимыми от плотности факторами являются: запасы кормовых ресурсов, наличие естественных врагов, различные виды природоохранной деятельности,

*Емкость среды (максимальная численность популяции)* определяется возможностью среды обеспечить популяцию необходимыми ресурсами: кормом, убежищем, особями противоположного пола. Когда численность популяции приближается к емкости среды, возникает нехватка корма вследствие его усиленного выедания. И тогда приводится в действие механизм регуляции численности.

*Биологическая война* – это умерщвление конкурентов внутри популяции путем прямого нападения (хищники одного вида). Резкое снижение кормовых ресурсов может приводить к возникновению каннибализма (поедание себе подобных).

*Химическая война* – это выделение химических веществ, задерживающих рост и развитие или убивающих молодых особей (растения, водные животные). Проявление химической войны можно наблюдать на примере развития головастиков. При высокой плотности более крупные головастики выделяют в воду вещества, которые подавляют рост мелких особей. Поэтому завершают свое развитие только крупные головастики. После этого начинают расти мелкие головастики.

### **1.10.30. Экосистемы.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Экосистемы.

Экосистема как единство биотопа и биоценоза. Понятие биоценоза и биотопа. Состав биоценоза. Связи организмов в биоценозах: трофические, топические, форические, фабрические.

Видовая структура биоценоза. Пространственная структура биоценоза: вертикальная (ярусность) и горизонтальная (мозаичность).

*Биоценоз* (от греч. *bios* – жизнь, *koinos* – общий) – исторически сложившаяся совокупность взаимосвязанных популяций растений, животных, грибов и микроорганизмов, населяющих экологически однородную среду обитания.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Биоценоз* (от греч. *bios* – жизнь, *koinos* – общий) – исторически сложившаяся совокупность взаимосвязанных популяций растений, животных, грибов и микроорганизмов, населяющих экологически однородную среду обитания.

Место обитания биоценоза – *биотоп* (от греч. *bios* – жизнь, *topos* – место) – участок территории с однородными условиями среды.

Составляющими компонентами биоценоза являются: фитоценоз, зооценоз, микоценоз, микробоценоз.

*Фитоценоз* (от греч. *phyton* – растение, *koinos* – общий) – растительное сообщество, произрастающее на определенной территории и изменяющееся как по сезонам, так и по годам.

*Зооценоз* (от греч. *zoon* – животное, *koinos* – общий) – совокупность популяций животных, населяющих определенный биотоп.

*Микоценоз* (от греч. *mykes* – гриб, *koinos* – общий) – сообщество различных видов грибов.

*Микробоценоз* (от греч. *micros* – малый, *koinos* – общий) – совокупность популяций микроорганизмов (бактерий, протистов).

Граница между биоценозами определяется по фитоценозам, которые всегда имеют специфические особенности. Луг резко отличается от леса, лес – от болота, хвойный лес – от лиственного, березовая роща – от дубравы.

Фитоценоз определяет видовой состав зооценоза, микоценоза и микробоценоза, является главным структурным компонентом биоценоза.

По происхождению различают первичные и вторичные биоценозы. *Первичные биоценозы* сформировались в природных условиях в ходе эволюции (недоступные участки тайги, горные леса). Их компоненты (организмы) адаптировались к окружающей среде. Это придает биоценозам динамическую устойчивость.

К *вторичным* относятся созданные или преобразованные человеком биоценозы (большинство биоценозов на Земле). Наиболее типичными для нашей страны являются: хвойные и смешанные леса, березовые рощи, дубравы, пойменные и суходольные луга, болота.

*Биотоп* включает воздух с климатическими факторами (*климатоп*), почву (*эдафотоп*) и воду (*гидротоп*).

Эти компоненты взаимодействуют между собой и формируют среду обитания биоценоза. Биоценоз своим существованием изменяет состояние биотопа. В свою очередь изменяющийся биотоп может влиять на видовой состав биоценоза.

*Связи популяций в биоценозах.*

Структура биоценоза поддерживается во времени и пространстве за счет разнообразных связей между популяциями. Связи возникают с целью удовлетворения определенных потребностей одной популяции за счет другой. В зависимости от характера потребностей выделяют четыре типа связей: трофические, топические, форические, фабрические.

*Трофические связи* (от греч. *trophe* – пища) – связи между популяциями, когда особи одной популяции получают пищу за счет особей другой популяции. Это может происходить путем поедания особей, питания отмершими органическими остатками или продуктами жизнедеятельности особей другого вида. Лягушка питается насекомыми, аист – лягушками, дождевой червь – опавшими листьями (прямые трофические связи). Хищники поедают травоядных животных, и этим они влияют на численность травянистых растений, которые являются пищей для некоторых листогрызущих беспозвоночных животных (косвенная трофическая связь).

*Топические связи* (от греч. *topos* – место) – связи между популяциями, когда особи одной популяции используют особей другой популяции в качестве местообитания или испытывают их влияние на свою среду обитания. Птицы используют деревья и кустарники как места для гнездования, мальки рыб находят укрытие под зонтиком медузы, эпифиты и лианы используют стволы деревьев как субстрат. В лесу высокие деревья под своим пологом могут создавать благоприятные условия для тенелюбивых растений.

*Форические связи* (от греч. *phora* – ношение) – связи между популяциями, когда особи одной популяции участвуют в расселении (распространении) особей другой популяции. Птицы, питаясь ягодами брусники, черники, рябины, боярышника, распространяют семена этих растений вместе с экскрементами. Млекопитающие переносят блох, клещей. Белки, сойки, запасая орехи и желуди на зиму, иногда теряют их, и те весной прорастают. Эволюция животных и растений протекала взаимосвязанно (коэволюция), поэтому они вырабатывали приспособления для форических связей. Пищеварительные ферменты животных и птиц не переваривают семена растений, а наоборот, обеспечивают им высокую всхожесть. Плоды и семена некоторых растений имеют крючки, зацепки для прикрепления к шерсти животных с целью последующего распространения. Если в роли распространителей семян, плодов, спор, пыльцы выступают животные, то такой процесс называют зоохорией. Семена лопуха или череды могут цепляться своими шипами за шерсть крупных млекопитающих и переноситься на большие расстояния.

Если животные переносят (транспортируют) других, более мелких животных, – это *форезия*. Птицы нередко на перьях и ногах переносят мелких

животных или их яйца, а также цисты протистов. Характерной особенностью форезии является отсутствие паразитизма.

*Фабрические связи* (от лат. fabrico – изготавливать) – связи между популяциями, когда особи одной популяции используют выделения или мертвые части тела особей другой популяции в качестве материала для строительства гнезд, нор, убежищ. Бобры сооружают бобровые хатки из стволов и ветвей деревьев. Муравьи используют опад хвойных растений как основной строительный материал для муравейников. Птицы применяют сухие веточки, траву, пух, шерсть животных для строительства гнезд. Некоторые лесные звери выстилают свои норы мхом, опавшими листьями, сухой травой.

Популяция любого вида в биоценозе постоянно вступает в различные связи с другими популяциями. Дятел, поедающий насекомых, вступает с ними в прямую трофическую связь, с дубом, под корой которого он отыскивает этих насекомых, – в косвенную трофическую связь. Выдалбливая на стволе дерева дупло, он вступает в топическую связь с деревом.

*Видовая структура биоценоза.*

Любой биоценоз планеты характеризуется определенной видовой структурой. *Видовая структура* – видовое разнообразие биоценоза и соотношение видов по численности.

Видовое разнообразие биоценоза можно охарактеризовать с помощью двух количественных показателей: видовое богатство и видовая насыщенность.

*Видовое богатство* – общее количество видов, обитающих в биотопе. Каждый вид в биоценозе представлен популяцией. Природные биоценозы считаются бедными, если их видовое богатство составляет десятки и сотни видов (биоценозы хвойных лесов, пустынь, высокогорий). В богатых биоценозах количество видов достигает нескольких тысяч (тропические леса, саванны). Чем выше видовое богатство, тем устойчивее биоценоз.

*Видовая насыщенность* – количество видов, приходящихся на единицу площади или единицу объема биотопа. Два биоценоза, имеющие одинаковое видовое богатство, не будут в равной степени устойчивы, если они занимают разные по площади биотопы. Устойчивее будет биоценоз с меньшей площадью биотопа. В нем будет выше видовая насыщенность, больше вероятность образования связей между популяциями и выше их прочность.

Видовое разнообразие зависит и от возраста биоценоза. Молодые, только начинающие развиваться биоценозы бедны по видовому составу. Они становятся богаче по мере развития. Наибольшее видовое разнообразие наблюдается в зрелых устойчивых биоценозах. По видовому разнообразию можно определить стадию развития биоценоза.

Соотношение видов по их численности. В любом биоценозе есть виды, преобладающие по численности и занимающие большую часть биотопа. Эти виды называются *доминантными* или *доминантами*. Они определяют тип биоценоза. Сосна – в сосновом лесу, береза – в березовой роще, дуб – в дубовой роще, ольха – в ольшанике. Доминирование вида не всегда означает его обилие, доминантный вид может иметь и низкую абсолютную численность (верблюжья

колючка в пустыне). Но по сравнению с численностью других видов в данном биоценозе его численность самая высокая.

Доминанты, которые участвуют в формировании среды для всего сообщества (средообразующие виды), называются *видами-эдификаторами*. Эдификатор верхового болота – это сфагнум, степи – ковыль, дубравы – дуб. Иногда эдификаторами могут быть и животные: бобры формируют бобровые ландшафты, копытные животные – степные ландшафты. Удаление вида-эдификатора может настолько изменить условия среды обитания, что данный биотоп окажется непригодным для ранее существовавших там видов. В него станут заселяться новые виды, и это приведет к смене биоценоза.

Кроме видов-доминантов, любой биоценоз включает множество других видов с меньшей численностью. Они поддерживают разнообразие связей в биоценозе и служат резервом для замещения доминантов, придают стабильность биоценозу.

В зависимости от доли особей данного вида в общей численности особей биоценоза – степени доминирования – их разделяют на четыре категории:

1) *субдоминантные виды* – довольно многочисленные и часто встречающиеся в биотопе виды, но заметно уступающие по численности доминантным;

2) *малочисленные виды* – виды с небольшой численностью, изредка встречающиеся в биотопе;

3) *редкие виды* – виды с очень малой численностью, встречающиеся только в отдельных местах биотопа;

4) *случайные виды* – виды, нетипичные для данного биоценоза, и представленные здесь единичными экземплярами.

Доминантные и субдоминантные виды человек может использовать в процессе хозяйственной деятельности без ущерба для биоценоза. Малочисленные и редкие виды нужно охранять в пределах данного биоценоза. Редкие виды, как правило, заносятся в Международную или национальные Красные книги, когда их численность очень мала в большинстве биоценозов в пределах ареала. Случайные виды не заслуживают внимания, так как они в данном биоценозе существовать не смогут и со временем исчезнут.

*Видовая структура биоценоза* – видовое разнообразие и соотношение видов по их численности.

*Пространственная структура биоценоза.*

Любой биоценоз в природе занимает определенное пространство. Оно разделяется между видами в зависимости от их биологических особенностей. Это приводит к формированию пространственной структуры.

*Пространственная структура биоценоза* – закономерное расположение видов в биотопе, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.

Для биоценоза характерны вертикальная (ярусность) и горизонтальная (мозаичность) структуры.

*Вертикальная структура биоценоза (ярусность).* В наземных биоценозах основную роль в формировании вертикальной структуры играют растения

разной высоты. Благодаря этому наблюдается вертикальное расслоение биоценоза на структурные части. Эти части биоценоза, занимающие разное положение по отношению к уровню почвы, называются ярусами. А состоящая из них вертикальная структура биоценоза называется *ярусностью*. Главную роль при формировании видового состава растительных ярусов играет количество света, достигающее каждого яруса. От него зависит температурный режим и влажность на разных уровнях (ярусах) биоценоза. Верхние ярусы составляют светлюбивые растения. Ниже располагаются теневыносливые, в самом низу произрастают тенелюбивые виды. Такое распределение растений способствует более полному усвоению солнечной энергии. В одноярусных фитоценозах большая часть поступающей солнечной энергии не усваивается. Она идет на нагревание почвы и частично отражается. Растительные ярусы создают микроклимат для существования других видов. Каждый растительный ярус заселяется определенными видами животных и микроорганизмов. Ярусы отличаются друг от друга совокупностью экологических условий, составом видов растений, животных и микроорганизмов. В каждом ярусе складывается своя система связей и взаимоотношений между компонентами. Большинство видов приспособлено к конкретным ярусам. Но некоторые виды в силу различных обстоятельств занимают в разное время жизни разные ярусы. Их называют *внеярусными видами*. Например, нельзя отнести к конкретному ярусу лианы, лишайники, некоторые виды мхов и паразитов.

В наземных биоценозах различают *надземную* и *подземную ярусность*. Ярусы нумеруются римскими цифрами. Первым считается самый удаленный от уровня почвы ярус (как надземный, так и подземный). Наиболее четко ярусность выражена в лесных биоценозах. В них фитоценозы образованы различными жизненными формами растений. Там представлены деревья, кустарники, кустарнички, однолетние и многолетние травы, мхи, лишайники, грибы, занимающие разное положение относительно уровня почвы.

Надземная ярусность в лиственном лесу обычно включает пять, иногда шесть, растительных ярусов.

I ярус образован деревьями первой величины (дуб, береза, ясень, липа и др.).

Ко II ярусу относятся деревья второй величины (дикие яблоня, груша, черемуха, рябина и др.).

III ярус – это подлесок из кустарников (лещина, крушина, бересклет, можжевельник, калина, бузина и др.).

IV ярус представлен высокими травами и кустарничками (папоротники, крапива, чистотел, вереск, багульник и др.).

V ярус составляют низкие травы и кустарнички (черника, брусника, земляника, толокнянка, ландыш и др.), также мхи и лишайники.

В нижних ярусах обычно присутствует подрост древесных растений. Если ярусов много, то фитоценоз считается сложным, если их мало – простым.

Животные приурочены к определенным ярусам фитоценоза. I ярус населяют листогрызущие насекомые (обитатели кроны деревьев).

Во II ярусе обитают птицы и стволовые вредители (жуки короеды, усачи, златки).

В III и IV ярусах – копытные и хищные животные, птицы, грызуны.

V ярус богат различными многоножками, жужелицами, шмелями, клещами и другими мелкими животными.

*Подземная ярусность* обусловлена разной глубиной расположения корневой системы. Чем выше деревья, тем глубже в почву проникают их корни. Расположение корней на разной глубине снижает остроту конкуренции между растениями за воду, минеральное питание, кислород. Возникновение ярусности – результат длительного приспособления разных видов друг к другу и формирования межвидовых связей и взаимоотношений. Ярусность способствует значительному ослаблению конкуренции между видами за ресурсы и территорию. Благодаря этому увеличивается численность особей на единице площади, более полно и рационально используются условия и ресурсы биотопа. Вертикальное распределение видов в биоценозе оказывает влияние на его горизонтальную структуру.

*Горизонтальная структура биоценоза (мозаичность).* Неоднородность почвенных условий, рельефа, деятельность человека определяют характер горизонтального распределения видов в биотопе – *горизонтальную структуру биоценоза*. Под действием вышеуказанных факторов в биоценозе происходит формирование растительных микрогруппировок. В луговых биоценозах можно обнаружить микрогруппировки бобовых, злаков, сложноцветных. Они различаются видовым составом, соотношением численности видов, продуктивностью, биомассой. В каждой такой растительной микрогруппировке формируется определенный микроклимат, видовой состав животных, грибов и микроорганизмов. Совокупность всех этих компонентов, связанных трофическими и топическими связями, является структурной единицей горизонтальной структуры биоценоза. В лесном биоценозе четко видны различия между опушкой леса и поляной. Существенно отличаются участки леса с выраженным кустарниковым подростом и со сплошным моховым покровом или с покровом из черничника. Горизонтальная структура биоценоза является отражением разнообразия условий окружающей среды в биотопе в горизонтальном направлении. Благодаря формированию горизонтальной структуры биоценоз более полно использует возможности биотопа. В нем активно потребляются пищевые ресурсы, увеличивается количество видов и, как следствие, возрастает стабильность биоценоза.

### **1.10.31. Структура экосистемы.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Экосистема. Биогеоценоз. Структура экосистемы. Продуценты, консументы, редуценты. Цепи и сети питания. Пастбищные и детритные цепи. Трофические уровни. Экологические пирамиды (чисел, биомасс, энергии пищи).

Продуктивность экосистем. Биомасса и продукция. Первичная и вторичная продукция.

Биотические связи организмов в экосистемах. Конкуренция, хищничество, симбиоз.

Динамика экосистем. Сезонная динамика. Понятие экологической сукцессии.

Агроэкосистемы. Отличие агроэкосистем от естественных экосистем.

*Экосистема* – комплекс из сообщества живых организмов и среды их обитания, в котором происходит обмен веществом и энергией.

*Биогеоценоз* – исторически сложившаяся совокупность живых (биоценоз) и неживых (биотоп) компонентов однородного участка суши, где происходит круговорот веществ и превращение энергии.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Экосистема* – комплекс из сообщества живых организмов и среды их обитания, в котором происходит обмен веществом и энергией. Экосистемы не имеют определенной размерности.

Гниющий пень с населяющими его беспозвоночными животными, грибами и бактериями представляет собой экосистему небольшого масштаба (*микроэкосистема*).

Озеро с водными и околоводными организмами является экосистемой среднего масштаба (*мезоэкосистема*).

А море с его многообразием водорослей, рыб, моллюсков, ракообразных – экосистема крупного масштаба (*макроэкосистема*).

*Биогеоценоз* – исторически сложившаяся совокупность живых (биоценоз) и неживых (биотоп) компонентов однородного участка суши, где происходит круговорот веществ и превращение энергии.

Биогеоценоз включает две структурные части – биоценоз и биотоп. Каждая из этих частей состоит из определенных компонентов, которые между собой взаимосвязаны

Биогеоценоз и экосистема – близкие понятия, обозначающие биосистемы одного уровня организации. Общим признаком для этих систем является наличие в них обмена веществом и энергией между живым и неживым компонентами.

Экосистемы имеют разную степень сложности, разные масштабы, они могут быть естественными (природными) и искусственными (созданными человеком).

В качестве отдельных экосистем могут рассматриваться капля воды из лужи с микроорганизмами, болотная кочка с ее населением, озеро, луг, пустыня и, наконец, биосфера – экосистема самого высокого ранга.

Биогеоценоз отличается от экосистемы территориальной ограниченностью и определенным составом популяций (биоценоз). Его границы определяются наземным растительным покровом (фитоценозом). Изменение растительности свидетельствует об изменении условий в биотопе и о границе с соседним биогеоценозом. Переход от древесной растительности к травянистой свидетельствует о границе между лесным и луговым биогеоценозами. Биогеоценозы выделяют только на суше. Следовательно, понятие «экосистема»

более широкое, чем «биогеоценоз». Экосистемой можно назвать любой биогеоценоз, биогеоценозом можно назвать только наземные экосистемы. С точки зрения обеспечения питательными веществами биогеоценозы более автономны (независимы от других биогеоценозов), чем экосистемы. В каждом из устойчивых (существующих длительное время) биогеоценозов осуществляется свой круговорот веществ, сопоставимый по характеру с круговоротом веществ в биосфере планеты Земля, но только в гораздо меньшем масштабе. Экосистемы более открытые системы. Это еще одно отличие биогеоценозов от экосистем.

#### *Структура экосистемы.*

В экосистеме виды организмов выполняют разные функции, благодаря которым осуществляется круговорот веществ. В зависимости от роли, которую виды играют в круговороте, их относят к разным функциональным группам: продуцентам, консументам или редуцентам.

*Продуценты* (от лат. *producens* – создающий), или производители, – автотрофные организмы, синтезирующие органическое вещество из минерального с использованием энергии.

Если для синтеза органического вещества используется солнечная энергия, то продуцентов называют *фотоавтотрофами*. К фотоавтотрофам относятся все зеленые растения, лишайники, цианобактерии, автотрофные протисты, зеленые и пурпурные бактерии.

Продуценты, использующие для синтеза органического вещества энергию химических реакций окисления неорганических веществ, называются *хемоавтотрофами*. Ими являются железобактерии, бесцветные серобактерии, нитрифицирующие и водородные бактерии.

*Консументы* (от лат. *consumo* – потребляю), или потребители, – гетеротрофные организмы, потребляющие живое органическое вещество и передающие содержащуюся в нем энергию по пищевым цепям. К ним относятся все животные и растения-паразиты. В зависимости от вида потребляемого органического вещества консументы подразделяются на порядки. Организмы, потребляющие продуцентов, называются *консументами I порядка*. К ним относятся растительноядные животные (саранча, грызуны, парно- и непарнокопытные животные) и растения-паразиты. Консументов I порядка потребляют *консументы II порядка*, которые представлены плотоядными животными. *Консументами III* и последующих порядков являются плотоядные животные, питающиеся консументами II и последующих порядков. Количество порядков консументов в экосистеме ограничено и определяется объемом биомассы, созданной продуцентами.

*Редуценты* (от лат. *reducens* – возвращающий), или разрушители, – гетеротрофные организмы, разрушающие отмершее органическое вещество любого происхождения до минерального. Образующееся минеральное вещество накапливается в почве и в дальнейшем поглощается продуцентами. В экологии отмершее органическое вещество, вовлеченное в процесс разложения, называется детритом.

*Детрит* – отмершие остатки растений и грибов, трупы и экскременты животных с содержащимися в них бактериями. В процессе разложения детрита участвуют детритофаги и редуценты.

К *детритофагам* относятся мокрицы, некоторые клещи, многоножки, ногохвостки, жуки мертвоеды, некоторые насекомые и их личинки, черви. Они потребляют детрит и в ходе жизнедеятельности оставляют содержащие органику экскременты.

Истинными *редуцентами* считаются грибы, гетеротрофные протисты, почвенные бактерии.

*Цепи и сети питания.*

Основное условие существования экосистемы – это поддержание круговорота веществ и превращения энергии. Оно обеспечивается благодаря трофическим (пищевым) связям между видами, относящимися к разным функциональным группам. Именно на основе этих связей органические вещества, синтезированные продуцентами из минеральных веществ с поглощением солнечной энергии, передаются консументам и претерпевают химические превращения. В результате жизнедеятельности преимущественно редуцентов атомы основных биогенных химических элементов переходят из органических веществ в неорганические ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ). Затем неорганические вещества используются продуцентами для создания из них новых органических веществ. А они снова с помощью продуцентов вовлекаются в круговорот. Если бы эти вещества не использовались многократно, жизнь на Земле была бы невозможна.

Для осуществления полноценного круговорота веществ в экосистеме должны быть в наличии все три функциональные группы организмов. И между ними должно происходить постоянное взаимодействие в виде трофических связей с образованием трофических (пищевых) цепей, или цепей питания.

*Цепь питания (пищевая цепь)* – последовательность организмов, в которой происходит поэтапный перенос вещества и энергии от источника (предыдущего звена) к потребителю (последующему звену). При этом один организм может поедать другой, питаться его отмершими остатками или продуктами жизнедеятельности. В зависимости от вида исходного источника вещества и энергии цепи питания подразделяют на два типа: пастбищные (цепи выедания) и детритные (цепи разложения).

*Пастбищные цепи (цепи выедания)* – пищевые цепи, которые начинаются с продуцентов и включают консументов разных порядков. В общем виде пастбищную цепь можно показать следующей схемой: продуценты → консументы I порядка → консументы II порядка → консументы III порядка

Например: 1) пищевая цепь луга: клевер луговой → бабочка → лягушка → змея; 2) пищевая цепь водоема: хламидомонада → дафния → пескарь → судак.

Каждый организм в цепи питания относится к определенному трофическому уровню.

*Трофический уровень* – совокупность организмов, которые в зависимости от способа их питания и вида корма составляют определенное звено пищевой

цепи. Первый трофический уровень составляют автотрофные организмы – растения (продуценты), на втором трофическом уровне находятся растительноядные животные (консументы I порядка), на третьем и последующих уровнях – плотоядные животные (консументы II, III и т. д. порядков).

*Детритные цепи (цепи разложения)* – пищевые цепи, которые начинаются с детрита, включают детритофагов и редуцентов и заканчиваются минеральными веществами. В детритных цепях происходит перенос вещества и энергии детрита между детритофагами и редуцентами через продукты их жизнедеятельности. Например: погибшая птица → личинки мух → плесневые грибы → бактерии → минеральные вещества. Если детрит не требует механического разрушения, то он сразу превращается в перегной с последующей минерализацией. Благодаря детритным цепям в природе замыкается круговорот веществ. Отмершие органические вещества в детритных цепях превращаются в минеральные, которые поступают в среду, из нее поглощаются растениями (продуцентами).

Пастбищные цепи преимущественно располагаются в надземных, цепи разложения – в подземных ярусах экосистем. Взаимосвязь пастбищных цепей с детритными осуществляется через детрит, попадающий в почву. Детритные цепи связаны с пастбищными через минеральные вещества, извлекаемые из почвы продуцентами. Благодаря взаимосвязи пастбищных и детритных цепей в экосистеме формируется сложная пищевая сеть, обеспечивающая постоянство процессов превращения вещества и энергии.

*Экологические пирамиды.*

Процесс превращения вещества и энергии в пастбищных цепях имеет определенные закономерности. На каждом трофическом уровне пастбищной цепи не вся съеденная биомасса идет на образование биомассы консументов данного уровня. Значительная ее часть затрачивается на процессы жизнедеятельности организмов: движение, размножение, поддержание температуры тела и т. д. Большая часть вещества и содержащейся в нем энергии при переходе от одного трофического уровня к другому теряется. Процент усвояемости сильно варьирует и зависит от состава пищи и биологических особенностей организмов. На каждом трофическом уровне пищевой цепи теряется в среднем около 90 % энергии, и только 10 % переходит на следующий уровень (правило Линдемана).

Если на каждом трофическом уровне пищевой цепи определить число особей, или их биомассу, или количество заключенной в ней энергии, то станет очевидным уменьшение этих величин по мере продвижения к концу цепи питания – *правилом экологической пирамиды*.

Известны три типа экологических пирамид:

*Пирамида чисел* отражает численность особей в каждом звене пищевой цепи. Однако в экосистеме второй трофический уровень (консументы I порядка) численно может быть богаче первого трофического уровня (продуцентов). В этом случае получается перевернутая пирамида чисел. Это

объясняется участием в таких пирамидах особей, не равноценных по размерам. Примером может служить пирамида чисел, состоящая из лиственного дерева, листогрызущих насекомых, мелких насекомоядных и крупных хищных птиц.

*Пирамида биомассы* отражает количество органического вещества, накопленного на каждом трофическом уровне пищевой цепи. Пирамида биомассы в наземных экосистемах правильная. А в пирамиде биомассы для водных экосистем биомасса второго трофического уровня, как правило, больше биомассы первого при определении ее в конкретный момент. Но поскольку водные продуценты (фитопланктон) имеют высокую скорость образования продукции, то в конечном итоге их биомасса за сезон все равно будет больше биомассы консументов I порядка. А это значит, что в водных экосистемах также соблюдается правило экологической пирамиды.

*Пирамида энергии* отражает закономерности расходования энергии на разных трофических уровнях. Таким образом, запас вещества и энергии, накопленный растениями в пастбищных пищевых цепях, быстро расходуется (выедается), поэтому эти цепи не могут быть длинными. Обычно они включают от трех до пяти трофических уровней.

*Продуктивность экосистем.*

Превращение энергии в экосистеме идет несколько иначе, чем превращение веществ. Поток солнечной энергии, поступивший в экосистему, как бы разделяется на два русла – пастбищное и детритное. В каждом из них энергия расходуется на поддержание жизнедеятельности организмов. Соотношение количества энергии, проходящей через пастбищные и детритные цепи, в разных типах экосистем разное. Потеря энергии в пищевых цепях может быть восполнена только за счет поступления новых порций солнечной энергии или готового органического вещества (энергия корма). Поэтому в экосистеме не может быть круговорота энергии, аналогичного круговороту веществ. Экосистема функционирует только за счет направленного потока энергии. Благодаря многократному использованию вещества и постоянному притоку энергии экосистемы способны длительно поддерживать стабильное существование. Населяющие их продуценты, консументы и редуценты при этом обеспечивают возобновление своей биомассы, несмотря на то, что запас веществ в биосфере ограничен и не пополняется.

Скорость возобновления биомассы организмов экосистемы называется *биологической продуктивностью*. Она выражается количеством образующейся продукции.

*Продукция экосистемы* – количество биомассы, образующейся в экосистеме на единице площади или в единице объема биотопа за единицу времени.

Экосистемы сильно различаются по количеству образующейся продукции. Она убывает в следующей последовательности: *тропический лес, субтропический лес, лес в зоне умеренного климата, степь, океан, пустыня*. Образующаяся продукция может по-разному расходоваться в разных экосистемах. Если скорость ее потребления отстает от скорости образования, то

это ведет к приросту биомассы экосистемы и накоплению избытка детрита. В результате будет наблюдаться образование торфа на болотах, зарастание мелких водоемов, создание запаса подстилки в таежных лесах. В стабильных экосистемах практически вся образующаяся продукция тратится в сетях питания. В результате биомасса экосистемы остается практически постоянной.

*Биомасса экосистемы* – общее количество органического вещества всех живых организмов, накопившегося в данной экосистеме за предыдущий период ее существования. Биомасса экосистемы выражается в единицах сырой массы или массы сухого органического вещества на единицу площади (наземные экосистемы) или на единицу объема (водные экосистемы). Биомасса экосистемы и ее биологическая продуктивность могут сильно отличаться. Например, в густом лесу общая биомасса организмов очень велика по сравнению с ее годовым приростом – продукцией. Тогда как в пруду небольшая накопленная биомасса фитопланктона имеет высокую скорость возобновления – образования продукции за счет быстрого размножения.

*Первичная и вторичная продукция.*

В зависимости от того, какие вещества и энергия используются для возобновления биомассы, в экосистеме различают первичную и вторичную продуктивность. Соответственно, образующаяся при этом продукция называется первичной и вторичной.

*Первичная продукция* – биомасса, созданная автотрофными организмами (продуцентами) из минеральных веществ в процессе фото- или хемосинтеза. Основное количество возникающих таким путем органических веществ создают зеленые растения. Эффективность превращения поглощаемой ими солнечной энергии в энергию химических связей органических веществ составляет в среднем 1 %. Эта закономерность получила название правила 1 %. Первичная продукция является очень важной характеристикой экосистемы. Именно накопленная в ней энергия позволяет существовать всем гетеротрофным организмам (консументам и редуцентам) и создавать свою продукцию.

*Вторичная продукция* – биомасса, созданная гетеротрофными организмами (консументами и редуцентами) из органического вещества после его частичного расщепления. Как первичная, так и вторичная продукция на трофических уровнях в пастбищных цепях могут использоваться для разных целей.

Вся первичная продукция, созданная продуцентами в результате фотосинтеза, называется *валовой первичной продукцией (ВПП)*. Она является единственным источником энергии для консументов. Та часть продукции предыдущего трофического уровня, которая потребляется организмами последующего трофического уровня, условно называется *кормом (К)*. Часть корма на каждом трофическом уровне затрачивается организмами на поддержание процессов жизнедеятельности – *траты на дыхание (ТД)*. А вторая его часть после частичного расщепления используется на образование биомассы консументов – *вторичной продукции (ВтП)*. Продукция продуцентов,

которая может быть съедена консументами I порядка, называется *чистой первичной продукцией (ЧПП)*. Однако не вся продукция, образовавшаяся на трофическом уровне, переходит на следующий уровень в качестве корма. Часть ее, как правило, остается на трофическом уровне в качестве запаса – *неиспользуемая продукция (НП)*. Совокупность неиспользованной продукции всех трофических уровней экосистемы составляет чистую продукцию сообщества. *Чистая продукция сообщества (ЧПС)* – часть продукции экосистемы, которая может быть использована в пределах самой экосистемы для ее развития.

Валовая первичная продукция (ВПП) = траты на дыхание (ТД<sub>I</sub>) + чистая первичная продукция (ЧПП).

Чистая первичная продукция (ЧПП) = неиспользуемая продукция (НП) + корм (КП).

Корм (КП) = траты на дыхание (ТД<sub>II</sub>) + вторичная продукция (ВтПП).

Вторичная продукция (ВтПП) = неиспользуемая продукция (НП<sub>II</sub>) + корм (КП<sub>II</sub>).

Чистая продукция сообщества (ЧПС) = неиспользуемая продукция (НП) + неиспользуемая продукция (НП<sub>II</sub>) + неиспользуемая продукция (НП<sub>n</sub>).

*Биотические взаимоотношения популяций в экосистемах.*

Для регуляции численности популяций в экосистеме наибольшее значение имеют такие взаимоотношения, как конкуренция и хищничество.

*Конкуренция* (от лат. concurrentia – соперничество) – взаимоневыгодный тип взаимоотношений между видами со сходными потребностями. Она проявляется либо в форме агрессии, когда организмы вступают в прямую, открытую борьбу (*прямая конкуренция*), либо в форме *косвенной конкуренции* за ресурс. В результате прямой конкуренции особи уничтожают друг друга путем прямого нападения. Например, серая крыса крупнее и агрессивнее черной, в схватках чаще одерживает верх. Поэтому в поселениях человека в Европе серая крыса почти вытеснила черную. В случае косвенной конкуренции численность популяций обоих видов снижается вследствие гибели особей из-за недостатка общего ресурса. Примером может служить конкуренция между растениями разных видов за свет, воду и минеральные вещества.

*Хищничество* – тип взаимоотношений видов разных трофических уровней, когда один вид (*хищник*) живет за счет другого (*жертвы*) в результате его умерщвления и поедания. К этому типу взаимоотношений можно отнести все варианты трофических связей. Однако когда в качестве жертвы выступают растения, то эти взаимоотношения называют растительностью. В ходе эволюции хищник и жертва параллельно эволюционируют, приспособляясь друг к другу (*коэволюция*). Примерами хищничества являются взаимоотношения: паук – муха, сова – мышь, удав – кролик, каракатица – рыба-иглобрюх.

Совокупность таких взаимоотношений, как паразитизм, комменсализм и мутуализм, называют симбиозом. *Симбиоз* (от греч. symbiosis – совместная жизнь) – длительное сожительство двух или нескольких видов, извлекающих из

него взаимную или одностороннюю пользу. Основой для симбиоза могут быть трофические и топические связи. При этом каждый из симбионтов либо может жить самостоятельно, либо один из них (или оба) оказывается в такой зависимости от другого, что самостоятельно существовать не может. По характеру отношений между партнерами выделяют три типа симбиоза.

*Паразитизм* (от греч. *parasitos* – нахлебник) – тип взаимоотношений организмов разных видов, из которых один (паразит) использует другого (хозяина) в качестве среды обитания и источника пищи. Паразитизм возник на основе трофических и топических связей. Паразит всегда меньше хозяина, он ослабляет, но не уничтожает хозяина, иначе погибнет сам. Паразитизм распространен среди мелких организмов – вирусов, бактерий, грибов. Встречается и среди некоторых растений (повилика, заразиха), червей. В ходе эволюции формируются взаимные приспособления паразита и хозяина (*коэволюция*). Примерами паразитизма могут служить следующие взаимоотношения: аскарида – человек, печеночный сосальщик – крупный рогатый скот, фитофтора – томаты. Паразитизм, так же как хищничество и конкуренция, играет важную роль в регуляции численности популяций в природе.

*Комменсализм* (от лат. *commensalis* – сотрапезник) – тип взаимоотношений, при котором один вид извлекает пользу, не принося ни вреда, ни пользы другому виду. Если взаимоотношения возникают на основе трофических связей, то такая форма комменсализма называется нахлебничеством. Например, птицы питаются остатками пищи крокодилов, песцы доедают остатки трапезы белого медведя.

Если же виды взаимодействуют на основе топических связей, то это проявление комменсализма называется *квартирантством*. Например, рыбы-прилипалы и водная черепаха, беспозвоночные в гнездах птиц.

*Мутуализм* (от лат. *mutuus* – взаимный) – взаимовыгодный и обязательный для жизни хотя бы одного из видов тип взаимоотношений. При нарушении этих взаимоотношений жизнь одного или обоих видов становится невозможной. Примером могут служить отношения клубеньковых бактерий и бобовых растений, шляпочного гриба и древесного растения.

#### *Динамика экосистем.*

Изменение состояния экосистемы в ответ на изменение условий среды называется *динамикой экосистемы*. Тип динамики зависит от характера изменения экологических факторов среды. Под их влиянием происходит изменение свойств и структуры популяций, их взаимоотношений и состава. Изменение факторов среды может носить циклический или однонаправленный характер. Вследствие этого могут возникать периодические или поступательные изменения экосистемы.

*Сезонная динамика экосистем* – периодические изменения экосистем, связанные со сменой времен года.

В растительном сообществе в течение года четко прослеживается чередование определенных периодов. После зимнего покоя наступает активная

вегетация, цветение, плодоношение, затем листопад и подготовка к зиме. В животном мире размножение особей связано с наличием кормовой базы для потомства, которая также зависит от времени года. Например, клесты выводят птенцов в февральские морозы, когда вскрываются еловые шишки и имеется обилие семян. Грачи выкармливают своих птенцов дождевыми червями ранней весной, когда их легко добывать на вспаханном поле. Сезонные изменения обеспечивают выживание видов в течение года, когда климатические условия изменяются в широких пределах. Например, при наступлении неблагоприятного периода происходят миграции и кочевки у птиц. Некоторые млекопитающие впадают в спячку, у пресмыкающихся и земноводных наступает оцепенение, у протистов образуются цисты.

В результате сезонных изменений наблюдается изменение не только качественных, но и количественных характеристик экосистемы. Некоторые виды практически полностью исключаются из жизни сообщества в определенные периоды (спячка, оцепенение, миграции). Сезонной изменчивости подвержены и ярусы. Некоторые ярусы могут полностью исчезать в определенный сезон: например, растения-однолетники зимой. Все вышеперечисленные изменения носят периодический характер. Они не изменяют саму сущность экосистемы, поэтому и не приводят к ее смене. Например, летний лес сильно отличается от зимнего как качественно, так и количественно. Но он по-прежнему остается лесом, а не становится, например, лугом.

#### *Понятие экологической сукцессии.*

Поступательные изменения экосистемы происходят вследствие однонаправленного изменения условий среды. Причиной изменения условий среды в экосистеме могут быть как внешние (изменение климата) и внутренние (жизнедеятельность популяций) факторы. В результате направленного изменения абиотических и биотических факторов среды существующие в экосистеме популяции начинают вымирать. Новые условия среды становятся непригодными для их существования. Сила воздействия экологических факторов выходит за пределы выносливости популяций. Вместо них заселяются новые популяции, для которых эти условия благоприятны. Это приводит к смене одного биоценоза другим с новым набором видов. В результате происходит смена всей экосистемы. Новая экосистема сменится следующей определенной экосистемой по той же причине. И так будет продолжаться до тех пор, пока не стабилизируются условия среды. Это приведет к формированию конечной равновесной экосистемы, и сукцессия завершится.

*Сукцессия* (от лат. *successio* – преемственность, последовательность) – закономерная, последовательная смена одних экосистем другими на определенной территории под влиянием направленного изменения природных факторов или деятельности человека.

Цепь сменяющих друг друга экосистем называется сукцессионным рядом или *серией*, сами экосистемы – *серийными стадиями*.

Экосистема, в которой достигается равновесное состояние сообщества и окружающей среды, называется *климаксовой стадией* или *климаксом* (от греч. *klimax* – зрелая ступень). Типичными климаксовыми экосистемами являются тундра, тайга, ковыльная степь. Теоретически климаксовая экосистема способна поддерживать себя неограниченно долго. В отличие от сериальных стадий годовая продукция климаксовой экосистемы уравнивает ее годовое потребление.

Выделяют два основных типа сукцессий в зависимости от первоначального состояния субстрата – первичные и вторичные.

*Первичные сукцессии* начинаются на месте, ранее лишенном жизни. Например, на застывшей лаве после извержения вулканов, на морских островах после землетрясений, на песчаных дюнах, на голых скалах, наносах рек. При первичных сукцессиях сериальные стадии сменяют одна другую в течение значительного промежутка времени. Достижение климаксовой стадии занимает длительный период (столетия и тысячелетия). При этом начальные стадии значительно продолжительнее конечных. Первичная сукцессия на песчаных дюнах происходит следующим образом. На голых песках поселяются некоторые злаки, ива остролистная и другие растения-псаммофиты (песколюбы). Они способны жить в условиях засухи. Вместе с ними будут заселяться норные пауки, кузнечики, роющие осы. Потом появляется разнотравье. Создается органическое вещество, обогащающее субстрат. Появляется сосна, которая закрепляет пески, потом лиственные породы. Богаче становится животный мир. Новые места заселяют муравьи, кобылки, жуки, дождевые черви, моллюски, грызуны и другие обитатели лиственного леса. Таким образом, главная роль в этой сукцессии принадлежит растениям. Они вызывают изменения в почве, служащие основой для изменения видового состава экосистемы.

*Вторичные сукцессии* начинаются на месте разрушенной экосистемы. Примером может служить зарастание заброшенных полей, лесной вырубки, загрязненных водоемов. Вторичной сукцессией является также восстановление лугов и лесов после пожара, засухи, наводнения, эрозии. В современных условиях вторичные сукцессии наблюдаются повсеместно. Смена сериальных стадий и достижение климакса в этом случае происходит значительно быстрее (десятки и сотни лет), чем при первичных сукцессиях. В разрушенных экосистемах, в отличие от мест лишенных жизни, сохраняется почва, семена растений, некоторое количество живых обитателей. Благодаря этому начальные стадии вторичных сукцессий менее продолжительные, чем у первичных. В качестве примера рассмотрим вторичную антропогенную сукцессию, протекающую на месте лесного пожара. В первые десять лет на месте пожарища развивается густой травостой из вейника наземного, иван-чая узколистного, марьянника дубравного и других видов в зависимости от типа угодий. В последующие 10-25 лет происходит зарастание кустарником. Первыми из деревьев появляются береза и осина. Их семена переносятся ветром и, прорастая, легко дают поросль. В течение 25-100 лет формируется

лиственный лес. Со временем кроны деревьев смыкаются и для проростков создаются неблагоприятные условия. Под пологом берез и осин прорастают семена ели, и через 100-150 лет формируется смешанный лес. Ель, затеняя, постепенно вытесняет березу и осину. В результате смешанный лес через 150-250 лет заменяется еловым, который может существовать бесконечно долго. Еловый лес является климаксовой стадией, потому что под его пологом может идти возобновление только ели. Зрелая климаксовая экосистема обладает высокой устойчивостью. Чем больше разнообразие видов в экосистеме и сложнее трофические связи между ними, тем устойчивее экосистема. При высоком видовом разнообразии консументы имеют широкую сеть пищевых ресурсов. В случае недостатка или отсутствия одного вида корма они способны переключиться на другой источник питания. Это дает возможность недостающему корму восстановиться. Так устанавливается динамическое равновесие между пищевыми ресурсами и их потребителями в условиях постоянных изменений среды.

*Агроэкосистемы и их особенности.*

*Агроэкосистемы* (от греч. agros – поле) – искусственные экосистемы, созданные и используемые человеком для получения сельскохозяйственной продукции или отдыха.

Агроэкосистемы занимают примерно 30 % свободной ото льда суши нашей планеты. Из них около 10 % приходится на пахотные земли, почти 20 % занимают пастбища. Основными типами агроэкосистем в нашей стране являются: пахотные поля, сенокосы и пастбища, фруктовые сады, огороды, теплицы, фермы, пруды.

Современные агроэкосистемы представляют экологическую опасность для природных экосистем. Применяемые в них химические средства борьбы с вредителями – пестициды с помощью воды, воздуха по цепям питания переносятся в природные экосистемы, загрязняя их.

Агроэкосистемы являются биосистемами того же уровня организации, что и природные экосистемы. Они включают сообщество и биотоп, которые связаны обменом вещества и энергии. Сообщество состоит из продуцентов, консументов и редуцентов. Они взаимодействуют за счет трофических связей, благодаря чему осуществляется круговорот веществ. Отличие сообщества агроэкосистемы от природного сообщества отмечается на уровне видового состава функциональных групп организмов и их взаимосвязей. Каждая функциональная группа состоит из небольшого количества специфичных видов. Среди продуцентов доминирует культурный вид растений, имеется несколько видов сопутствующих сорняков. Консументы представлены беспозвоночными, паразитическими грибами и бактериями, питающимися преимущественно культурными растениями. Иногда могут присутствовать мелкие грызуны, некоторые птицы. На пастбищах доминируют виды домашних животных. Функцию редуцентов выполняют почвенные грибы, бактерии, дождевые черви. Человек постоянно нарушает взаимодействие видов в сообществе, осуществляя различные приемы агротехники. Отличия

агроэкосистем от природных экосистем. Агроэкосистемы существенно отличаются от природных экосистем.

### 1.10.32. Эволюция органического мира.

*Основные понятия и термины по теме:*

Эволюция органического мира.

Гипотезы происхождения жизни. Основные гипотезы происхождения жизни.

Биологическая эволюция. Общая характеристика теории эволюции Ч. Дарвина. Теория искусственного отбора. Движущие силы и основные результаты эволюции по Ч. Дарвину.

*Биологическая эволюция* – поступательный направленный исторический процесс изменения живых организмов и их сообществ.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Основные гипотезы происхождения жизни.*

Выделяют следующие основные гипотезы происхождения жизни:

*Креационизм.* Согласно этой гипотезе жизнь и все населяющие Землю виды живых существ созданы Богом. Причем божественное сотворение мира произошло одномоментно, поэтому сам процесс создания жизни не доступен для наблюдений во времени.

*Гипотеза самопроизвольного зарождения.* Эта гипотеза является разновидностью абиогенеза – происхождение жизни из неживого вещества. Данная гипотеза явилась альтернативой креационизму, когда накопленные знания людей о живой природе подвергли сомнению сотворение жизни Богом. Считали, что лягушки и насекомые заводятся в сырой почве, мухи – в гнилом мясе.

*Гипотеза панспермии.* Жизнь могла быть занесена на Землю из космоса вместе с метеоритами и космической пылью.

*Биохимическая гипотеза* возникновения жизни является наиболее распространенной в настоящее время. Суть данной гипотезы заключается в том, что на ранних этапах развития Земли существовал продолжительный период абиогенеза. Живые организмы в нем участия не принимали. Для синтеза органических соединений источником энергии служило ультрафиолетовое излучение Солнца. Солнечная радиация не задерживалась озоновым слоем, потому что ни озона, ни кислорода в атмосфере древней Земли не было. Синтезированные аминокислоты, сахара и другие органические соединения в течение десятков миллионов лет запасались в древнем океане. Их накопление в итоге привело к образованию однородной массы, которая была названа Опариным «первичным бульоном». По мнению Опарина, именно в «первичном бульоне» и возникла жизнь. Опарин считал, что решающая роль в превращении неживого в живое принадлежит белкам. Именно белки способны образовывать коллоидные комплексы, притягивающие к себе молекулы воды. Такие комплексы, сливаясь друг с другом, формировали коацерваты – структуры, обособленные от остальной массы воды. Коацерваты обладали некоторыми свойствами живого. Они могли избирательно поглощать из окружающего

раствора вещества и увеличиваться в размерах – некое подобие питания и роста. При дроблении коацерватов образовывались новые капли, сохранявшие основные свойства исходного образования – подобие размножения. Но для превращения в первые живые организмы коацерватам не хватало биологических мембран и генетической информации, обеспечивающей воспроизводство. Следующим шагом в зарождении жизни стало появление мембран. Они могли образовываться из липидных пленок, покрывающих поверхность водоемов. Далее к таким липидным образованиям присоединялись растворенные в воде белки. В результате поверхность коацерватов приобретала структуру и свойства биологической мембраны. Такая мембрана уже могла пропускать внутрь одни вещества и не пропускать другие. Дальнейшее объединение коацерватов с нуклеиновыми кислотами привело к образованию саморегулирующихся и самовоспроизводящихся первых живых организмов – протобионтов. Эти примитивные первичные организмы были анаэробами и гетеротрофами, питавшимися веществами «первичного бульона». Таким образом, спустя 1 млрд лет, согласно этой гипотезе, завершилось зарождение жизни на Земле.

*Общая характеристика теории эволюции Чарльза Дарвина.*

*Биологическая эволюция* – поступательный направленный исторический процесс изменения живых организмов и их сообществ.

Дарвин выдвинул предположение о преемственности между современными и вымершими формами живых организмов. В 1831 г. Дарвин в качестве натуралиста отправился на паруснике «Бигль» в кругосветное плавание. В течение пяти лет молодой ученый изучал геологическое строение материков, флору и фауну стран мира. Дарвин обратил внимание на особенности географического распределения животных по материкам. Например, в фауне Южной Америки он обнаружил формы, которых не наблюдалось в Северной Америке (ленивцы, муравьеды, броненосцы). Данный факт он объяснял изоляцией фауны, вызванной наличием водных преград между двумя материками. Во время кругосветной экспедиции Дарвин побывал на Галапагосских островах, расположенных недалеко от западного побережья Южной Америки. Там ученый обнаружил виды певчих воробьиных птиц – вьюрков, которые различались между собой по форме клюва и типу корма. В то же время островные вьюрки были очень похожи на материковый вид, что, несомненно, указывало на их близкое родство.

Клювы вьюрков одних видов идеально подходили для сбора семян, у других были приспособлены только для добычи насекомых. При этом все вьюрки на островах были в целом достаточно схожи. Дарвин предположил, что когда-то на острова прилетели птицы одного вида вьюрков, а расселившись, они приспособивались к местным условиям. Преимущество в выживании получали виды, чьи клювы больше подходили для добычи доступного на островах корма. Одним вьюркам досталась роль охотников за мелкими насекомыми, другие получили изобилие плодов и семян. В результате постепенно образовалось несколько различных видов этих птиц,

специализирующихся на каком-либо типе корма. В итоге, по окончании экспедиции на основе обширного фактического материала Дарвином были сделаны важные выводы. Во-первых, он подтвердил, что виды способны изменяться и давать начало новым видам. Во-вторых, на основе самостоятельного изучения ископаемых остатков и известных ранее данных палеонтологических исследований ученый доказал сходство в строении вымерших и современных животных.

*Основные положения теории эволюции Чарльза Дарвина.*

Результаты своих исследований Дарвин впервые опубликовал в 1859 г. в книге «Происхождение видов путем естественного отбора».

*Основные положения теории эволюции Чарльза Дарвина:*

1. Виды живых организмов имели единственное происхождение и поступательно преобразовывались и совершенствовались в соответствии с условиями окружающей среды.

2. Преобразование видов происходит на основе наследственности и изменчивости живых организмов и постоянно протекающего в природе естественного отбора.

3. Естественный отбор в природе осуществляется на основе взаимоотношений организмов друг с другом, и с неблагоприятными условиями окружающей среды. Данные взаимоотношения представляют собой борьбу за существование.

4. Результатом естественного отбора является возникновение приспособленности и на этой основе многообразия видов живых организмов в природе.

Проанализировав основные положения эволюционной теории, можно сделать заключение, что, с точки зрения Дарвина, наименьшей эволюционирующей единицей – *элементарной единицей эволюции* является вид.

*Предпосылками эволюции*, создающими материал для отбора в виде наследственно закрепленных различий особей, служат наследственность и изменчивость организмов.

*Движущими силами эволюции*, приводящими к образованию новых видов, являются борьба за существование и естественный отбор.

В книге «Происхождение видов путем естественного отбора» Ч. Дарвин доказал, что предпосылками эволюции являются наследственность и изменчивость организмов.

Естественный отбор и борьба за существование – главные движущие силы эволюции. *Результатом естественного отбора* является возникновение приспособленности и на ее основе многообразия видов живых организмов в природе.

*Общая характеристика теории эволюции Чарльза Дарвина.*

При создании эволюционной теории Дарвин опирался на селекционный материал своего времени. В то время было известно большое количество сортов культурных растений и пород домашних животных. Их предками

являлся один или несколько диких видов. Например, все известные породы домашних собак происходят от волка или шакала. Известные породы овец – это потомки архара или муфлона, удивительное разнообразие голубей произошло от сизого скалистого голубя. Современные сорта капусты произошли от нескольких форм дикой капусты, встречающейся в Европе и сегодня. В условиях доминирования представлений о постоянстве и неизменности видов Ч. Дарвину важно было показать, за счет чего образуется их многообразие. Поэтому он подробно обосновал положение об изменчивости живых организмов.

Дарвин выделил три формы изменчивости: определенную (групповую), неопределенную (индивидуальную) и соотносительную (коррелятивную).

*Определенная (групповая) изменчивость* – появление одинаковых признаков у всех особей и их потомства под действием изменившегося фактора среды. Определенная изменчивость носит массовый характер. При недостатке корма животные теряют массу, в холодном климате шерсть у млекопитающих более густая. Листья растений, находящиеся в условиях разной освещенности, отличаются по форме. Определенная изменчивость повышает приспособленность организма к конкретным условиям среды обитания, однако не передается по наследству. То есть при изменении условий среды обитания у потомков не сохраняются признаки, приобретенные их родителями.

*Неопределенная (индивидуальная) изменчивость* – появление у отдельно взятой особи в пределах одного сорта, породы, вида нового признака, который не встречался у родителей. Так, в пределах одной породы кроликов может наблюдаться различная окраска шерсти. В пределах одного сорта узамбарских фиалок – различная окраска цветков. Дарвин отмечал, что даже в сходных условиях среды потомки от пары родителей различаются между собой. Данная форма изменчивости является результатом специфического влияния условий существования на каждый отдельный организм. Истинные причины неопределенной изменчивости Дарвину были неизвестны. Однако ее наследственный характер и, как результат, значительное разнообразие особей ученый считал ведущим материалом для эволюционного процесса. Постепенно Дарвин пришел к выводу, что для эволюции важны лишь наследуемые индивидуальные изменения организмов, потому что только они могут накапливаться и передаваться из поколения в поколение.

*Соотносительная (коррелятивная) изменчивость* – изменение какого-то одного органа или части тела вслед за изменением других частей организма. Например, при постоянном упражнении нижних конечностей у пород домашних уток на бедренной кости развивается гребень для прикрепления мышц. У болотных птиц удлинение шеи сопровождается одновременным удлинением конечностей. Такая форма изменчивости очень важна в селекционной практике. В данном случае селекционер может предвидеть отклонения от исходной формы и проводить отбор признаков в желаемом направлении.

Помимо изменчивости важным фактором эволюции Дарвин считал наследственность. *Наследственность* – свойство организмов передавать потомкам свои признаки и свойства. Впоследствии Г. Мендель в своих законах (о единообразии гибридов первого поколения и расщеплении признаков во втором поколении) объяснил механизмы наследования признаков. Таким образом, по Дарвину, наследственность и изменчивость – общие свойства всех живых организмов. Именно они являются *главными предпосылками эволюционного процесса*.

*Искусственный отбор.*

*Искусственный отбор* – процесс выбора человеком наиболее ценных в хозяйственном отношении животных и растений и использование их для дальнейшего разведения. Дарвин выделял две формы искусственного отбора – бессознательный и методический.

При *бессознательном отборе* человек не ставит перед собой цель создать новую породу или сорт. Он путем размножения одних особей и удаления других медленно изменяет полезные для себя признаки организмов. Человек отбирал для последующего посева растения пшеницы с наиболее крупными, здоровыми и долго хранящимися семенами. Коров отбирали по величине надоя и мясистости, а выбор овец производился по густоте шерсти. Благодаря такому дифференцированному подходу из поколения в поколение усиливались определенные признаки размножаемых особей. В итоге бессознательная форма искусственного отбора медленно, но верно приводила к образованию новых пород и сортов.

*Методический отбор* – целенаправленное выведение человеком пород животных или сортов растений. В данном случае селекционер обращает внимание на признаки, которые максимально желательны для него в конкретных условиях. Далее он уже конструирует породу или сорт. На основе наследственной изменчивости организмов человек целенаправленно подбирает пары для скрещивания. Он также обеспечивает максимальное развитие и закрепление желаемых признаков из поколения в поколение. Породы коров выводят по мясистости или по надоям молока. Породы кур – по яйценоскости, количеству мяса и даже по бойцовым качествам, собак – по способности к различным видам охоты, служебному использованию, декоративности.

Теория искусственного отбора показала, что это основной механизм, обусловивший возникновение разнообразия культурных растений и домашних животных. В то же время Дарвин подчеркивал особую важность бессознательного отбора. Бессознательный отбор является связующим звеном между искусственным и естественным отбором.

*Движущие силы эволюции.*

*Борьба за существование* – совокупность многообразных и сложных взаимодействий организмов между собой и с окружающими их условиями внешней среды. Дарвин выделил три формы борьбы за существование: внутривидовую, межвидовую и борьбу с неблагоприятными условиями среды.

*Внутривидовая борьба* – взаимоотношения между особями одного и того же вида. Дарвин считал внутривидовую борьбу наиболее напряженной. Безусловно, организмы, принадлежащие к одному виду, предъявляют сходные требования к корму, условиям размножения, убежищам. Максимально остро такая борьба протекает при значительном увеличении численности особей вида и ухудшении условий существования. Это приводит к гибели части особей или к устранению их от размножения. Внутривидовая борьба проявляется в виде конкуренции за участки гнездования у птиц или за полового партнера у животных одного вида. Проросшие семена растений, например берез, часто погибают потому, что почва уже густо заросла сеянцами этого же вида. Молодые проростки испытывают при этом недостаток освещенности, питания и др. У жука мучного хрущика превышение допустимого числа особей на единице пищевого субстрата приводит к нарушению половых циклов и каннибализму.

*Межвидовая борьба* – взаимоотношения между особями разных видов. Типичными примерами межвидовой борьбы являются известные вам типы межвидовых взаимоотношений: «хищник-жертва», «паразит-хозяин». Результатом межвидовой борьбы является то, что ввиду лучшей приспособленности один из видов может вытеснить другой. Американская норка, ввезенная в Беларусь, постепенно вытесняет европейскую норку. Это происходит за счет более крупных размеров и выраженной агрессивности американской норки. Сорные растения на полях вытесняют культурные, конкурируя с ними за влагу, свет и минеральное питание.

*Борьба с неблагоприятными условиями среды* – выживание наиболее приспособленных особей, популяций и видов в изменившихся условиях неживой природы. Эта форма борьбы более остро проявляется, когда какой-либо из абиотических экологических факторов находится в дефиците или избытке. Такие ситуации складываются при сильных засухах, наводнениях, заморозках, пожарах, извержении вулканов. В пустынях борьба за существование у растений направлена на экономное расходование влаги. В результате у некоторых растений сформировались приспособления в виде мясистых листьев или стеблей для запасаания воды. У других встречаются листья-колючки для уменьшения испарения, глубоко проникающие корни для использования грунтовых вод и т. д. Другой пример борьбы с неблагоприятными условиями среды – миграция перелетных птиц в теплые страны при наступлении холодов.

Естественным результатом всех форм борьбы является снижение из поколения в поколение численности наименее приспособленных особей. Это связано, как с их непосредственной гибелью, так и с меньшим количеством производимых на свет потомков. С другой стороны, более приспособленные особи увеличивают свою численность. При этом они в каждом следующем поколении отнимают у менее приспособленных все больше и больше необходимых для жизни ресурсов. Это постепенно приводит к полному вытеснению последних из биотопа. Данный процесс, постоянно протекающий в

природе, Дарвин и назвал естественным отбором. По Дарвину, естественный отбор – *процесс выживания и размножения наиболее приспособленных к условиям обитания особей и гибель менее приспособленных.*

*Естественный отбор* протекает под воздействием факторов окружающей среды (температуры, влажности, света, паразитов, конкурентов, хищников и др.). Естественный отбор позволяет сохранять и накапливать мелкие наследственные изменения, полезные в данных условиях существования. Даже незначительное удлинение хоботка у шмелей позволяет им добывать пыльцу из цветков с удлиненным венчиком. В этом случае длиннохоботковые шмели имеют неоспоримое преимущество. Отбор происходит непрерывно в ряду поколений и сохраняет преимущественно те формы, которые в наибольшей степени приспособлены к данным условиям среды.

Естественный отбор и борьба за существование неразрывно связаны между собой и являются движущими силами эволюции видов. Данные движущие силы способствуют совершенствованию организмов, результатом которого является их приспособленность к среде обитания и многообразие видов в природе.

*Основные результаты эволюции.*

По Дарвину, результатами эволюции являются приспособленность организмов к среде обитания и многообразие видов в природе.

*Приспособленность* – совокупность адаптаций (особенностей внешнего и внутреннего строения и поведения организмов), которые обеспечивают данному виду преимущество в выживании и оставлении потомства при определенных условиях среды.

*Многообразие видов* – второй важный результат эволюции. Во первых, неопределенная изменчивость и протекающий на ее основе естественный отбор приводят к многообразию взаимоотношений между организмами. Во-вторых, наша планета характеризуется множеством различающихся по силе действия экологических факторов биотопов. На основе перечисленного выше и формируется многообразие видов в природе. Преимущество в этом случае получают наиболее высокоорганизованные и приспособленные к условиям среды формы. Дарвин подчеркивал, что одновременное существование видов живых организмов с различным уровнем организации объясняется тем, что их эволюция шла одновременно в нескольких направлениях.

### **1.10.33. Синтетическая теория эволюции.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Синтетическая теория эволюции. Популяция - элементарная единица эволюции. Предпосылки (элементарные факторы) эволюции. Генетическое разнообразие в популяциях. Роль мутационной и комбинативной изменчивости. Миграция (поток генов). Эволюционная роль модификаций. Волны жизни, дрейф генов, изоляция.

Движущие силы эволюции. Борьба за существование. Формы Борьбы за существование. Естественный отбор (движущий и стабилизирующий).

Результаты эволюции. Приспособления - основной результат эволюции. Видообразование. Факторы и способы видообразования (аллопатрическое и симпатрическое). Общая характеристика синтетической теории эволюции.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Основные положения синтетической теории эволюции:*

1. Элементарной единицей эволюции является популяция.
2. Предпосылки эволюции – мутационный процесс, комбинативная изменчивость, популяционные волны, поток и дрейф генов, изоляция.
3. Элементарный эволюционный материал – генотипическое разнообразие популяции как результат мутаций и их комбинаций, изменения соотношения генотипов в генофонде.
4. Основная движущая сила эволюции – естественный отбор, протекающий на основе борьбы за существование.
5. Эволюция носит дивергентный характер, на основе одной предковой формы может возникнуть несколько новых форм, но каждая из них имеет только одного предка (монофилетическое происхождение).
6. Эволюция протекает медленно и постепенно. Видообразование, как этап эволюции, включает промежуточные стадии – разновидности и подвиды.
7. Вид существует как целостная, генетически закрытая система. Его целостность поддерживается за счет обмена генами между популяциями (поток генов) в результате миграции особей.
8. Приспособления (адаптации) формируются под действием естественного отбора и являются закономерным результатом эволюции.

*Популяция* – элементарная единица эволюции. В ходе эволюции происходит передача наследственных свойств и признаков организмов в ряду поколений. В природе популяция может длительно существовать, благодаря смене поколений особей, различающихся по генотипам. Совокупность генотипов всех особей популяции называется *генофондом*.

Образование новых видов – это *результат эволюции*. Как видно, для протекания эволюционного процесса необходимо, чтобы в популяции появилось генотипическое разнообразие особей и происходило изменение соотношения генотипов в генофонде, т. е. сформировался элементарный эволюционный материал. Его формирование в популяции происходит в результате действия определенных факторов – предпосылок эволюции.

*Предпосылки эволюции.*

Согласно современным представлениям к предпосылкам эволюции, как уже отмечалось, относятся: мутационный процесс, комбинативная изменчивость, поток генов, популяционные волны (волны жизни), дрейф генов, изоляция.

*Мутационный процесс* – случайный и ненаправленный процесс возникновения наследственных изменений – *мутаций* – под действием мутагенных факторов среды. Он создает эволюционный материал для естественного отбора в виде измененных генотипов (мутационная изменчивость). Частота спонтанных мутаций в отдельном гене невелика.

Мутации носят ненаправленный характер и по-разному влияют на жизнеспособность, плодовитость, скорость роста и другие особенности особей. Фенотипическое проявление мутаций в определенных условиях может быть вредным (у большинства мутаций), полезным или нейтральным для их обладателей. Оно делает особей неравнозначными в борьбе за существование и создает тем самым основу для естественного отбора.

*Рецессивные мутации* не имеют фенотипического проявления у особей данного поколения, поэтому не могут служить материалом для естественного отбора на данном этапе эволюции. Но у потомков они могут перейти в гомозиготное состояние и проявиться фенотипически. Рецессивные мутации являются резервом дальнейшей эволюции вида, его эволюционным потенциалом.

*Комбинативная изменчивость* – наследственные изменения, возникающие вследствие образования новых комбинаций генов (рекомбинаций) у потомков. Комбинативная изменчивость создает эволюционный материал для естественного отбора в виде новых комбинаций генов. Их источником являются: кроссинговер, случайное расхождение хромосом при мейозе, случайное сочетание гамет при оплодотворении. При этом структура самих генов не изменяется. Появление новых признаков является результатом взаимодействия аллельных и неаллельных генов, также перехода рецессивных мутаций в *гомозиготное* состояние. Возникающее вследствие этого фенотипическое и генотипическое разнообразие особей является основой для действия естественного отбора.

*Поток генов* – случайный обмен генами между популяциями одного вида в результате миграции особей. Поток генов создает эволюционный материал для естественного отбора в виде измененного соотношения генов в генофонде популяции. При вселении в данную популяцию особей из другой популяции может произойти пополнение ее генофонда новыми генами или увеличиться количество носителей определенных генов. При выселении части особей из популяции результат будет противоположным. В обоих случаях генетическая структура популяции изменится.

*Популяционные волны (волны жизни)* – более или менее регулярные колебания численности, случайным образом изменяющие частоту встречаемости генов и мутаций в популяциях. Они также дают материал для естественного отбора. Причиной колебаний численности могут быть как абиотические (сезонные изменения климатических факторов), так и биотические (колебания численности хищников, паразитов, конкурентов, изменение запасов корма) факторы среды. При теплых погодных условиях в экосистеме луга за лето образуется много растительного корма, что приводит к быстрому увеличению численности популяции листогрызущих насекомых. При этом частота встречаемости редких генов и мутаций в их популяции может случайным образом увеличиться. Также возрастет вероятность возникновения новых мутаций и их комбинаций. В результате генетическая структура популяции изменится. При неблагоприятных условиях будет уменьшаться

запас растительного корма, и, как следствие, произойдет снижение численности насекомых. Это вызовет случайное изменение соотношения генов и мутаций в популяции.

*Дрейф генов* – случайное, не подверженное закономерностям изменение частоты встречаемости генов в генофонде популяции. Способствуют дрейфу генов уменьшение численности популяции или изменение ее возрастного и полового состава в результате стихийных бедствий (лесных пожаров, наводнений, ураганов.). Иногда дрейф генов приводит к существенному изменению генофонда популяции, что и дает материал для естественного отбора. Особенно заметна роль этого фактора в малочисленных популяциях.

*Изоляция* – наличие барьеров различной природы, препятствующих обмену генами между популяциями в результате свободного скрещивания особей. Она закрепляет результат действия естественного отбора в изолированных популяциях и приводит к формированию у них независимых генофондов.

Для протекания эволюционного процесса, приводящего к появлению приспособлений и образованию новых видов и других таксонов, необходимы движущие силы эволюции. В настоящее время созданное Дарвином учение о *движущих силах эволюции* (борьбе за существование и естественном отборе) дополнено новыми фактами благодаря достижениям современной генетики и экологии.

*Борьба за существование и ее формы.*

Взаимоотношения особей внутри популяций и с особями популяций других видов, а также с условиями среды в экосистемах рассматриваются как борьба за существование. Дарвин считал, что борьба за существование является результатом размножения видов в геометрической прогрессии и появления избыточной численности особей при ограниченности кормовых ресурсов. То есть под словом «борьба» по сути понималась конкуренция за корм в условиях перенаселенности.

По современным представлениям, элементами борьбы за существование могут быть любые взаимоотношения – как конкурентные, так и взаимовыгодные (забота о потомстве, взаимопомощь). Перенаселение не является необходимым условием для борьбы за существование.

Выделяют две основные формы борьбы за существование: прямая борьба и косвенная борьба.

*Прямая борьба* – любые взаимоотношения, при которых между особями одного или разных видов в составе их популяций наблюдается выраженный в той или иной степени физический контакт. Прямая борьба может быть как внутривидовой, так и межвидовой.

*Прямая внутривидовая борьба:* соперничество между семьями грачей за места гнездований, между волками за добычу, между самцами за территорию. Вскармливание детенышей молоком у млекопитающих, взаимопомощь при строительстве гнезд у птиц, защита от врагов. К прямой межвидовой борьбе относятся взаимоотношения хищника и жертвы, паразита и хозяина, цветковых

растений и насекомых-опылителей, клубеньковых бактерий и бобовых растений, акул и рыб-прилипал. При прямой межвидовой борьбе совершенствуются приспособления взаимодействующих особей обоих видов (хищника и жертвы, паразита и хозяина).

*Косвенная борьба* – любые взаимоотношения между особями разных популяций, использующих общие пищевые ресурсы, территорию, условия среды без непосредственного контакта друг с другом. Косвенная борьба может быть внутривидовой, межвидовой и с абиотическими факторами среды. Примерами косвенной борьбы могут быть взаимоотношения между отдельными березами в загущенной березовой роще (*внутривидовая борьба*), между белыми медведями и песцами, львами и гиенами за добычу, светолюбивыми и тенелюбивыми растениями (*межвидовая борьба*). Также косвенной борьбой является разная устойчивость растений к обеспеченности почвы влагой и минеральными веществами, животных – к температурному режиму (борьба с абиотическими факторами среды).

*Естественный отбор и его формы.*

*Естественный отбор* – направленный исторический процесс дифференциации (избирательного сохранения) фенотипов и воспроизведения адаптивных генотипов в популяциях.

*Движущий отбор* действует в постепенно изменяющихся в определенном направлении условиях среды. Он сохраняет полезные отклонившиеся фенотипы и удаляет прежние и бесполезные отклонившиеся фенотипы. При этом происходит сдвиг среднего значения нормы реакции признаков и смещение их вариационной кривой в конкретном направлении без изменения ее пределов. В результате формируются новые адаптивные генотипы в популяции. Это является причиной постепенного превращения популяции в новый вид. Утрата конечностей у змей, глаз – у пещерных животных, корней и листьев – у растений-паразитов является результатом действия движущего отбора.

*Стабилизирующий отбор* действует в неизменных и оптимальных для популяций условиях среды. Он сохраняет прежний фенотип и удаляет любые отклонившиеся от него фенотипы. При этом среднее значение нормы реакции признаков не изменяется, но суживаются пределы их вариационной кривой. Результатом данной формы отбора является существование в настоящее время древних (реликтовых) организмов.

*Реликтовые* (от лат. *relictum* – остаток) виды – живые организмы, сохранившиеся в современной флоре и фауне или в определенном регионе как остаток предковой группы.

*Приспособления* – основной результат эволюции. Появление приспособлений – *адаптаций* – закономерный результат действия естественного отбора. Они формируются постепенно в процессе борьбы за существование путем естественного отбора случайных наследственных изменений, повышающих жизнеспособность организмов в конкретной среде. Классическим примером, позволяющим проследить механизм возникновения адаптаций, является развитие темной покровительственной окраски у бабочек

вида березовая пяденица. Чуть более 100 лет назад в Англии были широко распространены березовые пяденицы светлой окраски с небольшим числом темных пятен. Днем они сидели на стволах берез и были практически незаметны. В связи с развитием промышленности дым и копоть постепенно оседали на стволах берез, и их кора приобрела темный цвет. На этом фоне светлые бабочки стали хорошо заметны и активно поедались птицами. В результате мутаций у некоторых бабочек появилась темная окраска. Она давала им преимущество в борьбе за существование, так как делала менее заметными для птиц. Темные бабочки сохранялись в результате естественного отбора и оставляли потомство. Постепенно они вытеснили светлых бабочек в промышленных районах, и те сохранились только в сельской местности. Так за относительно короткий срок у бабочек выработалась адаптация к новым условиям среды в виде покровительственной окраски. Следовательно, для возникновения адаптации необходимо наличие элементарного эволюционного материала (мутации и их комбинации) и движущих сил эволюции (борьба за существование и естественный отбор).

Существуют следующие виды адаптаций организмов: морфологические, физиологические, биохимические, поведенческие (этологические).

*Морфологические адаптации* – особенности окраски и строения тела, повышающие выживаемость организмов в данной среде. Из большого числа морфологических адаптаций наиболее значимыми являются средства пассивной защиты: покровительственная и предостерегающая окраска, мимикрия. Они повышают шанс особей выжить и оставить потомство.

*Покровительственная окраска* – окраска тела организмов, позволяющая им слиться с фоном среды и стать менее заметными для врагов. Покровительственная окраска бывает однотонной или расчленяющей. Зеленые гусеница и кузнечик почти не заметны на фоне листьев и травы. Заяц беляк, песец, горностай не видны на фоне белого снега. Хамелеон и камбала могут менять окраску под цвет среды путем перераспределения пигментов в кожных покровах. Тигры едва заметны даже на небольшом расстоянии из-за совпадения полос на их теле с чередованием света и тени в среде.

*Предостерегающая окраска* – яркая, хорошо заметная окраска тела у несъедобных или имеющих средства защиты организмов. Хищник, пытающийся съесть такую жертву, получает отпор и в дальнейшем не трогает особей с такой окраской. Божья коровка имеет ярко-красную окраску с черными точками, которая является сигналом ее токсичности. Осы, пчелы и шмели чередованием ярких желтых и черных полос предупреждают о наличии у них жала. Ядовитые змеи обычно имеют хорошо заметный, контрастный рисунок на теле.

*Мимикрия* (от греч. *mimikos* – подражательный) – подражание незащищенных и съедобных видов представителям видов, имеющих средства защиты или несъедобных. При этом объектом подражания могут быть как животные, так и растения. Вид-подражатель вводит в заблуждение хищника и повышает свой шанс выжить. Некоторые мухи (большоголовка, сирфида,

журчалка) и бабочки (стеклянница) подражают шершням и пчелам. В лесах Амазонии среди ядовитых бабочек геликонид встречаются очень на них похожие съедобные бабочки из семейства белянок. К средствам пассивной защиты также относятся твердые покровы (раковины моллюсков, панцири черепах) и иглы (ежи, дикобразы). У растений эту роль играют колючки (барбарис, шиповник, боярышник, акация) и жгучие железистые волоски (крапива, шалфей, борщевик).

*Физиологические адаптации* – особенности процессов жизнедеятельности, благоприятные для жизни в данной среде. Это адаптации по поддержанию постоянной температуры тела: потоотделение, тепловая одышка, мышечная дрожь, расширение и сужение сосудов кожи. К недостатку кислорода у жителей высокогорий выработалась адаптация в виде повышенного количества эритроцитов и гемоглобина в крови. У ныряющих водных животных в мышцах содержится большое количество миоглобина, связывающего кислород. К физиологическим адаптациям можно отнести способность животных и растений поддерживать водный баланс в организме при разной обеспеченности среды водой.

*Биохимические адаптации* – особенности химического состава тела и биохимических реакций, позволяющие организму реагировать на изменения окружающей среды. При увеличении освещенности ускоряется процесс фотосинтеза у растений. При низкой температуре среды у животных усиливается энергетический обмен. Для привлечения насекомых-опылителей у растений синтезируются эфирные масла, придающие цветкам аромат.

*Поведенческие (этологические) адаптации* – особенности поведения отдельных организмов или их групп, направленные на выживание и размножение в данной среде. Ряд поведенческих реакций у организмов носит врожденный характер (*инстинкты*). Они проявляются в виде активного сооружения гнезд или нор, насиживания яиц, заботы о потомстве, брачных игр, сезонных миграций и др. В течение жизни у особей появляются приобретенные адаптации (условные рефлексы). Это выбор мест для ночевки, защиты от холода или жары, объединение в стаи для успешной охоты, выбор троп к водопою.

Любое приспособление относительно в пространстве и во времени, так как полезно только в данной среде и в данное время. Существует целый ряд фактов, доказывающих *относительный характер приспособленности*.

Во-первых, при изменении условий среды или переходе в другую среду полезные приспособления могут стать бесполезными или даже вредными. Например, заяц беляк в бесснежную зиму еще более заметен для хищников. Темноокрашенные березовые пяденицы хорошо заметны для птиц на светлых стволах берез в сельской местности.

Во-вторых, ни одно защитное приспособление не обеспечивает абсолютную безопасность для их обладателей. Так, еж и мангуст могут без вреда для себя ловить ядовитых змей, имеющих предупреждающую окраску.

Некоторые птицы поедают ос и пчел, несмотря на жало. Крупные хищные птицы кормятся черепахами, чье тело защищает твердый панцирь.

В-третьих, наличие нецелесообразных признаков или неоправданного поведения организмов доказывает, что не все признаки полезны. Например, у горных гусей имеются перепонки, хотя они не плавают. Зимой при наступлении теплой погоды некоторые растения могут зацвести. Холодной весной может наблюдаться прилет водоплавающих птиц еще до вскрытия водоемов.

В-четвертых, наличие у организмов рудиментов – органов, утративших свое значение и находящихся на стадии исчезновения. Это доказывает, что приспособления временны и могут исчезать. У человека есть копчик, состоящий из рудиментарных хвостовых позвонков, хорошо развитых у далеких предков человека, живших на деревьях. При наземном образе жизни хвост утратил свое значение и постепенно удаляется естественным отбором.

#### *Видообразование.*

Процесс видообразования – возникновения новых видов на основе существующих под влиянием движущих сил эволюции. Согласно современным представлениям об эволюции, образование нового вида происходит в пределах популяции – элементарной единицы эволюции. Популяции являются генетически открытыми системами. И пока между ними происходит поток генов в результате миграции особей, вид остается единой генетически закрытой системой. Однако возникновение изоляции (барьера) между двумя популяциями приводит к накоплению в них наследственных различий, препятствующих скрещиванию особей этих популяций при последующих встречах. Это доказывает, что популяции становятся генетически закрытыми системами и, следовательно, новыми видами. Значит, произошел процесс видообразования.

*Видообразование* – эволюционный процесс превращения генетически открытых систем – популяций – в генетически закрытые системы – новые виды.

*Видообразование* – это сложный и длительный процесс, включающий промежуточные стадии и требующий наличия определенных факторов.

*Факторы видообразования.* В популяциях одного вида действие предпосылок эволюции приводит к возникновению разнообразия генотипов и фенотипов. Это является основой для борьбы за существование и естественного отбора. Действие естественного отбора на популяции, условия обитания которых различаются, делает их немного разными. Однако различия между особями, возникшие в результате отбора, будут сглаживаться, если особи популяций начнут скрещиваться между собой. Для того чтобы на уровне этих популяций начался процесс видообразования, между ними необходимо наличие изоляции, препятствующей обмену генетической информацией.

Выделяют две *формы изоляции*: географическую и биологическую.

*Географическая (пространственная) изоляция* – обособление определенной популяции от другой популяции того же вида какими-либо трудно преодолимыми барьерами. Первая причина – большие территориальные

разрывы между популяциями у видов, имеющих мозаичные ареалы. Возникновение этих разрывов может быть связано с ледниками, деятельностью человека или расселением популяций за пределы исходного ареала. Вторая причина – географические барьеры, разделяющие популяции (реки, горы, ущелья, участки леса, луга, болота). Географическая изоляция препятствует свободному скрещиванию особей разделенных популяций вследствие невозможности их встречи из-за географического барьера.

*Биологическая изоляция* обусловлена биологическими различиями между особями популяций. В зависимости от характера различий выделяют четыре вида биологической изоляции: экологическую, этологическую, морфофизиологическую и генетическую.

*Экологическая изоляция* обусловлена смещением репродуктивных периодов (сроков цветения, гнездования, спаривания, нереста) или разными местами размножения, что препятствует свободному скрещиванию особей популяций. Если популяции травянистых растений попадают в зону повышенного увлажнения, то у них по сравнению с другими популяциями сдвигаются сроки цветения. У птиц популяции одного вида могут различаться сроками гнездования и спаривания в зависимости от расположения гнезд в разных частях кроны деревьев или в кустарниковом ярусе.

*Этологическая изоляция* обусловлена особенностями поведения особей в брачный период. Ничтожные на первый взгляд отличия в ритуалах ухаживания при обмене зрительными, звуковыми, химическими сигналами могут приводить к прекращению этого ритуала и ограничению спаривания.

*Морфофизиологическая изоляция* обусловлена различиями в размерах особей или в строении мужских копулятивных органов (некоторые виды легочных моллюсков, грызунов). Она не мешает встрече полов, но препятствует скрещиванию особей из-за невозможности оплодотворения.

*Генетическая изоляция* обусловлена крупными хромосомными и геномными перестройками, вызывающими различия в числе, форме и составе хромосом. Она не препятствует встрече полов и оплодотворению. Но исключает обмен генетической информацией между популяциями вследствие гибели зигот после оплодотворения, различной степени стерильности гибридов и их пониженной жизнеспособности.

Действие любой формы изоляции на эволюционный материал ненаправленно, но является обязательным условием усиления генетических различий между популяциями. Важная характеристика изоляции – ее длительность, благодаря чему действие разнонаправленного естественного отбора приводит к расхождению признаков популяций – дивергенции. В результате популяции превращаются в разновидности, или расы. Сохранение изоляции приводит к усилению различий между разновидностями, и они превращаются в подвиды. Если усиление различий между подвидами будет препятствовать их скрещиванию, значит, они стали генетически закрытыми системами. Между ними возникла репродуктивная изоляция. Подвиды превратились в новые виды.

Таким образом, *факторами видообразования*: 1) *предпосылки* эволюции: мутационная и комбинативная изменчивость, популяционные волны, поток и дрейф генов, изоляция; 2) *движущие силы* эволюции: борьба за существование, естественный отбор.

Процессы, протекающие внутри вида на уровне популяций под действием этих факторов и приводящие к образованию новых видов, можно рассматривать как начальный этап эволюции – *микроэволюцию*. Далее эволюция продолжается на уровне видов, родов, семейств по тому же механизму и под действием тех же предпосылок и движущих сил эволюции. Этот этап эволюции называется *макроэволюцией*. Микроэволюция и макроэволюция являются этапами единого эволюционного процесса.

*Способы видообразования.*

В зависимости от формы изоляции популяций выделяют два способа видообразования: аллопатрическое и симпатрическое.

*Аллопатрическое* (от греч. *allos* – разный, *patris* – родина) видообразование протекает при наличии географической изоляции. Популяции одного вида разобщены большими расстояниями или географическими препятствиями. Образующиеся при этом географические расы и подвиды имеют ареалы, которые не перекрываются с материнским ареалом. Примером аллопатрического видообразования может служить наличие двух подвидов американской белки и трех подвидов голубых соек. Они обитают в разных географических районах Северной Америки. На евроазиатском континенте есть три подвида большой синицы, которые образовались в результате географической изоляции. Существуют также подвиды воробьев, крапивников, дятлов, которые имеют разные ареалы распространения.

*Симпатрическое видообразование* (от греч. *syn* – вместе, *patris* – родина) протекает при наличии биологической изоляции. Популяции одного вида находятся в пределах материнского ареала, но не могут скрещиваться в силу биологических различий между их особями. Симпатрическое видообразование может проявляться у растений при специализации насекомых-опылителей в опылении цветков определенной формы. Например, пчелы являются изолирующим фактором между расами растений львиного зева. Они никогда не переходят с облета цветков одной расы на другую. У некоторых растений (большого погремка, белой мари) образуются сезонные расы, различающиеся по срокам цветения. У ряда видов рыб (сельдь, окунь, сазан) сосуществуют сезонные расы с разными сроками нереста.

#### **1.10.34. Макроэволюция и ее доказательства.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Макроэволюция и ее доказательства. Палеонтологические, эмбриологические, сравнительно-анатомические и молекулярно-генетические доказательства эволюции.

Главные направления эволюции. Прогресс и регресс в эволюции. Пути достижения биологического прогресса: арогенез, аллогенез, катагенез. Способы осуществления эволюционного процесса (дивергенция, конвергенция).

*Биологический прогресс* (от лат. progressus – движение вперед) – направление эволюции, характеризующееся повышением приспособленности организмов определенной систематической группы к окружающей среде.

*Биологический регресс* (от лат. regressus – возвращение, движение назад) – направление эволюции, характеризующееся снижением приспособленности организмов определенной систематической группы к условиям обитания

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Прогресс и регресс в эволюции.

*Биологический прогресс* (от лат. progressus – движение вперед) – направление эволюции, характеризующееся повышением приспособленности организмов определенной систематической группы к окружающей среде. Появление новых приспособлений обеспечивает организмам успех в борьбе за существование, сохранение и размножение в результате естественного отбора. Это приводит к вспышке численности и, как следствие, к освоению новых мест обитания и формированию многочисленных популяций. Популяции, оказавшиеся в разных условиях среды, подвергаются действию разнонаправленного естественного отбора. В результате они постепенно превращаются в новые виды, виды – в роды. В результате систематическая группа (вид, род, семейство и др.) находится в состоянии процветания, так как включает много подчиненных форм. Таким образом, биологический прогресс является результатом успеха систематической группы в борьбе за существование, благодаря повышению приспособленности ее особей.

*Биологический регресс* (от лат. regressus – возвращение, движение назад) – направление эволюции, характеризующееся снижением приспособленности организмов определенной систематической группы к условиям обитания. Если у организмов темпы эволюции (формирование приспособлений) отстают от изменений внешней среды и родственных форм, то они не могут конкурировать с другими группами организмов. Это значит, что они будут удаляться естественным отбором. Произойдет снижение численности особей. В результате уменьшится площадь заселенной ими территории и, как следствие, сократится число таксонов. В результате может произойти вымирание данной группы. Таким образом, биологический регресс – постепенное вымирание систематической группы (вида, рода, семейства и др.) вследствие снижения приспособленности ее особей.

Биологический прогресс может достигаться тремя основными путями – посредством ароматизации, аллогенеза и катагенеза. Каждый из путей характеризуется возникновением у организмов определенных приспособлений (адаптаций).

*Ароматизация* (от греч. airo – поднимаю, genesis – развитие) – путь развития адаптаций, повышающих уровень организации особей и их приспособленность к различным средам обитания до такой степени, что это позволяет им перейти в новую среду жизни (из водной среды в наземно-воздушную). Эти адаптации называются *ароморфозами* (от греч. airo – поднимаю, morphosis – образец, форма). Они представляют собой глубокие изменения в строении и функциях

организмов. В результате появления данных адаптаций значительно повышается уровень организации и интенсивность процессов жизнедеятельности организмов. А.Н. Северцов называл ароморфозы *морфофизиологическим прогрессом*. Арогенез приводит к появлению крупных систематических групп (классов, отделов, типов, царств).

*Аллогенез* (от греч. *allos* – другой, иной, *genesis* – происхождение, возникновение) – путь развития частных адаптаций, не изменяющих уровень организации особей. Но они позволяют особям более полно заселить прежнюю среду обитания. Эти адаптации называются *алломорфозами*. Алломорфозы возникают на основе ароморфозов и представляют собой разнообразие форм органов без изменения их внутреннего строения. Примерами алломорфозов могут быть разные формы конечностей у позвоночных, клювов и ног у птиц, разные типы листьев, стеблей, цветков у растений и др. За счет алломорфозов аллогенез приводит к увеличению видового разнообразия в пределах крупных систематических групп.

*Катагенез* (от греч. *kata* – приставка, означающая движение сверху вниз, *genesis* – происхождение, возникновение) – особый путь эволюции в более простой среде, сопровождающийся редукцией отдельных систем органов с одновременным повышением эффективности репродуктивной системы. Упрощения систем органов проявляют себя как адаптации, поэтому закрепляются естественным отбором. Эти адаптации называются *катаморфозами*. А.Н. Северцов называл их общей дегенерацией. Примерами катаморфозов являются: редукция нервной системы, органов чувств, движения и пищеварения у паразитических червей; утрата листьев и корней у растений-паразитов. Упрощение организации у паразитических форм сопровождается совершенствованием репродуктивной системы. Это приводит к их процветанию, т. е. к биологическому прогрессу, сочетающемуся с морфофизиологическим регрессом.

*Способы осуществления эволюционного процесса.*

Если между популяциями одного вида возникает изоляция, то под действием разнонаправленного отбора у них будут закрепляться разные признаки. То есть будет происходить расхождение признаков – дивергенция. На уровне микроэволюции дивергенция приводит к видообразованию, на уровне макроэволюции – к образованию новых надвидовых систематических групп.

*Дивергенция* (от лат. *divergo* – отклоняюсь, отхожу) – расхождение признаков у родственных организмов или их групп, обитающих в разных экологических условиях. Дивергенция возникает в результате действия разнонаправленного естественного отбора при наличии изоляции. Необходимым условием является различие условий среды обитания особей. Сохранение отбором любых полезных отклонений формы конечностей в ряду поколений привело к формированию различных типов конечностей у обитателей разных мест. Так, у крота, обитающего в почве, конечности копательного типа. У выдры для передвижения в воде конечности

плавательного типа. Для шимпанзе характерны хватательные конечности. У северного оленя, преодолевающего большие расстояния в поисках пищи, конечности бегательного типа. Все перечисленные типы конечностей являются *гомологичными органами*, так как имеют сходный план строения, а наблюдающиеся различия являются фенотипическими. *Гомологичные* (от греч. homologos – подобный) органы – органы, которые независимо от выполняемых функций, имеют общий план строения и развиваются из одних тех же зачатков в ходе эмбрионального развития. Таким образом, дивергенция приводит к появлению различий у родственных организмов и формированию у них гомологичных органов.

Если популяции, относящиеся к разным таксонам, обитают в одной и той же среде, то под действием однонаправленного отбора у них будут закрепляться сходные признаки. То есть будет происходить процесс формирования сходного фенотипического облика – конвергенция.

*Конвергенция* (от лат. convergo – приближаюсь, схожусь) – независимое развитие сходных признаков (схождение признаков) у неродственных организмов или их групп, обитающих в одинаковой среде. Следует отметить, что конвергенция затрагивает только органы или их комплексы, но не организмы или виды в целом. Фенотипическое сходство наблюдается у тех органов, которые выполняют одинаковую функцию и находятся под влиянием одних и тех же условий среды. Это сходство является только внешним и не касается внутреннего строения органов, имеющих разное происхождение. Конвергентное сходство имеют форма тела акулы (первичноводные) и кита (вторичноводные), крыло бабочки и крыло птицы. Эти органы являются *аналогичными*, так как выполняют одну и ту же функцию и имеют внешнее сходство. *Аналогичные* (от греч. analogia – соответствие, сходство) органы – органы, имеющие разное происхождение и неодинаковый план строения, но выполняющие одинаковые функции и обладающие внешним сходством. Сходство может наблюдаться у групп животных, значительно и по-разному отстоящих друг от друга в систематическом отношении. Примером конвергенции можно считать подобие формы тела у акул, ихтиозавров, дельфинов и пингвинов. Следовательно, конвергенция приводит к появлению фенотипического сходства у неродственных организмов и формированию у них аналогичных органов.

Доказательством эволюции может считаться любой научный факт, который доказывает хотя бы одно из следующих положений:

1. Единство происхождения жизни (наличие общих признаков у всех живых организмов).

2. Родственные связи между современными и вымершими организмами или между организмами в крупной систематической группе (наличие общих признаков у современных и вымерших организмов или у всех организмов в систематической группе).

3. Действие движущих сил эволюции (факты, подтверждающие действие естественного отбора).

*Доказательства эволюции:*

*Палеонтологические доказательства эволюции.* Ископаемые переходные формы – это вымершие организмы, сочетающие в себе признаки более древних и эволюционно более молодых групп. Они позволяют выявить родственные связи, доказывающие историческое развитие жизни. Такие формы установлены как среди животных, так и среди растений. Переходной формой от кистеперых рыб к древним земноводным – стегоцефалам – является ихтиостега. Эволюционную связь между пресмыкающимися и птицами позволяет установить первоптица (археоптерикс). Связующим звеном между пресмыкающимися и млекопитающими является звероящер из группы терапсид. Среди растений переходной формой от водорослей к высшим спорным являются псилофиты (первые наземные растения). Происхождение голосеменных от папоротниковидных доказывают семенные папоротники, покрытосеменных от голосеменных – саговниковые.

*Филогенетические* (от греч. *phylon* – род, племя, *genesis* – происхождение) *ряды* – последовательности ископаемых форм, отражающие историческое развитие современных видов (филогенез). В настоящее время такие ряды известны не только для позвоночных, но и для некоторых групп беспозвоночных животных. Русский палеонтолог В. О. Ковалевский восстановил филогенетический ряд современной лошади.

*Эмбриологические доказательства эволюции.* Эмбриология – наука, изучающая зародышевое развитие организмов. В рамках данной науки были сформулированы *закон зародышевого сходства* (К. Бэр) и *биогенетический закон* (Э. Геккель, Ф. Мюллер), доказывающие эволюцию. Этот закон доказывает родственные связи между организмами в крупной систематической группе. Э. Геккель и Ф. Мюллер установили наличие связи между индивидуальным развитием особей (онтогенезом) и историческим развитием видов (филогенезом). Они сформулировали биогенетический закон: онтогенез есть краткое повторение филогенеза. Позже биогенетический закон был дополнен А. Н. Северцовым и И. И. Шмальгаузенем. Они показали, что в онтогенезе повторяются не взрослые формы предков, а их зародышевые стадии, причем некоторые из них могут выпадать. У человека зародыш имеет жаберные щели, сходные с таковыми у зародыша рыбы, а не у взрослой особи. Биогенетический закон доказывает наличие родственных связей между современными организмами и их предками.

*Сравнительно-анатомические доказательства эволюции.* Сравнительная анатомия изучает строение организмов разных систематических групп в сравнительном плане. К доказательствам эволюции, установленным данной наукой, относятся: гомологичные и аналогичные органы, рудименты, атавизмы.

*Гомологичные органы* формируются из одинаковых эмбриональных зачатков (на одной генетической основе) и занимают на теле организмов одинаковое положение. Передние конечности у разных позвоночных животных могут существенно отличаться в зависимости от выполняемой функции, но все они имеют сходное строение. Пары гомологичных органов у животных

составляют: плавательный пузырь рыб и легкие наземных позвоночных; ядовитые железы змей и слюнные железы других организмов; зубы млекопитающих и чешуя акул; жало пчелы и яйцеклад других насекомых. Гомологичными органами у *растений* являются: колючки кактуса и барбариса, усики гороха, ловчие кувшины насекомоядных растений, почечные чешуи, пленчатые редуцированные листья хвоща. Все эти органы являются листьями по происхождению, но выполняют разные функции. Гомологичные органы позволяют установить родственные связи между организмами и доказывают действие разнонаправленного естественного отбора.

*Аналогичные органы* формируются из разных эмбриональных зачатков (на разной генетической основе) и занимают на теле и внутри тела организмов неодинаковое положение. Разные по происхождению колючки у *растений*. У *животных* к аналогичным органам относятся: жабры головоастиков, рыб, морских кольчатых червей, личинок стрекоз; бивни моржа и слона; крылья птицы и бабочки; конечности крота и медведки. Аналогичные органы не позволяют установить родственные связи между организмами, но доказывают действие однонаправленного естественного отбора.

*Рудименты* (от лат. rudimentum – зачаток) – недоразвитые органы современных организмов, которые были хорошо развиты у их предков. Они постепенно утратили свое значение и сейчас находятся на стадии исчезновения. Рудименты сохраняются в течение всей жизни у всех особей данного вида. Примерами рудиментов являются: недоразвитые глаза у пещерных видов животных и кротов, зачатки крыльев у птицы киви, редуцированные зубы у муравьедов, зачатки задних конечностей у китов и дельфинов, задняя пара крыльев у мух (жужжальца), зачатки тазовых костей у змей. У *человека* к рудиментам относятся: аппендикс, мышцы ушной раковины, третье веко, копчик. Рудименты подтверждают наличие родственных связей между современными и вымершими организмами. Они также доказывают действие естественного отбора, удаляющего ненужный признак.

*Атавизмы* (от лат. atavus – предок) – признаки отдаленных предков, появляющиеся у некоторых современных организмов как отклонение от нормы. Они были утрачены в процессе эволюции. Возникновение атавизмов доказывает, что в генотипах современных организмов сохранились гены предков, отвечающие за эти признаки. Но действие этих генов заблокировано. В случаях, когда блокирование снимается, проявляется признак предков. В отличие от рудиментов атавизмы присутствуют только у отдельных особей. К атавизмам относятся: выраженный волосяной покров на всем теле, развитый хвост и дополнительные пары молочных желез у человека, трехпалые конечности у лошади. Атавизмы доказывают родственные связи между современными и вымершими организмами.

*Молекулярно-генетические доказательства эволюции.* Молекулярная биология – наука, изучающая процессы жизнедеятельности организмов на молекулярном уровне. Генетика изучает закономерности наследственности и изменчивости организмов. В рамках этих наук было доказано, что у всех

организмов наследственная информация хранится в ДНК, состоящей из четырех типов нуклеотидов. Эта информация зашифрована с помощью универсального триплетного кода. Как вы уже знаете, ДНК входит в состав хромосом, количество которых является видовой характеристикой. Расшифровка наследственной информации у всех организмов происходит в процессе транскрипции и трансляции с участием иРНК и тРНК. Все эти факты доказывают единство происхождения жизни и, следовательно, являются доказательствами эволюции.

*Классификация организмов.*

*Классификация организмов* – условное распределение всей совокупности живых существ по иерархически подчиненным группам в соответствии с какими-либо общими признаками. Сегодня классификацией мира живой природы занимается *систематика* – наука о многообразии видов и родственных связях между организмами.

Линней в основу систематики положил два основных принципа: бинарной номенклатуры и иерархичности (соподчиненности). По бинарной номенклатуре каждый вид в своем названии имеет два слова: существительное и прилагательное. Существительное означает название рода, к которому относится вид, а прилагательное – видовой эпитет. Кошка лесная (*Felis silvestris*), яблоня домашняя (*Malus domestica*).

По современным правилам после видового эпитета обычно ставят фамилию ученого, впервые описавшего данный вид. Улитка виноградная Линнея.

Всего выделяют семь наиболее распространенных систематических таксонов. Так виды животных объединяют в роды, роды – в семейства, семейства – в отряды, отряды – в классы, классы – в типы, типы – в царства.

Иногда в систематике используют такие категории, как надцарство и империя. Выделяют два надцарства – эукариоты (ядерные) и прокариоты (доядерные), которые включаются в империю клеточных организмов. Вторая империя представлена неклеточными формами жизни – вирусами.

В настоящее время наибольшее распространение получила биологическая система, разделяющая все живые организмы на пять царств: Бактерии, Протисты, Грибы, Растения, Животные.

### **1.10.35. Происхождение и эволюция человека.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Происхождение и эволюция человека

Доказательства животного происхождения человека. Сходство человека с животными. Место человека в зоологической системе.

Движущие силы антропогенеза и их специфика. Предпосылки антропогенеза. Биологические и социальные факторы. Роль труда в формировании человека. Общественный образ жизни как фактор эволюции. Ведущая роль социальных факторов в истории развития человека. Качественные отличия человека.

Человеческие расы, их происхождение и единство. Расизм. Особенности эволюции человека на современном этапе.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

Для человека и животных характерны одни и те же органы и системы органов (кровеносная, дыхательная, выделительная, пищеварительная, нервная, половая). Сходство человека с животными подтверждается наличием рудиментов и атавизмов. У человека насчитывают более 90 рудиментарных органов – копчик, аппендикс, зубы мудрости, третье веко. Наиболее характерными из атавизмов считают сильно развитый у некоторых людей волосяной покров на теле, дополнительные соски, хвост. Все эти признаки хорошо выражены у животных, но иногда встречаются и у современных людей. Наличие в строении трехнедельного зародыша человека хорды, сменяющейся в процессе эмбрионального развития позвоночником, позволяет причислить его к типу Хордовые и подтипу Позвоночные. Сходство человека и позвоночных животных наблюдается и в дальнейшем развитии зародышей. На стадии 4-5 недель эмбрионального развития у зародыша человека имеется хвостовой отдел позвоночника. В это же время формируются жаберные дуги, зачатки верхних и нижних конечностей. Мозг месячного плода человека похож на мозг рыбы, а семимесячного зародыша напоминает мозг обезьяны. На пятом месяце эмбриогенеза у плода человека есть волосяной покров, который впоследствии исчезает.

Человек относится к классу Млекопитающие. У него имеется диафрагма, молочные железы, дифференцированные зубы (резцы, клыки и коренные), ушные раковины. Человек, как и другие млекопитающие, вскармливает своих детенышей молоком. Питание зародыша человека внутри материнского организма через плаценту указывает на принадлежность человека к подклассу Плацентарные. Сходство человека с отрядом Приматы обусловлено наличием хорошо развитой пятипалой передней конечности. Для человека, как и для всех приматов, характерно также наличие ключицы и полное разделение лучевой и локтевой костей. Это дает возможность вращения и разнообразия движений передними конечностями. Большой палец подвижен и противопоставлен остальным. Имеются ногти. Сходные особенности поведения человека и высших человекообразных обезьян позволяют отнести его к семейству Гоминиды. Для них характерны одни и те же безусловные рефлексы и сходство в формировании условных рефлексов. Как у человека, так и у человекообразных обезьян можно встретить сходные эмоции: гнев, радость, а также высокую степень заботы о потомстве. У человека, как и у шимпанзе, четыре аналогичные группы крови, срок беременности составляет приблизительно 9 месяцев. Для людей и человекообразных обезьян характерны болезни, которым не подвержены другие млекопитающие: грипп, туберкулез, холера. Генетический материал человека и шимпанзе более чем на 90 % сходен.

Наличие у зародыша хорды, полый нервной трубки на спинной стороне тела, пищеварительной трубки на брюшной стороне тела, жаберных щелей, двусторонней симметрии тела, расположение сердца на брюшной стороне тела.

Внутриутробное развитие, вскармливание детенышей молоком, наличие диафрагмы, молочных, сальных и потовых желез, дифференциация зубов на клыки, резцы и коренные, три слуховые косточки в среднем ухе, ушная раковина, волосяной покров, четырехкамерное сердце, одна (левая) дуга аорты. Верхние конечности хватательного типа, противопоставление большого пальца остальным, папиллярные узоры на кончиках пальцев, ладонях и стопах, наличие ногтей, одна пара молочных желез, смена молочных зубов. Плоские ногти, по два резца в каждой половине челюсти, наличие характерного узора на жевательной поверхности зубов, редукция хвоста, четыре группы крови, поредение волосяного покрова тела, схожие болезни и паразиты, хорошо развитый головной мозг, проявление эмоций.

К числу факторов, доказывающих родство человека и животных, относят сходство в строении тела, сходное развитие зародышей на ранних этапах эмбрионального развития, а также наличие у человека рудиментов и атавизмов.

*Древние и ископаемые люди современного типа.*

Считается, что общим предком современных человекообразных обезьян и человека были древесные человекообразные обезьяны – дриопитеки.

Дриопитеки получили такое название, поскольку большую часть жизни проводили на деревьях. Однако изменение климата, приведшее к сокращению лесов, сказалось на жизни этих животных. Дриопитеки приспособились к новому образу жизни на открытых участках территории. Ближе других к людям стоит так называемый дарвиновский дриопитек, останки которого были обнаружены в Европе.

Первые ископаемые останки австралопитеков были найдены в 1924 г. на юге Африки. Они получили систематическое название по месту находки – австралопитек африканский. Исследование найденных частей скелета австралопитеков показало, что они сочетали в себе признаки человека и обезьян. Изучение строения коренных зубов австралопитеков указывало на питание растительной пищей. В то же время строение клыков и резцов подтверждало использование пищи животного происхождения. Головной мозг австралопитеков имел объем около 650 см<sup>3</sup>. Это практически не отличало его от мозга современных человекообразных обезьян. Рост был в пределах 100-150 см, масса тела составляла примерно 30-60 кг. *Австралопитеки* сделали два важных шага от животных к человеку. Первым из них стало *прямохождение*, о чем говорит строение их тазовых костей. Австралопитеки смогли держать в руках камни или палки, но самостоятельно орудия труда они еще не изготавливали. Вторым шагом стало *поредение волосяного покрова*. В условиях жаркого и сухого климата он был помехой, затруднявшей охлаждение организма. Австралопитеки, по мнению ученых, считаются тупиковой ветвью эволюции человека. Они полностью вымерли около 1 млн лет назад. Наиболее вероятной причиной вымирания было преобладание в их рационе растительной пищи.

*Древнейшие люди.*

Первыми представителями рода Человек ученые считают представителя архантропов Человека умелого. Находка останков скелета первого *Homo habilis*

на склоне африканского кратера Нгоронгоро принадлежит Луису Лики и датируется 1959 г. Рядом с останками *Homo habilis* были обнаружены самые древние орудия труда, сделанные руками человека. Первые орудия труда были очень примитивными. Они представляли собой лишь слегка заостренную и расколотую под определенным углом гальку. Орудия из гальки постепенно заменялись ручными рубилами (камни, обтесанные с двух сторон), позже – наконечниками и скребками. Появление орудий труда позволило активно вводить в рацион животную пищу. Изготовление более совершенных орудий труда способствовало увеличению объема головного мозга. У *Homo habilis* он был больше, чем у австралопитеков, и достигал 680 см<sup>3</sup>. Искривление нижней челюсти в виде зачаточного подбородочного выступа говорит о возможном наличии зачатков речи. Череп Человека умелого был легче, чем у австралопитеков. Использование огня при приготовлении пищи не требовало развития мощных лицевых мышц для ее пережевывания. Более слабым мышцам для прикрепления к черепу уже не нужны были столь мощные кости. Человек умелый полностью приспособился к прямохождению. У него, как и у современных людей, большой палец стопы не был отведен в сторону.

*Человека прямоходящего.* Его останки впервые были обнаружены Э. Дюбуа в 1891 г. на острове Ява. Объем мозга у Человека прямоходящего увеличился до 1000 см<sup>3</sup>. *Homo erectus* активно изготавливал достаточно совершенные орудия труда, занимался охотой и владел зачатками речи. В связи с прямохождением у этого вида человека прогрессивно изменился скелет. Стопа приобрела небольшой свод, бедренная кость сместилась к центру таза, в позвоночнике образовался небольшой изгиб. Жили *Homo erectus* преимущественно стадами. Для приготовления пищи использовали огонь. Однако низкий лоб, развитые надбровные дуги, полусогнутое тело с обильным волосяным покровом сближали их с обезьяноподобными предками. Поэтому Человека прямоходящего часто называют обезьяночеловеком.

*Древние и ископаемые люди современного типа.*

На этом этапе ведущую роль в эволюции человека начинают играть социальные факторы: трудовая деятельность в группах, совместная борьба за выживание, развитие интеллекта. К первым древним людям, которые были промежуточным звеном между древнейшими людьми и ископаемыми предками современного человека, относят *неандертальцев*. Свое название они получили по месту их первой ископаемой находки в 1856 г. в долине р. Неандер в Германии. Неандертальцы добывали пищу путем собирательства и охоты. Жили группами численностью до 100 человек. В качестве жилища использовали пещеры, в которых постоянно поддерживали огонь. Одеждой им служили шкуры убитых на охоте животных. Неандертальцы хорошо владели членораздельной речью. Они широко использовали орудия труда: разнообразные шила из костей, каменные наконечники копий и скребки. Ученые считают, что ранние неандертальцы были тупиковой ветвью на пути эволюции современного человека. Поздние неандертальцы приспособились к жизни небольшими семейными группами. В отличие от ранних они имели

хорошо развитый скелет и мускулатуру при относительно небольшом росте (около 160 см). Объем головного мозга у неандертальцев составлял приблизительно 1300 см<sup>3</sup>. Все это давало им преимущество в борьбе за существование.

Однако предположение, что начало *людям современного типа* (неоантропам) дали поздние неандертальцы, в настоящее время является спорным. Представители неоантропов – кроманьонцы были названы так согласно находке нескольких скелетов этих людей во французском гроте Кроманьон. Кроманьонцы обладали всем комплексом физических особенностей, который характерен для современного человека. Прогрессивные черты в строении их головного мозга были связаны со значительным развитием лобных долей. Данный факт указывает на хорошо развитую у этих людей членораздельную речь. Другим признаком, свидетельствующим о качественном владении речью, является выраженный подбородочный выступ. Кроманьонцы активно строили жилища, изготавливали специализированные орудия труда, шили одежду. Для мест их стоянок характерны зачатки искусства в виде различных статуэток и наскальных рисунков. Кроманьонцы первыми приручили животных, что явилось шагом к общественной жизни людей и развитию родовой общины. В эволюции кроманьонцев наибольшее значение приобрели социальные факторы. Значительно возросла роль воспитания и передачи опыта от старших поколений к младшим.

Общим предком современных человекообразных обезьян и человека были *дриопитеки*. От них произошли предшественники человека – *австралопитеки*. Первым представителем рода Человек является *Человек умелый*. Следующим шагом на пути эволюции был Человек прямоходящий. Предполагается, что промежуточным звеном между древнейшими людьми и ископаемыми предками *Человека разумного* являются неандертальцы.

#### *Биологические и социальные факторы.*

С позиции синтетической теории *биологические факторы* эволюции органического мира – мутационный процесс, волны жизни, дрейф генов, изоляция, борьба за существование и естественный отбор – применимы и к эволюции человека. Биологические факторы антропогенеза способствовали формированию морфофизиологических особенностей человека (прямохождение, увеличение объема головного мозга, развитая кисть руки).

*Социальные факторы* эволюции логично выстроить в следующую последовательность: совместный образ жизни → мышление → речь → труд → общественный образ жизни. Социальные факторы антропогенеза были направлены на совершенствование отношений между людьми в пределах группы.

#### *Человеческие расы.*

*Человеческая раса* – исторически сложившаяся группа людей с общими наследственными морфологическими особенностями. К таким особенностям относятся: тип и цвет волос, цвет кожи и глаз, форма носа, губ, век, черты лица, тип телосложения. Все перечисленные признаки являются наследственными.

Каждая человеческая раса имеет собственный ареал возникновения и формирования. Отличия между человеческими расами – это результат естественного отбора в разных условиях обитания при наличии географической изоляции. Длительное действие факторов окружающей среды в местах постоянного проживания приводило к постепенному закреплению комплекса признаков, характерных для этих групп людей.

В настоящее время выделяют три большие человеческие расы. Они в свою очередь подразделяются на малые расы (их около тридцати).

Представители *европеоидной (евразийской) расы* приспособились к жизни в условиях холодного и влажного климата. Ареалом распространения европеоидной расы являются Европа, Северная Африка, небольшая часть Азии и Индии, Северная Америка и Австралия. Для них характерна преимущественно светлая или слегка смуглая кожа. Эта раса характеризуется прямыми или волнистыми волосами, узким выступающим носом и тонкими губами. На лице у мужчин выражен волосяной покров (в виде усов и бороды). Выступающий узкий нос у европеоидов способствует согреванию вдыхаемого воздуха в холодных климатических условиях.

Люди *негроидной (австрало-негроидной) расы* в наибольшей степени представлены на участках планеты с жарким климатом. Они населяют Африку, Австралию и острова Тихого океана. Адаптациями к данным климатическим условиям являются темный цвет кожи, вьющиеся или волнистые волосы. Например, вьющиеся волосы на голове представителей негроидной расы формируют своеобразную воздушную подушку. Такая особенность расположения волос защищает голову от перегрева. Для представителей негроидной расы также характерен плоский, мало выступающий нос, толстые губы и темный цвет глаз.

*Монголоидная (азиатско-американская) раса* распространена на территориях Земли с суровым континентальным климатом. Исторически данная раса населяла практически всю Азию, а также Северную и Южную Америку. Монголоиды характеризуются смуглой кожей, прямыми жесткими темными волосами. Лицо уплощенное, с хорошо выраженными скулами, нос и губы средней ширины, волосяной покров лица развит слабо. Имеется кожная складка во внутреннем уголке глаза – *эпикантус*. Узкий разрез глаз и эпикантус у монголоидов являются приспособлениями к частым пыльным бурям. Формирование толстой жировой подкожной клетчатки позволяет им адаптироваться к низким температурам холодных континентальных зим.

Единство человеческих рас подтверждается отсутствием генетической изоляции между ними. Это выражается в возможности появления плодovитого потомства в межрасовых браках. Еще одним доказательством единства рас служит наличие у всех людей на пальцах дугообразных узоров и одинаковый характер расположения волос на теле.

*Расизм* – совокупность учений о физической и психической неравноценности человеческих рас и решающем влиянии расовых различий на историю и культуру общества.

*Социал-дарвинизм* – псевдонаучное течение, согласно которому все общественные процессы и явления (возникновение государств, войны) подчинены законам природы.

### **1.10.36. Поведение как результат эволюции.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Поведение как результат эволюции

Поведение как форма адаптации живого организма. Уровни поведения и эволюция. Формы поведения: врожденные (таксисы, рефлексy, инстинкты) и индивидуально приобретенные (научение, рассудочная деятельность). Инстинктивное поведение беспозвоночных и позвоночных животных.

Общественное поведение животных: групповой образ жизни, социальная иерархия особей.

Поведение человека как социобиологического вида, основанное на особенностях его потребностей. Человек в социальной среде. Нормы поведения. Суррогатное общение. Антиобщественное поведение. Человек и природная среда.

*Поведение* – совокупность всех действий организма

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Поведение* – совокупность всех действий организма. Поведенческие реакции тем более очевидны, чем заметнее изменение силы действия экологических факторов. При этом в поведенческой реакции может быть задействована либо только какая-то функция или орган, либо весь организм. При встрече хищника и жертвы жертва подвержена испугу и часто вынуждена спастись бегством. При этом в ответной реакции жертвы принимает участие большинство систем органов: нервная, дыхательная, опорно-двигательная, кровеносная, пищеварительная.

Поведенческие реакции вызываются не только внешним, но и внутренним воздействием. При длительном отсутствии пищи в крови хищника снижается количество питательных веществ (глюкозы, аминокислот). Этот недостаток воспринимается хеморецепторами и далее посредством нервных импульсов поступает в центр голода головного мозга. Таким образом, у хищника формируется чувство голода, которое толкает его на поиск добычи.

В зависимости от эволюционного положения организма поведенческие реакции и средства достижения определенных потребностей различны. В то же время единым для всех организмов является то, что возникшая потребность побуждает к действию, направленному на ее удовлетворение. Такое побуждение к действию называется *мотивацией*. При снижении количества корма в среде обитания и одноклеточные протисты, и хищные млекопитающие способны проявлять сходные действия. Они изменяют территорию поиска, переходят на новые участки. Таким образом, совершаются сходные поведенческие акты, хотя их механизмы различны. Поведение играет очень важную роль в выживании организмов. Поведенческие реакции самые быстрые и характеризуют физиологическое состояние организма. От прямых солнечных

лучей человеку проще спрятаться в тень, чем ждать, пока кожа загорит и станет менее чувствительной.

Выделяют *пять уровней (форм) поведения*, характерных для животных. Их можно объединить в две группы: врожденные и приобретенные.

К *врожденным* относятся постоянные (стереотипные) формы поведения – таксисы, рефлексy и инстинкты. Они практически не меняются в течение жизни и чаще всего носят наследственный характер.

*Приобретенными* формами поведения являются те, которые развиваются в течение жизни индивида, – научение и рассудочная деятельность. По мере усложнения организации врожденные формы поведения постепенно уступают место приобретенным. Таксисы чаще проявляются у протистов, в меньшей степени – у червей и исчезают у примитивных млекопитающих. У пчел преобладает инстинктивное поведение, у собак оно сменяется способностями к обучению. Высший уровень – рассудочная деятельность начинает формироваться у низших млекопитающих, усиливается у высших приматов и максимальна у человека.

Врожденные формы поведения (таксисы, рефлексy, инстинкты) являются полезными для жизнедеятельности реакциями организма. Они сформировались и закрепились в генотипе в результате действия естественного отбора. Данные формы поведения очень разнообразны и постоянны для видов, также для более крупных таксономических единиц (родов, семейств, отрядов). Поэтому врожденные формы поведения можно использовать в качестве систематического признака при классификации животных. Представители семейства волчьих на охоте используют длительную погоню, основанную на выносливости и изнурении жертвы. Представители же кошачьих предпочитают выжидательный способ охоты. Они набрасываются на жертву, подстергая ее в укрытии.

Простейшей врожденной формой поведения являются таксисы. *Таксис* – форма пространственной ориентации организмов по отношению к источнику раздражения. Если движение осуществляется к источнику раздражения – это положительные таксисы, если в противоположную сторону – отрицательные. В зависимости от природы раздражителя выделяют фото-, термо-, хемотаксисы. Примером *положительного термотаксиса* служит скопление водных беспозвоночных в верхних, наиболее прогреваемых участках водоема. *Положительным хемотаксисом* является распознавание насекомыми половых партнеров, также мест своего обитания даже на значительном удалении от них. *Отрицательным таксисом* будет, к примеру, движение анаэробных бактерий в сторону от повышенной концентрации кислорода.

*Рефлексy* представляют собой стереотипные реакции организма на определенные воздействия, происходящие при участии нервной системы. Они могут быть направлены на удовлетворение потребностей организма в пище, воде, безопасности. Безусловные рефлексy одинаковы у всех животных одного вида, и именно на них основаны все формы врожденного поведения. Условные рефлексy лежат в основе *научения* – приобретенной формы поведения. Их

формирование можно рассматривать как звено между врожденными и приобретенными формами поведения. Примером рефлекторной формы поведения может быть пассивно-оборонительный рефлекс у животных. В данном случае животное замирает при появлении хищника или незнакомом звуке.

Интересной формой стереотипного поведения являются *инстинкты* – цепи сложных безусловных рефлексов. Инстинкты возникли в процессе эволюции в качестве приспособлений к типичным условиям существования вида. Благодаря наследственной закрепленности инстинкты проявляются в любой момент жизнедеятельности организма и не требуют специального обучения. Инстинктивное поведение направлено на повышение выживаемости организмов. Деятельность насекомых, птиц и других животных по добыванию пищи, постройке гнезд, выведению потомства. При строительстве гнезда певчий дрозд, например, смазывает лоточек глиной, а дрозд белобровик этого не делает. Синица ремез строит из растительного пуха сложное гнездо в виде мешочка, подвешенного к ветвям дерева. У млекопитающих только что родившиеся детеныши сразу начинают сосать материнское молоко. Птенцы лебедей и уток,

*Научение* – приспособительное изменение поведения в результате предшествующего опыта, за счет которого достигается индивидуальное приспособление живых организмов к среде обитания. Простейшим способом индивидуального научения в природе является метод проб и ошибок. Молодой птенец, слетевший с гнезда, будет пытаться поймать осу, пока не убедится, что это яркоокрашенное насекомое несъедобно. Точно так же лягушки отказываются от поедания насекомых с предостерегающей окраской, если ранее с ними уже встречались.

Для теплокровных животных характерна интересная форма научения – *импринтинг (запечатление)*. Запечатлением является следование детенышей за объектом их постоянного внимания, например за матерью. Запечатление формируется исключительно в раннем возрасте. Если оно не возникает сразу, данный вид научения может вообще не развиваться.

Простой формой научения является *привыкание*. Оно развивается при продолжительном повторении неподкрепленных стимулов. Птицы, собирающие на поле корм, со временем перестают реагировать на работающую сельскохозяйственную технику. Этот вид научения позволяет животным с раннего возраста различать нейтральные факторы окружающей среды и не реагировать на них.

У птиц и млекопитающих развито *подражание*, которое также является приспособительной поведенческой реакцией. К примеру, молодые тигры, охотясь, подражают взрослым при выслеживании и подкрадывании к жертве. Подражание играет важную роль в поведении человека. Так, маленькие дети неосознанно подражают старшим братьям и сестрам, подростки – педагогам или кумирам. Высшей приспособительной формой поведения, наиболее развитой у человека, является рассудочная деятельность.

*Рассудочная деятельность* – способность к выполнению адаптивного поведенческого акта в сложившейся ситуации. В основе рассудочной деятельности лежит мышление.

*Мышление* – вид умственной деятельности, заключающийся в познании сущности предметов и явлений и установлении закономерных связей и отношений между ними. Помимо человека, только высшие приматы оказались способны решать мыслительные задачи с минимальным числом повторений. Пастушьи собаки самостоятельно могут собрать стадо, разбить его на определенные группы, найти и вернуть отставших животных. Мышление позволяет человеку адаптироваться к меняющимся условиям среды без метода проб и ошибок. Оно позволяет устанавливать логические связи между изучаемыми предметами и явлениями. Благодаря мышлению человек способен непрерывно пополнять запас понятий и представлений об окружающем мире. Только человек способен формулировать новые суждения и умозаключения. Благодаря мышлению человек с раннего возраста может воспринимать информацию в виде символов (букв и слов). Способность мыслить – одна из самых важных поведенческих адаптаций человека.

*Поведение* – совокупность всех действий организма. Формы поведения бывают врожденные и приобретенные. К *врожденным* относятся постоянные (стереотипные) формы поведения – таксисы, рефлексy и инстинкты. Они не меняются в течение жизни и носят наследственный характер. *Приобретенными* формами поведения являются те, которые развиваются в течение жизни индивида, – научение и рассудочная деятельность.

*Социальная среда* – конкретные общественные отношения, традиции, нравственные и правовые установки, при которых живет человек.

*Неформальная группа* – это спонтанно возникшая группа людей, которые регулярно вступают во взаимодействие для достижения определенной цели.

*Суррогатное общение* – новый вид общения и получения информации.

### **1.10.37. Биосфера - живая оболочка планеты.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Биосфера - живая оболочка планеты

Структура биосферы. Понятие биосферы. Границы биосферы. Компоненты биосферы: живое, биогенное, биокосное и косное вещество. Биомасса поверхности суши, Мирового океана, почвы. Биогеохимические функции живого вещества: энергетическая, газовая, окислительно-восстановительная, концентрационная.

*Биосфера* – оболочка Земли, созданная живыми организмами в результате жизнедеятельности и заселенная ими.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Биосфера* – оболочка Земли, созданная живыми организмами в результате жизнедеятельности и заселенная ими.

*Границы биосферы:*

*Атмосфера* – воздушная оболочка Земли. В атмосфере в большом количестве содержатся водяные пары. Они вместе с углекислым газом,

метаном, оксидами азота (парниковые газы) участвуют в нагревании нижнего слоя атмосферы, формируя *парниковый эффект*. Суть парникового эффекта состоит в способности атмосферы пропускать к поверхности Земли солнечные лучи и с помощью парниковых газов поглощать отраженное от нее тепловое излучение. В результате с увеличением высоты температура атмосферы снижается, ее нижние слои остаются теплыми. Распространение жизни в атмосфере ограничивается в основном ее нижним слоем – *тропосферой*.

*Гидросфера* – водная оболочка Земли, включающая все водные запасы планеты. Жизнь в гидросфере распространяется фактически на всю глубину, включая донные отложения.

*Литосфера* – внешняя твердая оболочка Земли. Поверхностный слой литосферы представлен почвой. Подавляющая часть живых организмов литосферы обитает непосредственно в почве. Лимитирующим фактором распространения жизни в литосфере является высокая температура.

*Биосфера* – оболочка Земли, созданная и заселенная живыми организмами. Биосфера как область существования жизни охватывает всю гидросферу до 11 км в глубину, нижнюю часть атмосферы (тропосферу до 20 км в высоту) и верхнюю часть литосферы глубиной до 4,5 км. Лимитирующим фактором распространения жизни в атмосфере является ультрафиолетовое излучение, в литосфере – высокая температура, гидросфера заселена практически полностью.

*Основными компонентами биосферы* являются: живое, косное, биокосное и биогенное вещества.

*Живое вещество* – важнейший компонент биосферы. Живое вещество – совокупность всех живых организмов на Земле с их способностью к размножению и распространению на планете, к борьбе за пищу, воду, территорию, воздух. На живое вещество (по массе) приходится ничтожная доля по сравнению с массой Земли. Для живого вещества характерны рост, активное перемещение, стремление заполнить все окружающее пространство. Кроме того, живому веществу присущи удивительное разнообразие форм, размеров и химического состава и эволюция.

*Косное вещество* представлено минералами (алмаз, изумруд, кварц) и горными породами (гранит, мрамор). Их образование происходило и происходит без участия живого вещества. Эти процессы связаны, например, с выветриванием горных пород, их механическим разрушением, извержениями вулканов. Между косным и живым веществами существует неразрывная взаимосвязь. Например, она осуществляется в процессе дыхания живого вещества. При этом происходит перемещение атомов из косных компонентов биосферы в живые и обратно. По массе косное вещество биосферы многократно превосходит массу живого вещества.

*Биокосное вещество* является особым веществом биосферы. Оно представлено почвой, всеми природными водами, корой выветривания. Данное вещество является результатом непрерывного взаимодействия живого вещества с косным. Проявлением деятельности живого вещества по преобразованию

земной коры является его участие в создании осадочных пород органического происхождения (каменный уголь, различные руды, известняки, нефть).

*Биогенное вещество* происходит от живого вещества в результате его жизнедеятельности или отмирания. Так на планете Земля создавались залежи многих полезных ископаемых: торфа, нефти, угля.

Выделяют следующие важнейшие *функции живого вещества* на планете: энергетическую, газовую, концентрационную, окислительно-восстановительную.

*Энергетическая функция.* Энергия является необходимым условием существования и развития биосферы. Энергетическая функция реализуется, прежде всего, зелеными растениями. Главным поставщиком энергии в биосферу является Солнце. Как вы уже знаете, растения в процессе фотосинтеза аккумулируют солнечную энергию в химических связях разнообразных органических соединений. После этого растительные организмы перераспределяют ее между всеми компонентами биосферы. Отметим, что из всей поступающей в биосферу солнечной энергии только около 1 % используется продуцентами для фотосинтеза и далее передается потребителям в составе органического вещества. Остальное поглощается атмосферой, гидросферой и литосферой, также участвует в протекающих в биосфере физических и химических процессах, например: движение воздушных масс, выветривание горных пород.

*Газовая функция* заключается в постоянно протекающем газообмене кислорода и углекислого газа между живыми организмами и окружающей средой в процессе фотосинтеза и дыхания. Такие газы, как азот, сероводород, метан, также могут являться продуктами жизнедеятельности живых организмов и иметь биогенное происхождение. Благодаря живым организмам в атмосфере нашей планеты поддерживается постоянство газового состава.

*Окислительно-восстановительная функция* заключается в многообразии химических реакций, протекающих в организме в процессе его жизнедеятельности. Она обусловлена наличием в составе живых организмов химических элементов с переменной степенью окисления (марганец, железо, хром). Благодаря им и обеспечивается многообразие протекающих в организме окислительно-восстановительных процессов. В процессе синтеза органических веществ преобладают восстановительные реакции и происходят затраты энергии. А в процессе окисления и расщепления в присутствии кислорода преобладают окислительные реакции с выделением энергии.

*Концентрационная функция* – избирательное накопление живым веществом химических элементов, рассеянных в окружающей среде. Например, панцири диатомовых водорослей, скелеты животных, раковины моллюсков – все это проявления концентрационной функции живого вещества. Образование биогенного вещества биосферы в виде залежей полезных ископаемых также является результатом концентрационной функции живого вещества.

### **1.10.38. Круговорот веществ в биосфере.**

*Основные понятия и термины по теме:*

Круговорот веществ в биосфере. Круговорот воды, кислорода, углерода и азота.

Эволюция биосферы. Основные этапы развития биосферы. Влияние хозяйственной деятельности человека на биосферу. Основные нарушения в биосфере, вызванные деятельностью человека (загрязнение окружающей среды, истощение природных ресурсов, опустынивание). Масштабы нарушений (локальные, региональные, глобальные). Угроза экологических катастроф и их предупреждение. Концепция устойчивого развития. Заповедное дело и охрана природы. Рациональное природопользование. Создание малоотходных технологий. Охраняемые природные территории и объекты. Сохранение генофонда.

*Круговорот* веществ в биосфере – циклический, многократно повторяющийся процесс совместного, взаимосвязанного превращения и перемещения веществ.

*Краткое изложение теоретических вопросов:*

*Круговорот веществ в биосфере* – циклический, многократно повторяющийся процесс совместного, взаимосвязанного превращения и перемещения веществ. Наличие круговорота веществ является необходимым условием существования биосферы. После использования одними организмами вещества должны переходить в доступную для других организмов форму. Такой переход веществ от одного звена к другому требует энергетических затрат, поэтому возможен только при участии энергии Солнца. С использованием солнечной энергии на планете протекают два взаимосвязанных круговорота веществ: большой – *геологический* и малый – *биологический* (биотический).

*Геологический круговорот веществ* – процесс миграции веществ, осуществляемый под влиянием абиотических факторов: выветривания, эрозии, движения вод. Живые организмы участия в нем не принимают.

С возникновением на планете живого вещества появился *биологический* (биотический) *круговорот*. В нем принимают участие все живые организмы, поглощающие из окружающей среды одни вещества и выделяющие другие. Растения в процессе жизнедеятельности потребляют из окружающей среды углекислый газ, воду, минеральные вещества и выделяют кислород. Животные используют выделенный растениями кислород для дыхания. Они поедают растения и в результате пищеварения усваивают образовавшиеся в процессе фотосинтеза органические вещества. Выделяют углекислый газ и непереваженные остатки пищи. После отмирания растения и животные образуют массу мертвого органического вещества (детрит). Детрит доступен для разложения (минерализации) микроскопическими грибами и бактериями. В результате их жизнедеятельности в биосферу поступает дополнительное количество углекислого газа. А органические вещества превращаются в исходные неорганические компоненты – *биогены*. Образовавшиеся минеральные соединения, попадая в водоемы и почву, снова становятся

доступны растениям для фиксации посредством фотосинтеза. Такой процесс повторяется бесконечно и носит замкнутый характер (круговорот).

Геологический и биологический круговороты в совокупности формируют общий биогеохимический круговорот веществ, основу которого составляют циклы азота, воды, углерода и кислорода.

#### *Круговорот азота.*

Азот – один из самых распространенных элементов в биосфере. Основная часть биосферного азота находится в атмосфере в газообразной форме. Как известно из курса химии, химические связи между атомами в молекулярном азоте ( $N_2$ ) очень прочные. Поэтому большинство живых организмов не способны использовать его непосредственно. Отсюда важным этапом в круговороте азота является его фиксация и перевод в доступную для организмов форму. Различают три пути фиксации азота.

*Атмосферная фиксация.* Под воздействием атмосферных электрических разрядов (молний) азот может взаимодействовать с кислородом с образованием оксида (NO) и диоксида ( $NO_2$ ) азота. Оксид азота (NO) при этом очень быстро окисляется кислородом и превращается в диоксид азота. Диоксид азота растворяется в парах воды и в виде азотистой ( $HNO_2$ ) и азотной ( $HNO_3$ ) кислот с осадками попадает в почву. В почве в результате диссоциации этих кислот образуются нитрит- ( $NO_2^-$ ) и нитрат-ионы ( $NO_3^-$ ). Нитрит- и нитрат-ионы уже могут поглощаться растениями и включаться в биологический круговорот. На долю атмосферной фиксации азота приходится около 10 млн т азота в год, что составляет около 3 % ежегодной азотфиксации в биосфере.

*Биологическая фиксация.* Она осуществляется азотфиксирующими бактериями, которые переводят азот в доступные для растений формы. Благодаря микроорганизмам связывается около половины всего азота. Наиболее известны бактерии, фиксирующие азот в клубеньках бобовых растений. Они поставляют растениям азот в виде аммиака ( $NH_3$ ). Аммиак хорошо растворим в воде с образованием иона аммония ( $NH_4^+$ ), который и усваивается растениями. Поэтому бобовые – лучшие предшественники культурных растений в севообороте. После отмирания животных и растений и разложения их остатков почва обогащается органическими и минеральными соединениями азота. Далее гнилостные (аммонифицирующие) бактерии расщепляют азотсодержащие вещества (белки, мочевины, нуклеиновые кислоты) растений и животных до аммиака. Этот процесс называется *аммонификацией*. Большая часть аммиака впоследствии подвергается окислению нитрифицирующими бактериями до нитритов и нитратов, которые вновь используются растениями. Возвращение азота в атмосферу происходит путем денитрификации, которую осуществляет группа денитрифицирующих бактерий. В результате происходит восстановление азотистых соединений до молекулярного азота. Часть азота в нитратной и аммонийной формах с поверхностным стоком попадает в водные экосистемы. Здесь азот усваивается водными организмами или поступает в донные органические отложения.

*Промышленная фиксация.* Большое количество азота ежегодно связывается промышленным путем при производстве минеральных азотных удобрений. Азот из таких удобрений усваивается растениями в аммонийной и нитратной формах. Примерно 1/10 искусственно внесенного азота используется растениями. Остальное с поверхностным стоком и грунтовыми водами переходит в водные экосистемы. Это приводит к накоплению в воде больших количеств соединений азота, доступных для усвоения фитопланктоном. В результате возможно бурное размножение водорослей (*эвтрофикация*) и, как следствие, заморы в водных экосистемах.

*Круговорот воды.*

Вода – основной компонент биосферы. Она является средой для растворения практически всех элементов при осуществлении круговорота. Большая часть биосферной воды представлена жидкой водой и водой вечных льдов (более 99 % всех запасов воды в биосфере). Незначительная часть воды находится в газообразном состоянии – это атмосферные водяные пары. Биосферный круговорот воды основывается на том, что ее испарение с поверхности Земли компенсируется выпадением осадков. Попадая на поверхность суши в виде осадков, вода способствует разрушению горных пород. Это делает составляющие их минералы доступными для живых организмов. Именно испарение воды с поверхности планеты обуславливает ее геологический круговорот. На него расходуется около половины падающей солнечной энергии. Испарение воды с поверхности морей и океанов происходит с большей скоростью, чем возвращение ее с осадками. Увеличение интенсивности испарения воды на суше во многом обусловлено жизнедеятельностью растений. Растения извлекают воду из почвы и активно транспирируют ее в атмосферу. Часть воды в клетках растений расщепляется в процессе фотосинтеза. При этом водород фиксируется в виде органических соединений, а кислород выделяется в атмосферу. Животные используют воду для поддержания осмотического и солевого равновесия в организме и выделяют ее во внешнюю среду вместе с продуктами обмена веществ.

*Круговорот углерода.*

Углерод как химический элемент присутствует в атмосфере в составе углекислого газа. Это и обуславливает обязательное участие живых организмов в круговороте этого элемента на планете Земля. Основной путь, по которому углерод из неорганических соединений переходит в состав органических веществ, где он является обязательным химическим элементом, – это процесс фотосинтеза. Часть углерода выделяется в атмосферу в составе углекислого газа при дыхании живых организмов и при разложении бактериями мертвого органического вещества. Усвоенный растениями углерод потребляется животными. Кроме того, коралловые полипы, моллюски используют соединения углерода для построения скелетных образований и раковин. После их отмирания и оседания на дне формируются отложения известняков. Таким образом, углерод может исключаться из круговорота. Выведение углерода из круговорота на длительный срок достигается путем формирования полезных

ископаемых: каменного угля, нефти, торфа. На протяжении существования нашей планеты выведенный из круговорота углерод компенсировался углекислым газом, поступающим в атмосферу при вулканических извержениях и в ходе других естественных процессов. Увеличение концентрации углекислого газа за столетие всего на 0,01 % привело к заметному проявлению *парникового эффекта*

#### *Круговорот кислорода.*

В функционировании биосферы кислород играет исключительно важную роль в процессах обмена веществ и дыхании живых организмов. Уменьшение количества кислорода в атмосфере в результате процессов дыхания, сжигания топлива и гниения компенсируется кислородом, выделяемым растениями при фотосинтезе. Кислород образовывался в первичной атмосфере Земли при ее остывании. В силу своей высокой реакционной способности он переходил из газообразного состояния в состав различных неорганических соединений (карбонатов, сульфатов, оксидов железа). Сегодняшняя кислородсодержащая атмосфера планеты образовалась исключительно за счет осуществляемого живыми организмами фотосинтеза. Содержание кислорода в атмосфере повышалось до нынешних значений в течение длительного времени. Поддержание его количества на постоянном уровне в настоящее время возможно только благодаря фотосинтезирующим организмам. Небольшая часть кислорода атмосферы участвует в процессах образования и разрушения озонового экрана при действии ультрафиолетового излучения Солнца.

Современная структура биосферы и границы обитания живых организмов формировались длительное время. Каждый временной промежуток эволюции биосферы характеризуется определенным комплексом экологических факторов и совокупностью живых организмов. Можно выделить следующие исторические *этапы развития (эволюции) биосферы*:

- 1) возникновение и развитие жизни в воде;
- 2) заселение организмами суши и формирование наземно-воздушной и почвенной сред обитания;
- 3) появление человека и его эволюция из обычного биологического вида в биосоциальное существо;
- 4) переход биосферы в ноосферу под влиянием разумной деятельности человека.

Оксиды углерода ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), поступающие в атмосферу в результате сгорания топлива, являются причиной возникновения *парникового эффекта*.

Оксиды серы ( $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$ ), образующиеся в результате сгорания топлива, содержащего серу, взаимодействуют в атмосфере с водяными парами. Конечными продуктами такой реакции являются растворы сернистой ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) и серной ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) кислот. Данные кислоты выпадают на поверхность земли с осадками, вызывают подкисление почвы, приводят к заболеваниям человека. В наибольшей степени от *кислотных осадков* страдают лесные экосистемы, особенно хвойные. У них происходит разрушение хлорофилла, недоразвитие пыльцевых зерен, засыхание и опадение хвои.

Оксиды азота (NO и NO<sub>2</sub>), подвергаясь действию ультрафиолетовых лучей, участвуют в формировании в атмосфере свободных радикалов. Оксиды азота приводят к развитию у человека и животных целого ряда патологических состояний. Данные газы, например, раздражают дыхательные пути, вызывают отек легких.

Соединения хлора вносят значительный вклад в *разрушение озонового слоя* планеты. Один свободный радикал хлора может разрушить до 100 тыс. молекул озона, что является причиной *возникновения озоновых дыр* в атмосфере.

Причинами радиоактивного *загрязнения атмосферы* являются аварии на атомных электростанциях. В качестве источника загрязнения атмосферы следует упомянуть и транспорт. Выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания содержат целый спектр загрязнений. Среди них оксиды углерода и азота, сажа, а также тяжелые металлы и соединения, обладающие канцерогенным действием.

Дефицит пресной воды – глобальная экологическая проблема. Основной причиной загрязнения водной среды является прямой сброс в водные экосистемы отходов промышленности и коммунальных сточных вод. В данном случае с химическими веществами в водную среду поступают и биологические загрязнения (болезнетворные бактерии). Когда сбрасываются подогретые сточные воды, происходит *физическое (тепловое) загрязнение гидросферы*. Такие сбросы снижают количество кислорода в воде, увеличивают токсичность примесей и часто приводят к заморам (гибели водных организмов).

В связи с хозяйственной деятельностью человека в почву попадают химические вещества, нарушающие почвообразовательные процессы и снижающие плодородие. Загрязнение почв происходит при чрезмерном применении в сельском хозяйстве минеральных удобрений и пестицидов. Вместе с органическими удобрениями в почву могут проникать биологические загрязнители. Это прежде всего бактерии, яйца паразитических червей. Почва загрязняется также нефтепродуктами, радионуклидами, тяжелыми металлами.

Природные ресурсы – средства существования людей, которые не создаются их трудом, а находятся в природе. Основная проблема их современного состояния – сокращение количества исчерпаемых и ухудшение качества неисчерпаемых природных ресурсов.

Животные и растительные ресурсы способны к постоянному восстановлению. Если скорость их использования не превышает темпы естественного возобновления, то эти ресурсы могут существовать очень долго. Однако скорость их возобновления различна. Популяции животных могут восстановить свою численность за несколько лет. Леса вырастают за несколько десятков лет. А почвы, утратившие плодородие, восстанавливают его очень медленно – в течение нескольких тысячелетий. Очень важной ресурсной проблемой планеты является сохранение качества пресной воды.

Человечество должно рассматривать пресную воду как исчерпаемый природный ресурс. Проблема пресной воды с каждым годом обостряется в связи с обмелением рек и озер в результате мелиоративных мероприятий.

Возрастает расход воды на нужды сельского хозяйства и промышленности, водоемы загрязняются производственными и бытовыми отходами.

*Опустынивание* – совокупность процессов, которые приводят к утрате природным сообществом сплошного растительного покрова с невозможностью его восстановления без участия человека. Причинами опустынивания являются преимущественно антропогенные факторы. Это вырубка лесов, нерациональное использование водных ресурсов при орошении земель. Чрезмерная рубка древесной горной растительности становится причиной стихийных бедствий – селей, оползней, снежных лавин. Приводит к опустыниванию может и чрезмерная нагрузка на пастбища при увеличении масштабов животноводства.

*Эрозия почвы* – разрушение плодородного слоя почвы под действием ветра и воды. Эрозия почв происходит из-за массового включения человеком в активное землепользование все новых и новых земель.

*Заповедное дело и охрана природы.*

*Охрана природы* – совокупность международных, государственных и региональных мероприятий для сохранения, рационального использования и воспроизводства природы Земли.

Основной задачей природоохранной деятельности является сохранение видового разнообразия и генофонда флоры и фауны планеты. Кроме того, очень важно сохранить почвенный покров Земли от деградации и опустынивания и атмосферный воздух – от загрязнения. Основу биологического разнообразия Республики Беларусь составляют 11,5 тыс. видов растений и более 30 тыс. видов животных. Из них на долю высших растений приходится около 2 тыс. видов, а на долю позвоночных животных порядка 450 видов. Из позвоночных животных наибольшим видовым разнообразием отличаются птицы – свыше 300 видов.

Охраняемые природные территории и объекты. В настоящее время охраняемыми природными территориями являются заповедники, национальные парки, заказники, резерваты, а охраняемыми природными объектами – памятники природы.

*Заповедники* – особо охраняемые государством территории, полностью исключенные из хозяйственной деятельности человека. Целью создания заповедников является сохранение в нетронутом виде естественных природных сообществ. Это также охрана растений, животных и наблюдение за процессами, происходящими на территории заповедников. Заповедные территории, которые являются эталонами биосферы, принято называть биосферными заповедниками. На уровне биосферных заповедников организуется глобальная система мониторинга (наблюдений) окружающей среды. *Березинский биосферный заповедник* – это уникальный природный комплекс. *Полесский государственный радиационно-экологический заповедник* расположен на территории, наиболее пострадавшей от аварии на Чернобыльской АЭС.

*Национальные парки* – обширные охраняемые участки территории, на которых расположены природные комплексы, представляющие историческую, экологическую и культурную ценность. В национальных парках выделяют

зоны с заповедным режимом и зоны с характером заказника, где допускается присутствие человека. Это туристические маршруты и рекреационные (используемые для оздоровления и отдыха) территории. *Национальный парк Беловежская пуца* является уникальным природным комплексом Беларуси. *Национальный парк Браславские озера* – яркое свидетельство того, почему нашу страну называют синеокой. *Национальный парк Припятский* славится богатым видовым разнообразием орнитофауны (птиц). *Национальный парк Нарочанский* был создан с целью сохранения природных комплексов лесов и лугов, прилегающих к озеру Нарочь.

*Заказники* – участки охраняемой природной территории, на которой постоянно или временно запрещены отдельные виды хозяйственной деятельности человека. К ним относят рыболовство, охоту, сенокос. Под охраной в заказниках находится не весь природный комплекс, а только некоторые его элементы. Среди заказников республиканского значения особо выделяется *Свитязянский ландшафтный заказник*. Его жемчужиной является кристально чистое озеро Свитязь.

*Резерваты* – небольшие природные территории, созданные для охраны одного из элементов природного комплекса. Примерами резерватов могут быть озера, участки речных долин, побережий. Международный *биосферный резерват «Западное Полесье»*.

*Памятники природы* – отдельные охраняемые природные объекты живой и неживой природы, уникальные в научном, культурном, историко-мемориальном и эстетическом отношении. Статус ботанических памятников природы присвоен *Центральному ботаническому саду* Национальной академии наук Республики Беларусь в Минске, *Мирскому парку* в Гродненской области и отдельным редким, причудливой формы растениям или деревьям-великанам. Геологическими памятниками природы являются *вековые камни-валуны*. *Валун «Князь-камень»* в Борисовском районе Минской области, *«Камень-богатырь»* в Дятловском районе Гродненской области.

*Красная книга* – уникальный список редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений, грибов, лишайников и протистов.

*В Республике Беларусь в настоящее время действуют 2 заповедника, 4 национальных парка, 85 заказников республиканского и 249 заказников местного значения.*

*Рациональное природопользование* – тип взаимоотношений человека с окружающей средой, при котором люди способны разумно осваивать природные ресурсы и предупреждать негативные последствия своей деятельности. Примером рационального природопользования служит создание культурных ландшафтов, применение малоотходных и безотходных технологий. К рациональному природопользованию относят внедрение биологических методов борьбы с вредителями сельского хозяйства. Рациональным природопользованием также можно считать создание экологически чистых видов топлива, совершенствование технологий добычи и транспортировки природного сырья.

*Малоотходные технологии* – производственные процессы, которые обеспечивают максимально полное использование перерабатываемого сырья и образующихся отходов. При этом в окружающую среду возвращаются вещества в относительно безвредных количествах.

*Рациональное природопользование* – тип взаимоотношений человека с окружающей средой, при котором человек способен разумно осваивать природные ресурсы и предупреждать негативные последствия своей деятельности. Примером рационального природопользования является использование малоотходных и безотходных технологий в промышленности, а также экологизация всех сфер хозяйственной деятельности человека.

## 2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В практическом разделе представлен комплекс дидактических материалов, роль которых в условиях довузовского образования сводится не просто к передаче знаний, а преследует цель – организации учебного процесса, управляемой самостоятельной работе, оказании помощи обучающимся в самореализации в процессе взаимодействия педагога и студента. Особое значение в процессе организации обучения получают переменные величины дидактического круга: отбор дидактического материала, средств и методов обучения в зависимости от различий в стартовой подготовке слушателей, обучающихся программ (подготовительное отделение, подготовительные курсы).

### *Обучающие материалы:*

1. Биология: тематический тренажер: общая биология: для подготовки к централизованному тестированию / Т.О. Кричевич, А.В. Селивёрстова. – Минск: Аверсэв, 2008. – 112 с.

Учебное пособие предназначено для подготовки к централизованному тестированию, систематизации знаний, повторению и осуществлению самоконтроля. Пособие содержит 810 тестовых заданий различного уровня, которые охватывают все основные темы раздела «Общая биология».

Учебное пособие содержит 810 тестовых заданий по основным темам раздела «Общая биология» – 6 работ по каждой теме раздела. Каждая работа включает 15 заданий.

Каждая работа представлена 15 заданиями, десять из которых представлены частью А, пять – частью В. В заданиях части А из предлагаемых вариантов ответов необходимо выбрать только один верный. В заданиях части В необходимо дополнить предложение по биологическому смыслу, соотнести понятия.

Общий объем требований по предмету определяется программой по биологии для поступающих в учебные учреждения, обеспечивающие получение высшего образования.

В пособии приведен перечень типовых заданий по биологии, включающий в себя основные умения и навыки, необходимые для выполнения тестовых заданий.

2. Биология. Тестовые задания по биологии для слушателей подготовительного отделения и подготовительных курсов / сост. А.В. Селивёрстова. – Минск: БГУ, 2012. – 171 с.

Настоящее пособие предназначено для оказания помощи в подготовке к сдаче экзамена по биологии.

Пособие состоит из 5 разделов в соответствии с основными разделами школьных курсов биологии.

В пособии разделы «Вирусы», «Прокариоты», «Протисты», «Грибы», «Лишайники», «Растения», «Животные», «Человек», «Общая биология» представлены дидактическими материалами, использование которых позволит

слушателям реализовать в процессе обучения несколько функций: обобщить и систематизировать учебный материал по темам курса биологии, организовать тематический контроль качества усвоения учебного материала, уровня обученности, степени подготовленности к вступительным испытаниям. Кроме того, содержание пособия позволяет использовать его как средство организации самостоятельной познавательной деятельности слушателей. Дидактические материалы представлены перечнем тестов по всем темам школьного курса по биологии, сохранена единая структура пособия.

Каждое текстовое задание состоит из упражнений разных уровней сложности. Число заданий в каждом разделе (теме) 15. Для всех учебных тем курса тесты предлагаются в вариантах А и В. В заданиях части А (десять заданий) из предлагаемых вариантов ответов необходимо выбрать только один верный. Задания части В представлены пятью заданиями с открытым ответом. В конце раздела приводится контрольный тест различного уровня сложности, который представлен заданиями части А (40 заданий с одним правильным ответом) и части В (10 заданий на соотнесение понятий, дополнение предложений по биологическому смыслу).

Используя материалы пособия, абитуриенты имеют возможность самостоятельно обобщить, углубить и расширить представления о предмете, развить умение выполнять тестовые задания закрытого и открытого типа, подготовиться к успешной сдаче экзамена по биологии.

Структура пособия «Тестовые задания по биологии» по каждой теме представлена разделами:

- текстовые задания;
- обобщающие тесты по теме (контрольные тесты).

Содержание заданий нацелено на закрепление и осмысление учебного материала, а самостоятельное их выполнение должно способствовать развитию внимания и умений сравнивать и анализировать, делать выводы; в формулировках заданий приводятся конкретные указания на порядок действий. Единый комплекс упражнений и заданий репродуктивно-продуктивного и продуктивного творческого характера позволяет развивать навыки и умения во всех видах учебной деятельности абитуриентов.

### 3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Эффективное и систематическое осуществление обратной связи, определение уровня усвоения учебного материала обеспечивается в виде контроля и самоконтроля, дифференциация и вариантность самостоятельной работы слушателей; индивидуальный характер и постепенное усложнение самостоятельной работы.

Учебно-методический комплекс содержит контрольно-измерительные материалы для текущей и итоговой аттестации, в том числе и с использованием компьютерных программ.

1. Контрольные работы по биологии для слушателей подготовительного отделения и подготовительных курсов/ авт.-сост.: Т.О. Крисевич, А.В. Селивёрстова, И.М. Гракович. – Минск: БГУ, 2006. – 60 с.

Учебное пособие состоит из методических указаний по подготовке к экзамену по биологии и 10 контрольных работ по основным разделам курса биологии: «Вирусы», «Прокариоты», «Протисты», «Грибы», «Лишайники», «Растения», «Животные», «Человек», «Общая биология». В пособии приведен перечень типовых заданий по биологии (часть А, часть В), включающий в себя основные умения и навыки, необходимые для выполнения тестовых заданий.

Общий объем требований по предмету определяется программой по биологии для поступающих в учебные учреждения, обеспечивающие получение высшего образования.

Содержание программы по биологии размещено перед каждой тематической контрольной работой. В пособии приведен перечень типовых заданий по биологии, включающий в себя основные умения и навыки, необходимые для выполнения тестовых заданий.

## 4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### 4.1. Информационно-методический раздел

Представленный учебно-методический комплекс разработан в соответствии с требованиями:

1. Программа вступительных испытаний по учебному предмету «Биология» для лиц, имеющих общее среднее образование для получения высшего образования I ступени или среднего специального образования, биологии для лиц, поступающих в средние специальные и высшие учебные учреждения. (Приказ Министерства образования РБ от 01.11.2017 г. № 677).

2. Учебная программа для учреждений образования с белорусским и русским языками обучения. Биология. VI – XI классы. Утверждена Министерством образования Республики Беларусь 2017 г.

3. Учебный план подготовительного отделения для белорусских граждан ФДО БГУ.

4. Учебная программа Белорусского государственного университета по учебной дисциплине: Биология, утверждена проректором по учебной работе 30.06.2015 г., регистрационный № УД-22 ФДО/уч.

Позиционируемые в программе требования предполагают степень сформированности уровня усвоения учебного материала, необходимой для поступления в высшие учебные учреждения.

Слушатели должны показать знания основных теоретических положений биологии как одной из важнейших естественных наук, которые лежат в основе научного познания природы.

Слушатели должны уметь:

- владеть основными биологическими терминами и понятиями, биологическими законами и теориями;
- владеть знаниями и понятиями общих закономерностей, происходящих в живой природе;
- владеть знаниями о строении и процессах жизнедеятельности бактерий, протистов, грибов, растений, животных и человека;
- уметь устанавливать причинно-следственные связи между строением и функциями органоидов клетки, особенностями строения и функциями тканей, органов и систем органов;
- уметь устанавливать причинно-следственные связи между средами жизни и приспособленностью к ним живых организмов, факторами и результатами эволюции, деятельностью человека и ее последствиями;
- уметь применять полученные знания и использовать их для: описания важнейших биологических процессов; характеристики и сравнения биологических объектов или явлений; составления характеристики основных систематических категорий (типов, отделов, классов);
- уметь решать биологические задачи.

Достижение этого уровня по программе свидетельствует о готовности абитуриентов продолжить обучение в учреждении высшего образования.

## 4.2. Рекомендуемая литература

### Основная:

1. Бедарик И. Г., Бедарик А. Е., Иванов В. Н. Биология: учеб. пособие для 8-го кл. учреждений общего среднего образования с рус. яз. обучения / И. Г. Бедарик, А. Е. Бедарик, В. Н. Иванов. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2018. – 240 с.

2. Борисов О. Л., Антипенко А. А., Рогожников О. Н. Биология: учеб. пособие для 9-го кл. учреждений общего среднего образования с рус. яз. обучения / О. Л. Борисов, А. А. Антипенко, О. Н. Рогожников. – Минск: Нар. асвета, 2019. – 215 с.

3. Лисов Н.Д. Биология: учеб. для 6-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / Н.Д. Лисов. – 2-е изд., пересмотр. – Минск: Народная асвета, 2015. – 134 с.

4. Лисов Н.Д. Биология: учеб. пособие для 7-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / Н.Д. Лисов. – Минск.: Народная асвета, 2017. – 230 с.

5. Лисов Н.Д. Биология: учеб. для 10-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обуч. / Н.Д. Лисов [и др.]; под ред. Н.Д. Лисова. – 3-е изд.; перераб. – Минск.: Народная асвета, 2014. – 270 с.

6. Маглыш С.С., Каревский А.Е. Биология: учеб. пособ. для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / С.С. Маглыш, А.Е. Каревский; под ред. С.С. Маглыш. – 2-е изд.; исправл. и дополн. – Минск.: Нар. асвета, 2016. – 234 с.

### Дополнительная:

7. Заяц Р.Г. Биология: для поступающих в вузы / Р.Г. Заяц [и др.]. – 3-е изд., испр. – Минск: Выш. шк., 2016. – 639 с.

8. Камлюк Л.В. Биология: учеб. пособие для 8-го кл. общеобразоват. учреждений с рус. яз. обучения / Л.В. Камлюк, Е.С. Шалапенок. – 3-е изд., доп. – Мн.: Нар. асвета, 2010. – 222 с.

9. Лисов Н.Д. Биология: полный школьный курс / Н.Д. Лисов, Л.В. Камлюк. – 5-е изд. – Минск: Аверсэв, 2017. – 512 с.

10. Лисов Н.Д. Биология: термины и понятия: словарь-справочник для учащихся и абитуриентов / Н.Д. Лисов. – Минск: Нар. асвета, 2008. – 303 с.

11. Мащенко М.В. Биология: учеб. пособие для 9-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / М.В. Мащенко, О.Л. Борисов. – 3-е изд., перераб. – Минск.: Нар. асвета, 2011. – 207 с.

12. Централизованное тестирование. Биология: сборник тестов / Респ. ин-т контроля знаний М-ва образования Респ. Беларусь. – Минск: Аверсэв, 2010. – 55 с.

13. Централизованное тестирование. Биология: сборник тестов / Респ. ин-т контроля знаний М-ва образования Респ. Беларусь. – Минск: Аверсэв, 2011. – 55 с.
14. Централизованное тестирование. Биология: сборник тестов / Респ. ин-т контроля знаний М-ва образования Респ. Беларусь. – Минск: Аверсэв, 2012. – 55 с.
15. Централизованное тестирование. Биология: сборник тестов / Респ. ин-т контроля знаний М-ва образования Респ. Беларусь. – Минск: Аверсэв, 2013. – 55 с.
16. Централизованное тестирование. Биология: сборник тестов / Респ. ин-т контроля знаний М-ва образования Респ. Беларусь. – Минск: Аверсэв, 2014. – 55 с.
17. Централизованное тестирование. Биология: сборник тестов / Респ. ин-т контроля знаний М-ва образования Респ. Беларусь. – Минск: Аверсэв, 2015. – 55 с.
18. Централизованное тестирование. Биология: сборник тестов / Респ. ин-т контроля знаний М-ва образования Респ. Беларусь. – Минск: Аверсэв, 2016. – 55 с.
19. Централизованное тестирование. Биология: сборник тестов / Респ. ин-т контроля знаний М-ва образования Респ. Беларусь. – Минск: Аверсэв, 2017. – 55 с.

#### **4.3. Электронные ресурсы**

1. Образовательный портал БГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dl.bsu.by>. – Дата доступа: 28.02.2019.
  2. Электронная библиотека БГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by>. – Дата доступа: 28.02.2019.
- Электронный журнал «Психолого-педагогические исследования»