

Минобрнауки РФ
Федеральное государственное бюджетное учреждение
высшего профессионального образования
«Майкопский государственный технологический университет»
Медицинский институт
Фармацевтический факультет

В.М. Триль

БИОЛОГИЯ

*Учебное пособие для студентов
фармацевтического факультета*

Майкоп
2014

УДК 57(07)
ББК 28.0
Т-67

Печатается по решению
Научно-технического совета Майкопского
Государственного технологического университета,
Учебно-методической комиссии медицинского института

Рецензенты:

Доктор фармацевтических наук, профессор **В.А. Карташов**;
Кандидат биологических наук, доцент **Т.А. Иващенко**

Триль В.М.

Т-67 Биология (учебное пособие для студентов фармацевтического факультета). – Майкоп: Изд-во «Магарин О.Г.», 2014. – 159 с.

Учебное пособие «Биология» составлено в соответствии с типовой программой по дисциплине «Биология» и предназначено для студентов, специализирующихся в области «Фармация». Данное пособие дает теоретические знания основных свойств жизни и эволюционных процессов на молекулярно-генетическом, онтогенетическом, популяционно-видовом и биогеоценотическом уровнях организации материи. Особенности общебиологических закономерностей рассматриваются в связи с их значением для медицинской практики. Особое внимание уделено эволюционным и экологическим факторам, отражающим современное состояние животного и растительного мира.

ВВЕДЕНИЕ В БИОЛОГИЮ

1. Предмет изучения, этапы развития, разделы, задачи и методы исследования

Биология – это наука, которая изучает жизнь во всех ее проявлениях и свойства всего живого (греч. «био» - жизнь, «логос» - учение), т.е. биология – это учение о жизни. Предмет изучения биологии – *живые организмы, их формы, функции, эволюция, индивидуальное развитие и взаимоотношения с окружающей средой.*

Этапы развития биологии. Древние люди уже достаточно много знали о строении растений и животных и применяли эти знания в медицине и сельском хозяйстве. Из литературных памятников Египта, Индии, Китая уже с 14-го века до нашей эры есть описания животных, растений, некоторых явлений природы, особенностей жизни животных и растений.

Особенно активно биология стала развиваться в 4-1-ом веках до н.э. в Греции и Риме. Известность получили такие ученые того времени как *Гиппократ* (дал первое подробное описание строения человека и животных, указал на роль среды в возникновении болезней), *Аристотель* (создал первую классификацию животных, дал основные признаки млекопитающих, его считают основоположником зоологии), *Теофраст* (оставил сведения о строении и размножении растений, его считают основоположником ботаники), римский ученый *Клавдий Гален* (внес большой вклад в изучение анатомии и физиологии человека и животных).

В средние века (ок. 980-1037) выдающимся ученым и мыслителем был *Абу-Али ибн Сина*, известный в Европе под именем *Авиценна*. В эпоху возрождения (15-16 вв.) самым известным ученым был *Леонардо да Винчи*, который заложил основы научной анатомии. Географические открытия в 15-16 веках сопровождалось расширением знаний о животных и растениях. С изобретением микроскопа стала развиваться анатомия и физиология растений. Накопление знаний о растениях и животных привело к созданию *К. Линнеем* (в середине 17-го века) классификаций растений и животных. В середине 19-го века немецкие ученые *М.Шлейден* и *Т.Шванн* сформулировали основные положения клеточной теории. В это же время *Ч.Дарвин* разработал теорию эволюции, а *Л.Пастер*, *Р.Кох*, *И.И.Мечников* и др. дали начало развитию бактериологии, которая, в свою очередь, распалась на микробиологию, и паразитологию. Работы *Г.Менделя* дали основу развития науки генетики.

В 20-м веке очень быстро стали развиваться различные направления в биологии. Так, с открытием генетической роли ДНК и механизмов синтеза белка сформировалась молекулярная биология. С полетом человека в космос стала развиваться космическая биология. В конце прошлого века появляются первые работы по генетической инженерии, что дало возможность развития новых методов в биотехнологии и в медицине.

Разделы биологии. Многообразие живой природы велико, поэтому биология – комплексная наука, состоящая из наук, изучающих живые организмы и объединяющихся в единую систему *биологических наук*. Так, *вирусология* – наука о вирусах; *микробиология* изучает микроорганизмы; *микология* – наука о грибах; *ботаника* и *зоология* изучают типы организмов и их взаимоотношения в *растительном* и *животном* царствах; *антропология* – наука о человеке и многие другие.

Каждая из этих дисциплин делится на ряд узких направлений, в зависимости от объекта исследования. Например, в зоологии выделяются науки: *энтомология* – наука о насекомых; *териология* – наука о млекопитающих и другие. Кроме того, в зоологии и в ботанике выделяются науки, изучающие различные стороны жизни животных и растений – их строение (*морфология, анатомия, цитология, гистология*); развитие (*эмбриология, эволюция, филогения*), жизнедеятельность (*физиология, биохимия, биофизика*); распространение (*география*). Взаимоотношения различных организмов и образуемых ими сообществ между собой и окружающей средой изучает экология и ее отдельные разделы: *биоценология, популяционная биология*. Наука о законах наследственности и изменчивости организмов – *генетика*. Наука о многообразии живых организмов, их родстве и филогенетических связях – *систематика*. Наука о развитии жизни в прошлые геологические времена – *палеонтология*. В настоящее время развивается наука, изучающая свойства и проявления жизни на молекулярном уровне – *молекулярная биология*. Наука планирования количественных биологических экспериментов и обработка результатов методами математической статистики – *биометрия*. Комплекс знаний о возделывании сельскохозяйственных культур – *агробиология*. В этой связи следует назвать сельскохозяйственные и биологические направления, такие как *животноводство, ветеринарию, фитопатологию, медицинскую биологию, биологию охраны природы, биотехнологию* и многие другие науки биологического направления.

Задачи и методы. Как любая наука биология имеет свои задачи и методы. Со времени появления жизни на Земле органический мир непрерывно развивается в силу естественных материальных причин. Одна из главных *задач* общей биологии – *познание законов исторического развития (эволюции) органического мира*. Во всем огромном многообразии мира микроорганизмов, грибов, растений, животных обнаружено единство их строения, в основе которого заключена биологическая структурная единица – *клетка*. Важная *задача* общей биологии – *изучение структуры и функции клетки*. Между организмом и средой осуществляется непрерывный *обмен веществ и энергии*. При этом обнаружена способность организмов к *саморегуляции*. Одной из *задач* общей биологии является – *знание механизмов саморегуляции живых организмов*. Молекулярная биология раскрывает широкие перспективы в управлении человеком жизненными процессами. Основная *задача*, стоящая перед этой отраслью – *изучение жизненных явлений (обмен веществ, наследственность, раздражимость) на уровне молекул, слагающих клетку*. Генетика служит основой *селекции, задача* которой – *улучшение существующих и создание новых*

сортов культурных растений и пород домашних животных. Таким образом, в любом разделе биологической науки есть *проблемы*, которые решаются конкретными *задачами*.

Основными методами, которые применяются в биологических науках, являются *описательный, сравнительный, исторический и экспериментальный*.

Описательный метод заключается в сборе фактического материала и описании его. Это самый старый метод, однако он широко используется и в наше время. В 17-ом веке в биологии утверждается *сравнительный метод*. С помощью этого метода выявляются сходство и различия между организмами и их частями. Общим и важным для биологических исследований является *исторический метод*. Он позволяет проанализировать закономерности появления и развития организмов, становления их структур и функций во времени и в пространстве. *Экспериментальный метод* позволяет активно изучать то или иное явление жизни с помощью опыта. Он получил широкое распространение в биологии в начале 19-го века. Классическим образцом методологии экспериментальной науки стали работы Г. Менделя по изучению наследственности и изменчивости. В настоящее время экспериментальный метод характеризуется исключительными возможностями в изучении явлений жизни, что определяется использованием современной микротехники. Экспериментальный метод расширил познавательные возможности биологии, приблизил ее к материальному производству и еще больше связал с медициной.

Вместе с тем, для каждого раздела биологии существуют свои специфические методы.

2. Свойства живой материи

Живая природа представлена большим разнообразием. В большинстве случаев живые и неживые объекты легко различаются. Известно, что окружающие нас растения и животные, и сам человек являются живыми *существами* и относятся к *органической* (живой) природе, а минералы, скалы, камни относятся к *неорганической* (неживой) природе. Существует целый ряд свойств, отличающих органическую (живую) природу от неорганической (неживой) природы.

Определенный химический состав. В состав живых организмов входят те же *химические элементы*, что и в неживые объекты, однако их соотношение различно. Основными *биогенными элементами* являются Н, С, О, N. Помимо них важны Na, Mg, Cl, P, S, Fe, Ca и другие. Кроме того, все живые организмы построены из четырех основных групп органических веществ: *нуклеиновых кислот, белков, углеводов и липидов, или жиров*.

Клеточное строение. Все живые организмы имеют определенную организацию, структурной и функциональной единицей которой для всех организмов (кроме вирусов) является клетка.

Обмен веществ и энергозависимость. Организмы представляют собой открытые системы, которые являются устойчивыми лишь при условии

непрерывного доступа веществ и энергии из вне. При этом живая система постоянно находится в состоянии *динамического равновесия*.

Саморегуляция. Живые организмы обладают способностью поддерживать *постоянство* своего химического состава и интенсивность обменных процессов. Недостаток поступления каких-либо питательных веществ *мобилизует* внутренние ресурсы организма, а избыток вызывает прекращение *синтеза* этих веществ.

Раздражимость и психические функции. *Раздражимость* – способность организма отвечать на определенные внешние *воздействия* специфическими *реакциями*. Всякое изменение окружающей организм среды является *раздражителем*, а реакция организма – *проявлением раздражимости*. Сочетания «раздражитель – реакция» могут накапливаться в виде опыта и использоваться в дальнейшей деятельности.

Наследственность. Для живых организмов характерна способность передавать *признаки* и *свойства* в неизменном виде из поколения в поколение с помощью *носителей информации* молекул ДНК или РНК.

Изменчивость. Способность организмов приобретать новые признаки и свойства называется изменчивостью. Изменчивость создает разнообразный материал для *естественного отбора*.

Размножение и репродукция. При размножении организмы *воспроизводят* себе подобных. Это свойство теснейшим образом связано с явлением наследственности.

Индивидуальное развитие (онтогенез). Новый организм возникает, в большинстве случаев, в результате слияния половых клеток (гамет) в ходе процессов онтогенеза. Развитие сопровождается ростом. В процессе роста и развития постепенно возникает специфическая структурная организация *индивида*. Продолжительность жизни особей ограничена процессами *старения*, приводящими в конечном итоге к смерти.

Эволюционное развитие (филогенез). Все живые организмы существуют не только в пространстве, но и во времени. *Филогенез* есть необратимое и направленное развитие живой природы, сопровождающееся появлением новых видов и прогрессивным усложнением жизни. Все то огромное многообразие живых существ, которое мы наблюдаем на Земле, есть результат эволюции.

Целостность и дискретность живых систем. Это одно из самых важных свойств живой материи. С одной стороны, живая материя целостна, определенным образом организована, подчиняется ряду специальных, только для нее характерных законов. С другой стороны, она *дискретна*, так как любая биологическая система состоит из обособленных, хотя и тесно взаимосвязанных *элементов*.

Помимо названных, иногда выделяют и чисто физиологические свойства, присущие живому, такие как *подвижность*, *рост*, *выделение* и другие.

3. Уровни организации живой материи

Принцип дискретности лег в основу представлений об *уровнях организации* живой материи. Уровень организации – это *функциональное место* биологической структуры определенной степени сложности в общей «системе систем» живого. Обычно выделяют следующие уровни:

1. Молекулярный – самый низкий уровень организации живого. Именно на этом уровне, в основном, проявляются такие процессы жизнедеятельности как *обмен веществ и превращение энергии, передача наследственной информации*.

2. Клеточный. Клетка является элементарной структурной и функциональной единицей живого. Вирусы, будучи неклеточной формой организации живого, проявляют свои свойства как живые организмы, только внедрившись в клетки.

3. Тканевой. Ткань – совокупность структурно сходных клеток и связанных с ними межклеточных веществ, объединенных общим *происхождением* и выполнением определенных функций.

4. Органный. Под «органом» понимают часть многоклеточного организма, выполняющую определенную функцию или функции.

5. Организменный. *Организм* (этот термин можно употребить ко всем живым существам – как одноклеточным, так и многоклеточным) – это реальный носитель жизни, характеризующийся всеми ее свойствами. Он происходит от одного *зачатка* (зиготы, споры, части другого организма) и индивидуально зависит от действия *эволюционных и экологических* факторов. Процесс формирования организма состоит из *дифференцировки* его структур (органелл – если это одноклеточный организм; клеток, тканей, органов у многоклеточных) в соответствии с выполняемыми ими функциями. Этот уровень очень удобно использовать при рассмотрении взаимодействия живого существа с окружающей его средой.

6. Популяционно-видовой. *Популяция* представляет собой систему надорганизменного порядка. Под этим понятием подразумевается *совокупность* всех особей одного вида, образующих обособленную генетическую систему и населяющих пространство с относительно однородными *условиями обитания*. Популяция обычно имеет сложную структуру и является *элементарной* единицей эволюции. *Вид* – это генетически *стабильная* система, совокупность популяций, особи которых способны в природных условиях к *скрещиванию* с образованием плодового *потомства* и занимают определенную область *географического пространства (ареал)*.

7. Биоценотический. *Биоценоз* – совокупность организмов разных видов различной сложности организации, которые обитают на какой-то определенной территории. Если в такой территориальной системе учитываются и факторы среды обитания, т.е. неживой компонент, то говорят о *биогеоценозе*.

8. Биосферный. Это самый высокий уровень организации живой материи. В данном случае обычно рассматривают все живые организмы и области их существования в планетарном масштабе. *Биосфера* – это оболочка Земли, которую населяют или когда-либо населяли живые организмы. К биосфере

относятся части *атмосферы*, *литосферы* и *гидросферы*, каким-либо образом связанные с деятельностью живых существ.

Таким образом, согласно современным представлениям и на основании знания свойств живого и принципа иерархической организации многие исследователи-биологи предлагают такую формулировку: «Под живым телом следует понимать открытую систему, состоящую из *биополимеров* – белков и нуклеиновых кислот, для которой характерна способность к авторегуляции и самовоспроизведению». При этом открытыми системами называют такие, не находящиеся в покое, системы, которые могут существовать только при непрерывном поступлении энергии и материи и удалении отходов, что характерно для живого организма. Живые тела имеют постоянный химический состав, существенной частью которого являются белки и нуклеиновые кислоты. Они обеспечивают воспроизведение живых тел. Для живых тел характерна способность к авторегуляции, т.е. способность автоматически сохранять и поддерживать постоянство своего состава. Такие представления о сущности живого применительны только к живым телам, населяющим нашу планету. Возможно, на других планетах могут быть живые тела, обладающие другими свойствами.

КЛЕТКА – ОСНОВА ЖИЗНИ

1. Основные положения клеточной теории. Формы существования живой материи

Наука о клетке – *цитология*. С усовершенствованием микроскопа стало возможным наблюдать клеточный уровень организации живой материи. Основу современной биологии составляет клеточная теория, основные положения которой были сформулированы в 1836-1838 гг. немецкими учеными – ботаником М.Шлейденем и зоологом Т.Шванном. Современная клеточная теория включает следующие положения:

- клетка – основная единица строения и развития всех живых организмов, наименьшая единица живого;
- клетки всех одноклеточных и многоклеточных организмов сходны (гомологичны) по своему строению, химическому составу, основным проявлениям жизнедеятельности и обмену веществ;
- размножение клеток происходит путем их деления, и каждая новая клетка образуется в результате деления исходной (материнской) клетки;
- в сложных многоклеточных организмах клетки специализированы по выполняемой ими функции и образуют ткани; из тканей состоят органы, которые тесно связаны между собой.

Ранее в далеком геологическом прошлом Земли (около 3,5 млрд. лет назад) была широко распространена так называемая доклеточная форма существования живой материи (*прокариоты*). Прокариоты не имеют типичной клеточной структуры, обособленных органоидов и ядра. Из ныне живущих представителей этой формы жизни можно назвать бактерии, синезеленые водоросли, вирусы, бактериофаги.

Позже, около 1,5 млрд. лет назад, среди обитателей планеты появились *эукариоты*, которые отличаются от прокариотов более сложной организацией: наличием органоидов и ядра. Вначале это были *одноклеточные* организмы, которые послужили основой для возникновения многоклеточных организмов, появившихся около 600 млн. лет назад. К моменту выхода на сушу жизнь уже была представлена разнообразными формами: прокариотами, низшими и высшими растениями, простейшими и многоклеточными животными, включая ранних представителей позвоночных.

2. Строение типичной эукариотической клетки

Клетка – это *элементарная основная структурная и функциональная единица органической (живой) природы, существующая как самостоятельно, так и в составе сложных организмов*. Весь поток энергии и материи на Земле осуществляется через клетку. Но и сама клетка является продуктом длительного исторического развития.

Форма и величина клеток, в связи с их функциями, могут быть различными: кубическими, звездчатыми, призматическими, округлыми. По форме различают два основных типа клеток: а) *паренхимные* – их величина одинакова во всех трех измерениях (длина не превышает ширину более чем в 2-3 раза); б) *прозенхимные* – вытянутые клетки, у которых длина превышает ширину и толщину более чем в 2-3 раза.

К самым мелким из известных клеток относятся клетки бактерий. Их величина составляет 1-2 микрона. Большинство паренхимных клеток имеют размеры порядка 10-100 микрон. Есть очень крупные клетки, размеры которых достигают 0,5-1 мм. Их можно видеть невооруженным глазом, а человеческий глаз различает размеры от 0,2 мм (200 микрон)

Размеры длинных прозенхимных клеток значительно больше. Так, волокна льна достигают 0,2-4 см в длину, но в поперечнике эти клетки остаются по-прежнему микроскопическими, в пределах 0,1 мм.

Клетка любого организма представляет собой целостную живую систему. Она состоит из трех неразрывно связанных между собой частей: *оболочки, цитоплазмы и ядра*. Оболочка клетки осуществляет непосредственное взаимодействие с внешней средой и взаимодействие с соседними клетками (в многоклеточном организме).

Оболочка клетки. Оболочка клеток имеет сложное строение. Она состоит из наружного слоя и расположенной под ним *плазматической мембраны*. Клетки животных и растений различаются по строению их наружного слоя. У растений, а также у бактерий, синезеленых водорослей и грибов на поверхности клеток расположена плотная оболочка, или *клеточная стенка*. У большинства растений она состоит из *клетчатки (целлюлозы)*. Клеточная стенка играет важную роль: она представляет собой защитную оболочку, обеспечивает тургор растительных клеток; через клеточную стенку проходят вода, соли, молекулы многих органических веществ.

У животных, в отличие от клеточных стенок растений, наружный слой поверхности клеток очень тонкий, эластичный. Он состоит из разнообразных *полисахаридов и белков*. Поверхностный слой животных клеток получил название *гликокаликс*. Гликокаликс выполняет функцию непосредственной связи клеток животных с внешней средой, со всеми окружающими ее веществами. Наружный слой клетки животных имеет незначительную толщину (меньше 1 мкм), не выполняет опорной роли, какая свойственна клеточным стенкам растений. Гликокаликс, как и клеточная стенка растений, образуется, благодаря жизнедеятельности самих клеток.

Под гликокаликсом и клеточной стенкой растений расположена *плазматическая мембрана*, граничащая непосредственно с цитоплазмой. В состав ее входят белки и липиды, которые упорядоченно расположены и соединены друг с другом химическими взаимодействиями. Плазматическая мембрана выполняет ряд важных функций, главной из которых является транспорт веществ: из внешней среды в клетку поступает вода, разнообразные соли, неорганические и органические молекулы, - они проникают в клетку через тонкие каналы плазматической мембраны; во внешнюю среду выводятся

продукты обмена, образованные в клетке. Кроме того, плазматическая мембрана образует барьер, отграничивающий внутреннее содержимое клетки от внешней среды.

Цитоплазма представляет собой внутреннюю полужидкую среду клеток. В цитоплазме эукариотических клеток протекают основные процессы обмена веществ, она объединяет ядро и все органоиды, обеспечивает их взаимодействие, деятельность клетки как единой целостной живой системы. Вся цитоплазма пронизана многочисленными каналами и полостями, образующими *эндоплазматическую сеть*. Эндоплазматическая сеть выполняет различные функции. Она участвует в синтезе белка, который синтезируется в рибосомах, на ее мембранах происходит синтез липидов и углеводов. Все эти продукты накапливаются и транспортируются к различным органоидам клетки.

Рибосомы обнаружены в клетках всех организмов. В одной клетке их содержится много тысяч. Они располагаются либо на мембранах эндоплазматической сети, либо свободно лежат в цитоплазме. В состав рибосом входят белки и РНК. Функция рибосом – это синтез белка. Вместе с эндоплазматической сетью они представляют собой единый аппарат биосинтеза и транспортировки белков.

В цитоплазме большинства клеток животных и растений содержатся микроструктуры – *митохондрии*. Оболочка митохондрии состоит из двух мембран – наружной (гладкой) и внутренней (со складками и выростами). Складки внутренней мембраны называются *кристами*. Основная функция митохондрий – синтез аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), которая представляет собой универсальный источник энергии, необходимый для осуществления процессов жизнедеятельности клетки и целого организма.

Во многих растительных и животных клетках представлен *аппарат (или комплекс) Гольджи*, который состоит из нескольких элементов, называемых *диктиосомами*, каждая из которых – система мембран, сложенных стопкой. Аппарат Гольджи выполняет также много важных функций. Он осуществляет накопление и транспорт белков, жиров, углеводов, участвует в образовании клеточных оболочек; на его мембранах происходит синтез жиров и углеводов, которые используются в клетке и которые входят в состав мембран.

Лизосомы представляют собой небольшие округлые тельца, отграниченные мембраной от цитоплазмы. Внутри лизосомы находятся ферменты, расщепляющие белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты.

В цитоплазме клеток всех растений находятся *пластиды*. В клетках животных пластиды отсутствуют. Различают три основных типа пластид: зеленые – *хлоропласты*; оранжевые и желтые – *хромoplastы*; бесцветные – *лейкопласты*.

Хлоропласты. Эти органоиды содержатся в клетках листьев и других зеленых органов растений, а также у разнообразных водорослей. Они имеют овальную форму. В одной клетке обычно бывает несколько десятков хлоропластов. Их зеленый цвет зависит от содержания в них пигмента хлорофилла. Хлоропласты – основные органоиды клеток растений, в которых

происходит фотосинтез, т.е. образование органических веществ (углеводов) из неорганических (CO_2 и H_2O) при использовании солнечного света. По своему строению хлоропласты сходны с митохондриями. От цитоплазмы они отграничены двумя мембранами – наружной и внутренней. Наружная мембрана гладкая, без складок. Внутренняя – складчатая, образующая особые выросты – *граны*. В хлоропластах синтезируется и АТФ. Между внутренними мембранами хлоропласта содержатся ДНК и РНК и рибосомы. В хлоропластах, так же как и в митохондриях, происходит синтез белка, необходимого для деятельности этих органоидов. Хлоропласты размножаются делением.

Хромoplastы находятся в цитоплазме клеток разных частей растений: в цветках, плодах, стеблях, листьях. Их присутствием объясняется желтая, оранжевая и красная окраска венчиков цветков, плодов, осенних листьев.

Лейкопласты бесцветны. Они содержатся в цитоплазме неокрашенных частей растений, например, в стеблях, корнях, клубнях. Форма лейкопластов разнообразна.

Клеточный центр. В клетках животных вблизи ядра находится органоид, который называется *клеточным центром*. Основную часть его составляют два маленьких тельца – *центриоли*, которые имеют форму цилиндра до 1 мкм. Центриоли играют роль при делении клетки: они участвуют в образовании веретена деления.

Органоиды движения клетки. К ним относятся реснички и жгутики – выросты клеток, приспособленные к передвижению в жидкой среде. Реснички и жгутики широко распространены как у одноклеточных, так и у многоклеточных животных и растений.

Вакуоли представляют собой наполненные жидкостью вместилища – мембранные мешочки. Мембрана вакуоли растительной клетки называется *тонопластом*, а содержимое – *клеточным соком*, в котором могут находиться запасные питательные вещества, растворы пигментов, отходы жизнедеятельности, гидролитические ферменты. Роль вакуолей в жизни растительных клеток очень велика, так как они участвуют в образовании осмотического давления клетки и поддерживают ее тургор.

Самым крупным и главным органоидом клетки является *ядро*. Ядро может занимать центральную часть клетки или свободно перемещаться и оказываться в любом участке цитоплазмы. Число ядер в клетке различно – от одного до нескольких десятков и даже сотен. Обычно многоядерные клетки встречаются у простейших, а также в печени, костном мозге, мышцах, соединительной ткани позвоночных животных. Главными функциями ядра являются: 1. Хранение генетической информации и передача ее дочерним клеткам в процессе деления. 2. Регулирование протекающих в клетке процессов.

От остальной цитоплазмы ядро отделено оболочкой, состоящей из двухслойной мембраны, которая регулирует передвижение веществ из ядра в цитоплазму и обратно через поры. Основное вещество ядра – полужидкая *кариоплазма* (ядерный сок), в которой находится строго определенное для каждого организма число нитевидных образований – *хромосом*,

представленных в виде темных тяжей и зернышек, называемых *хроматином*. Хромосомы состоят из ДНК и белка и содержат единицы наследственности – *гены*. Перед началом деления ядра хроматиновые тяжи уплотняются в компактные палочковидные хромосомы, которые впоследствии строго поровну распределяются между двумя дочерними клетками. В соматических клетках животных и растений хромосомы представлены в двойном числе. Такие клетки, с двумя наборами хромосом, называют *диплоидными*. В половых клетках (яйцеклетках и сперматозоидах) каждая хромосома представлена в единственном числе. Такие клетки называют *гаплоидными*. При оплодотворении хромосомы яйцеклетки и сперматозоида объединяются и, таким образом, восстанавливается их диплоидное число.

В ядре имеются сферические тельца – одно или несколько *ядрышек*. Предполагается их участие в синтезе рибонуклеиновой кислоты, входящей в состав рибосом, которые участвуют в делении клетки.

Дать схему классификации строения клетки: живые компоненты протопласта и производные протопласта. Первые определяют жизнь клетки, вторые образуются в результате жизнедеятельности органоидов.

3. Цитокинез и кариокинез

Размножение является одним из важнейших свойств живых организмов. Существование каждого вида животных и растений, преемственность между родительскими особями и их потомством поддерживаются благодаря размножению. На молекулярном уровне размножение выражается в самоудвоении молекул ДНК. Клетки одноклеточных и многоклеточных организмов размножаются делением. Делению клеток (*цитокинезу*) предшествует деление ядра (*кариокинез*). Различают три типа деления клеток: амитоз, митоз и мейоз.

Амитоз – прямое деление ядра (а затем и клетки, иногда делится только ядро). Происходит деление ядрышка с последующей перетяжкой всего ядра без перестройки хромосом и образования ахроматинового веретена. Амитоз не обеспечивает равномерного распределения генетического материала между дочерними клетками. Иногда в ходе амитоза образуются многоядерные клетки. Амитоз встречается у некоторых простейших, а также в клетках специализированных тканей, в стареющих клетках.

Основной способ деления эукариотических клеток – *митоз* (эквационное деление) (греч. «митос» - нить). Подготовка клеток к делению начинается в период *интерфазы*. В середине интерфазы происходит синтез молекулы ДНК – ее удвоение.

В митозе различают четыре фазы: профазу, метафазу, анафазу, телофазу. Во время профазы в ядре появляются тонкие нити – хромосомы. В профазе они спирализуются, в результате чего укорачиваются и утолщаются. К концу профазы можно определить размеры, форму, строение и число хромосом. Каждая хромосома представляет собой удлиненное плотное тело, состоящее из нескольких частей, отделенных друг от друга перетяжками. Одной из них

является механический центр хромосомы, удерживающий вместе две хроматиды, называется *центромерой*. Во время деления клетки центромера направляет движение хромосом к полюсам клетки. Во время профазы две центриоли, находящиеся в каждой клетке, расходятся к ее полюсам, образуя веретено деления (ахроматиновое веретено). Ядерная оболочка растворяется, ядрышки исчезают, хромосомы свободно располагаются в цитоплазме.

За профазой следует *метафаза* митоза. Во время метафазы хромосомы располагаются в экваториальной плоскости веретена. Каждая хромосома прикрепляется своей центромерой к одной из нитей веретена. У каждой хромосомы происходит отделение, обособление хроматид друг от друга.

Начало расхождения хромосом к полюсам клетки означает наступление следующей фазы митоза – *анафазы*. Во время анафазы хроматиды (дочерние хромосомы) расходятся к полюсам клетки, благодаря сокращению нитей веретена и растягиванию дочерних хромосом к полюсам клетки. При движении хромосом используется энергия АТФ.

Последняя фаза митоза – *телофаза*. Во время телофазы хромосомы начинают раскручиваться и приобретают форму длинных нитей. В дочерних ядрах вновь образуется ядерная оболочка, формируется ядрышко. Происходит деление цитоплазмы и образование клеточной стенки. В результате митоза из одной материнской клетки с двумя наборами хромосом ($2n$) образуется две дочерние клетки также с двумя наборами хромосом. Продолжительность митоза от профазы до завершения телофазы составляет 1-2 часа. Интерфаза – фаза между делениями клеток во много раз продолжительнее.

Биологическое значение митоза заключается в строго равномерном распределении хромосом между ядрами двух дочерних клеток. Митоз обеспечивает полную наследственную информацию каждому из дочерних ядер.

Число хромосом в клетке постоянно для каждого вида живых организмов. Хромосомы, содержащиеся в ядре одной клетки, всегда парные, одинаковые или гомологичные. Каждая пара хромосом отличается от других пар размерами, формой, местами расположения перетяжек. Совокупность хромосом в одном ядре называется хромосомным набором.

В любом многоклеточном организме различают две категории клеток: соматические (неполовые), которые входят в состав всех тканей и органов тела; половые клетки. Ядра соматических клеток содержат диплоидный (двойной) набор хромосом. Ядра половых клеток содержат гаплоидный (одинарный) набор хромосом. Число хромосом диплоидного и гаплоидного наборов постоянно для каждого вида организмов.

Мейоз (греч. «мейон» - меньше) – специфический тип деления клеток, при котором образуются половые клетки. Это деление называют также редукционным, так как из одной материнской клетки с двумя наборами хромосом образуются четыре дочерние клетки с одинарным набором хромосом. Уменьшение числа хромосом вдвое происходит в процессе созревания половых клеток (гамет). В мейозе происходят два деления, следующие один за другим непрерывно. Первое деление – редукционное, с

уменьшением числа хромосом, второе – по типу митоза. Оба деления включают те же фазы, что и митоз. Перед первым делением мейоза в клетках происходит синтез ДНК, а значит удвоение хромосом (образование двух хроматид).

В профазе первого деления мейоза после спирализации гомологичные хромосомы соединяются друг с другом по всей длине и скручиваются. Этот процесс соединения гомологичных хромосом называется *конъюгацией*. Во время конъюгации происходит обмен участками – генами (наследственной информацией), образуя тетрады (биваленты), после конъюгации гомологичные хромосомы отделяются друг от друга. В метафазе образуется веретено деления, и хромосомы располагаются в плоскости экватора. В анафазе-1 к полюсам клетки отходят гомологичные хромосомы части бивалентов. В результате число хромосом в клетке уменьшается вдвое. В другой части бивалентов расходятся только хроматиды. Телофаза-1 и интерфаза проявляются не всегда. Вслед за первым делением наступает второе деление мейоза, при котором каждое из дочерних ядер делится митотическим путем. При этом у части бивалентов, у которых при первом делении расходились хромосомы, расходятся только хроматиды, а у других – хромосомы. В результате у одной особи образуются половые клетки с различными по генетическому составу хромосомами.

Биологическое значение мейоза в том, что это – важный этап жизненных циклов, включающих половое размножение. Мейоз ведет к уменьшению количества генетического материала вдвое. Благодаря этому в ряде поколений, размножающихся половым путем, это количество остается постоянным.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛЕТКИ

1. Неорганические вещества клетки

В микроскопической клетке содержится несколько тысяч веществ, которые участвуют в разнообразных химических реакциях. Химические процессы, протекающие в клетке, - одно из основных условий ее жизни и развития.

Все клетки животных и растительных организмов, а также микроорганизмов сходны по химическому составу, что свидетельствует о единстве органического мира. Из 109 элементов периодической системы Менделеева в клетках обнаружено значительное их большинство. Одни элементы содержатся в клетках в относительно большом количестве (*макроэлементы*), другие - в малом (*микроэлементы*). Особенно велико содержание в клетке четырех элементов – *кислорода, углерода, азота и водорода*. В сумме они составляют почти 98% всего содержимого клетки. Следующую группу представляют восемь элементов, содержание которых в клетке исчисляется десятками и сотыми долями процента. Это – *сера, фосфор, хлор, калий, магний, натрий, кальций, железо*. В сумме они составляют 1,9%. Все остальные элементы (*марганец, медь, йод, кобальт* и др.) содержатся в клетке в очень малых количествах (меньше 0,01%).

Из химических соединений на первом месте среди веществ клетки стоит *вода* (H_2O). Она составляет почти 80% массы клетки. Вода – важнейший компонент клетки не только по количеству. Ей принадлежит существенная и многообразная роль в жизни клетки. Вода определяет физические свойства клетки – ее объем, упругость. Велико значение воды в образовании структуры молекул органических веществ, в частности, структуры белков. Велика роль воды как растворителя: многие вещества поступают в клетку из внешней среды в водном растворе, и в водном же растворе отработанные продукты выводятся из клетки. Вода непосредственно участвует во многих химических реакциях (расщепление белков, жиров, углеводов и других веществ).

К неорганическим веществам клетки, кроме воды, относятся также *соли*. Для процессов жизнедеятельности из входящих в состав солей катионов наиболее важны катионы калия, натрия, кальция, магния, из анионов – анионы фосфорной, уксусной кислот, хлора. Концентрация катионов и анионов в клетке и в среде ее обитания, как правило, различна. Так, внутри клетки всегда довольно высокая концентрация ионов калия и очень малая – ионов натрия (например, в плазме крови) и, напротив, в морской воде мало ионов калия и много ионов натрия. Несмотря на то, что в процессе жизнедеятельности клетки непрерывно образуются кислоты и щелочи, в норме реакция клетки слабощелочная, почти нейтральная. Это обеспечивается анионами слабых кислот и слабыми кислотами, которые

связывают и отдают ионы водорода, в результате чего реакция внутренней среды клетки практически не изменяется. Неорганические вещества содержатся в клетке не только в растворенном, но и в твердом состоянии. Так, прочность и твердость костной ткани обеспечивается фосфатом кальция, а раковин моллюсков – карбонатом кальция.

На атомном уровне различий между химическим составом органического и неорганического мира нет. Различия обнаруживаются на более высоком уровне организации – *молекулярном*. В живых телах наряду с веществами, распространенными в неживой природе, содержится множество веществ, характерных только для живых организмов.

2. Органические вещества клетки

Основные органические (углеродсодержащие) соединения клетки – белки, липиды, углеводы, нуклеиновые кислоты и стероиды. Их молекулы часто называют биологическими молекулами.

Белки, их строение. Из органических веществ клетки на первом месте по количеству и значению стоят белки. В состав всех белков входят атомы углерода, водорода, кислорода, азота. Во многие белки, кроме того, входят атомы серы. Есть белки, в состав которых входят также атомы металлов – железа, цинка, меди. В отличие от других органических соединений белки обладают рядом особенностей. Всем белкам присуща огромная молекулярная масса (например, молекулярная масса гемоглобина – белка из красных кровяных клеток – может достигать 152 тыс.). В их построении участвуют тысячи атомов. Такие молекулы называют *макромолекулами*. Среди органических соединений белки самые сложные. Они относятся к соединениям, называемым *полимерами*. Молекула полимера представляет длинную цепь, в которой много раз повторяется одна и та же простая структура, называемая *мономером*. Белки состоят из сходных, но не вполне одинаковых мономеров.

Мономерами белков являются *аминокислоты*, молекула которых состоит из двух частей. Одна часть у всех аминокислот одинаковая. Она состоит из аминогруппы ($-NH_2$) и находящейся рядом карбоксильной группы ($-COOH$). Другая часть молекулы у всех аминокислот разная. Эта часть называется *радикалом*. Известно много разных аминокислот, но в качестве мономеров любых природных белков известно лишь 20 аминокислот (аланин, аргинин, аспарагин, аспарагиновая кислота, валин, гистидин, глицин, глутамин, глутаминовая кислота, изолейцин, лейцин, метионин, пролин, серин, тирозин, треонин, триптофан, фенилаланин, цистеин). Соединение аминокислот при образовании белковой молекулы осуществляется через *пептидные* связи и называется *пептидом*. Пептид из двух аминокислот называется *дипептидом*, из трех аминокислот – *трипептидом*, из многих аминокислот – *полипептидом*. Все белки представляют собой полипептиды, то есть цепи из многих десятков и даже сотен аминокислотных звеньев.

Каждый живой организм содержит большое число различных белков. При этом каждому виду присущи свойственные только данному виду белки.

Возможность существования огромного разнообразия белков можно объяснить тем, что белки различаются не только по составу аминокислот, но и по числу аминокислотных звеньев, по порядку следования в цепи. Чтобы понять строение белковой молекулы требуется знать его первичную, вторичную и третичную структуры. Последовательность аминокислотных остатков в молекуле белка определяет его *первичную* структуру. Это как бы формула белка. Чаще всего полипептидная цепь полностью или частично закручивается в спираль. Это – *вторичная* структура белка. Аминокислотные радикалы остаются снаружи спирали. Витки спирали располагаются тесно. Полипептидная спираль, скрепленная многочисленными водородными связями, представляет достаточно прочную структуру. Полипептидная спираль подвергается дальнейшей укладке, но для каждого белка вполне определенно и постоянно. В результате возникает конфигурация, называемая *третичной* структурой. В живой клетке обнаружено много других, еще более сложных организаций белка, например, *четвертичные*.

Белки в клетке выполняют многообразные функции. Прежде всего, это *строительная* функция. Из белков состоят мембраны клеток и клеточных органоидов. У высших животных в основном из белков состоят стенки кровеносных сосудов, сухожилия, хрящи и прочее. Большое значение имеет *каталитическая* функция белков. Клеточные катализаторы называются *ферментами*. По химической природе ферменты – белки. Каталитическая активность фермента определяется не всей его молекулой, а только небольшим ее участком – *активным центром* фермента. Каждая химическая реакция в клетке катализируется особым ферментом. Соответственно, в клетке обнаружено несколько тысяч разных ферментов. Белки выполняют также *сигнальную* функцию. Они способны изменять свою третичную структуру в ответ на действие факторов внешней среды. Белкам присуща также *двигательная* функция. Движение – одно из проявлений жизненной активности. Все виды движения, к которым способны клетки у высших животных, в том числе и сокращение мышц, а также мерцание ресничек у простейших, движение жгутиков, выполняют особые сократительные белки. Белки выполняют также *транспортную* функцию. Они способны присоединять различные вещества и переносить их из одного места клетки в другое. Белок крови – гемоглобин – присоединяет кислород и разносит его ко всем тканям и органам тела. Большое значение имеет *защитная* функция белков. При попадании в организм чужеродных белков или клеток вырабатываются особые белки, которые связывают и обезвреживают чужеродные клетки и вещества. Следует отметить *энергетическую* функцию белков. Белки распадаются в клетке до аминокислот. Часть их используется для синтеза белков, часть подвергается расщеплению, в ходе которого освобождается энергия.

Углеводы. Углеводы содержатся в животных клетках в небольшом количестве (около 1% от массы сухого вещества). Растительные же клетки очень богаты углеводами (до 70%). Углеводы представляют собой сложные

органические соединения, в состав которых входят атомы углерода, кислорода, водорода. Различают простые и сложные углеводы. Простые углеводы называют *моносахаридами*. Сложные углеводы представляют собой полимеры, в которых моносахариды играют роль мономеров. Их двух моносахаридов образуется *дисахарид*, из трех – *трисахарид*, из многих – *полисахарид*. Все моносахариды бесцветны, хорошо растворимы в воде, с приятным сладким вкусом. Самые распространенные из них – глюкоза, фруктоза, рибоза и дезоксирибоза. Из дисахаридов известны тростниковый и молочный сахар; из полисахаридов широко распространены крахмал (у растений), гликоген (у животных), клетчатка (целлюлоза). Мономерами этих полисахаридов является глюкоза. Биологическая роль углеводов в клетке также довольно велика. Они являются *источниками энергии*, необходимой для осуществления клеткой различных форм активности: движения, секреции, биосинтеза, свечения и т.д. Сложные по структуре, богатые энергией углеводы подвергаются в клетке глубокому расщеплению и в результате превращаются в простые соединения – оксид углерода и воду (CO_2 и H_2O). Кроме энергетической, углеводы выполняют и *строительную* функцию. Из целлюлозы состоят стенки растительных клеток.

Липиды содержатся во всех клетках животных и растений. Они представляют собой органические вещества, нерастворимые в воде. В химическом отношении большинство липидов представляет собой сложные эфиры *жирных кислот* и ряда *спиртов*. В построении липидов обычно участвуют трехатомный спирт *глицерин*, а также *сфингизин*, иногда *этиленгликоль*. В липидах жирные кислоты соединяются с молекулой спирта посредством сложноэфирных связей. Например, *глицериды* построены на основе глицерина. Если в состав липида входит остаток фосфорной кислоты, то такое соединение называется *фосфолипидом*.

Самые распространенные из липидов – *жиры*. Содержание жира в клетках невелико: 5-10% (от сухого вещества). Однако есть клетки, в которых около 90% жира. Такие клетки находятся у животных под кожей, в грудных железах, сальниках. Жир содержится в молоке всех млекопитающих. У растений большое количество жира находится в семенах и плодах, например, у подсолнечника, грецкого ореха. Кроме жира в клетках присутствуют и другие липиды: лецитин, холестерин. К липидам относятся некоторые витамины (А, D) (например, половые). Биологическое значение липидов также велико и разнообразно. Для них свойственна *строительная* функция. Тончайший слой этих веществ входит в состав клеточных мембран. Велико значение самого распространенного из липидов – жира – как источника *энергии*. В ходе расщепления жира освобождается в два раза больше энергии, чем при расщеплении углеводов. Отмечается значение жира как *источника воды*. Так, некоторые животные (верблюды, медведи, сурки) могут не пить длительное время. Необходимую для жизнедеятельности воду они получают в результате окисления жира. Жир выполняет и *защитную* функцию. Он обладает низкой теплопроводностью. Откладываясь в значительных количествах под кожей некоторых животных, жир позволяет им переносить низкие температуры (северный медведь, кит и другие).

Стероиды представляют собой органические соединения, содержащие углерод, водород и кислород. К стероидам относятся, например, гормоны коркового вещества надпочечников и половые гормоны.

3. Химическая природа наследственного материала

Нуклеиновые кислоты – ДНК и РНК. Материальным субстратом наследственности и изменчивости являются нуклеиновые кислоты, которые были обнаружены Ф. Мишером в 1868 г. в клеточных ядрах. Нуклеиновые кислоты являются макромолекулами, т.к. отличаются большой молекулярной массой. Они имеют огромное биологическое значение в хранении и передаче наследственных свойств клетки и в синтезе белков, определяющих эти свойства. Существует два вида нуклеиновых кислот: *дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)* и *рибонуклеиновая кислота (РНК)*.

Роль хранения наследственной информации у всех клеток – животных и растений – принадлежит *ДНК*. Молекула ДНК представляет собой две спирально закрученные одна вокруг другой нити. Каждая нить ДНК представляет собой *полимер*, мономерами которого являются *нуклеотиды*. *Нуклеотид* – это химическое соединение остатков трех веществ: *азотистого основания, углевода* (моносахарида – *дезоксирибозы*) и *фосфорной кислоты*. В органическом мире известны четыре вида нуклеотидов, которые отличаются только по азотистым основаниям: *аденин (А), гуанин (Г), тимин (Т) и цитозин (Ц)*. Каждая нить ДНК представляет собой *полинуклеотид*, в длинной цепи которого нуклеотиды соединены в строго определенном порядке. Нити двойной спирали ДНК удерживаются, благодаря возникающим водородным связям, причем против аденина одной цепи всегда оказывается Тимин на другой цепи, а против гуанина – всегда цитозин. В каждом из этих сочетаний оба нуклеотида как бы дополняют (*комплементируют*) друг друга. ДНК содержится в ядре клетки, в митохондриях и хлоропластах. В ядре ДНК входит в состав хромосом, где она находится в соединении белком. Принцип комплементарности, лежащий в основе структуры ДНК, позволяет понять, как синтезируются новые молекулы ДНК перед делением клетки. Способность молекулы ДНК к удвоению определяет передачу наследственных свойств от материнской клетки к дочерним.

Структуры *РНК* сходны со структурами ДНК. Это – тоже полинуклеотид, но в отличие от ДНК, молекула РНК состоит из одной цепи, углевод – *рибоза* и, вместо азотистого основания тимина, в РНК входит близкое по строению основание – *урацил (У)*. В клетке имеется несколько видов РНК. Все они участвуют в синтезе белка. *Транспортные РНК (тРНК)* связывают аминокислоты и транспортируют их к месту синтеза белка. *Информационные РНК (иРНК)* переносят информацию о структуре белка от ДНК к месту синтеза белка. *Рибосомные РНК (рРНК)* входят в состав рибосом.

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

1. Условия, обеспечивающие обмен веществ между клеткой и окружающей средой

В регулировании обмена веществ между клеткой и окружающей средой большое значение имеет *плазматическая мембрана*, так как через нее в клетку поступают все питательные вещества и выходят наружу все отходы или продукты секреции. Мембрана задерживает проникновение в клетку одних веществ и облегчает поступление других. Клетки почти всегда окружены водной средой. Это может быть пресная или морская вода (для простейших организмов), тканевый сок (высшие растений), плазма или внеклеточная жидкость (высшие животные). Плазматическая мембрана пронизана ультрамикроскопическими порами, через которые проходят определенные вещества. Широко распространена так называемая *элементарная мембрана*, имеющая трехслойное строение (два слоя белка, разделенные слоем липида). У растений, кроме того, все клетки имеют толстую клеточную стенку, состоящую из целлюлозы и лежащую снаружи от плазматической мембраны. Клеточная стенка во многих местах также пронизана мельчайшими отверстиями, через которые протоплазма одной клетки соединяется с протоплазмой других, соседних с ней клеток. Через эти отверстия вещества могут переходить из одной клетки в другую. Для всех молекул в жидкостях и газах характерно свойство перемещаться во всех направлениях до тех пор, пока они не распределятся равномерно по всему доступному пространству (*пассивный перенос*). Распространение молекул из области их высокой концентрации в область более низкой концентрации, обусловленное их тепловым движением, называется *диффузией*.

Диффузия растворенного вещества через полупроницаемую мембрану называется *диализом*. Все клеточные мембраны обладают дифференциальной проницаемостью. Диффузия молекул воды или другого растворителя через мембрану из области более высокой концентрации в область более низкой концентрации называется *осмосом*. *Осмотическим давлением* вызывается стремлением молекул воды пройти сквозь полупроницаемую мембрану и выровнять концентрацию воды по обе стороны мембраны.

В жидком содержимом всякой живой клетки растворены соли, сахара и другие вещества, благодаря которым оно обладает осмотическим давлением. Жидкость в клетках, помещенных в раствор с одинаковым осмотическим давлением, называют *изотонической* или *изоосмотической*. В норме плазма крови и все жидкости организма *изотоничны*. Они содержат такое же количество растворенного материала, как и клетки.

Если концентрация растворенных веществ в окружающей жидкости выше, чем внутри клетки, то вода стремится выйти наружу, и клетка съеживается.

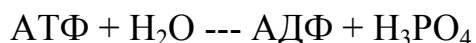
Такую жидкость называют *гипертонической* (гипертонический раствор) по отношению к клетке. Если в жидкости меньше растворенного материала, чем в клетке, ее называют *гипотонической* (гипотонический раствор). Для растительных клеток характерен *тургор* – это внутреннее давление, возникающее в клетке по мере поступления воды, которое препятствует дальнейшему ее проникновению в клетку. Проникновение (*пиноцитоз*) макромолекул, белков, липидов и других веществ в клетку называется *эндоцитозом*. Выделение этих веществ – *экзоцитозом*.

2. Особенности пластического и энергетического обмена

В живых клетках разных организмов происходит непрерывное движение веществ – из внешней среды в клетку и из клетки во внешнюю среду. Обмен веществ выполняет две функции. Первая функция – *обеспечение клетки строительным материалом*. Из веществ, поступающих в клетку – аминокислот, глюкозы, органических кислот, нуклеотидов – в клетке непрерывно происходит синтез белков, углеводов, липидов, нуклеиновых кислот. Из них формируются все структуры клетки. Совокупность реакций, обеспечивающих построение клетки и обновление ее состава, носит название *пластического обмена* или *ассимиляции*. Из реакций пластического обмена важнейшее значение имеет биосинтез белков. Жизнедеятельность клетки сохраняется, благодаря постоянному обновлению молекул белков.

Вторая функция обмена веществ - *обеспечение клетки энергией*. Жизнедеятельность клеток нуждается в затрате энергии. Для энергообеспечения клетки используется энергия химических реакций, которая освобождается в результате расщепления поступающих веществ. Совокупность реакций, обеспечивающих клетки энергией, называют *энергетическим обменом* или *диссимиляцией*. Пластический и энергетический обмены неразрывно связаны между собой. Эти процессы являются основным условием поддержания жизни клетки, источником ее роста, развития и функционирования. Живая клетка представляет собой открытую систему, поскольку между клеткой и окружающей средой постоянно происходит обмен веществ и энергии.

В энергетическом и пластическом обменах клетки большая роль принадлежит *аденозинтрифосфорной кислоте (АТФ)*. По химической структуре АТФ относится к нуклеотидам. В ней так же содержатся остатки азотистого основания (аденина), углевода (рибозы) и три остатка фосфорной кислоты, чем она отличается от обычных нуклеотидов. Молекулярная структура АТФ нестабильна. Под влиянием специфических ферментов она подвергается гидролизу и расщепляется:



при этом фосфорный остаток дает фосфорную кислоту, а АТФ превращается в аденозиндифосфорную кислоту (АДФ). Эта реакция сопровождается

циклом лимонной кислоты или циклом Кребса, или циклом трикарбоновых кислот.

3. Способы получения энергии

Пластический и энергетический обмены в клетках растений и животных сходны. В клетках растений протекают те же этапы энергетического обмена – бескислородный и кислородный процессы. Однако в клетках растений, содержащих хлорофилл протекают и специфические процессы, имеющие большое значение для живой природы. Растительные клетки способны синтезировать органические вещества из простых неорганических соединений, используя для этого энергию солнечного излучения. Синтез органических соединений, идущий за счет энергии солнечного излучения, называется *фотосинтезом*, который можно выразить следующим суммарным уравнением:



В ходе этого процесса из веществ, бедных энергией, - оксида углерода и воды – образуется углевод глюкоза – богатое энергией вещество. В результате фотосинтеза образуется также молекулярный кислород, который через мембрану диффундирует и выделяется в атмосферу.

Фотосинтез – сложный многоступенчатый процесс. Различают *световую фазу* фотосинтеза и *темновую фазу* фотосинтеза. Центральная роль в фотосинтезе принадлежит хлорофиллу – органическому веществу, которое преобразует энергию солнечного излучения в энергию химических связей. Молекулы хлорофилла встроены в мембранные структуры хлоропласта (граны) и находятся в окружении молекул белков, липидов и других веществ. Процесс фотосинтеза начинается с освещения хлоропласта видимым светом. Фотон, попав в молекулу хлорофилла, приводит ее в возбужденное состояние: ее электроны перескакивают на высшие орбиты. Один из таких электронов переходит на молекулу – переносчика, который уносит его на другую сторону мембраны. Молекула хлорофилла восстанавливает потерю электрона, отбирая его от молекулы воды. В результате этого молекулы воды разлагаются на протоны и атомы кислорода, который выделяется в атмосферу. Протоны же накапливаются в гране. Таким образом, по одну сторону мембраны собираются положительно заряженные протоны, по другую – частицы с отрицательным зарядом. Когда величина протонного потенциала достигает критического уровня, сила электрического поля проталкивает протоны через канал в молекуле фермента АТФ – синтетазы, встроеной в мембраны гран. Освобождающаяся при этом энергия тратится на синтез АТФ, которая переправляется в те места хлоропласта, где происходит синтез углеводов. Протоны, оказавшиеся на другой стороне мембраны соединяются с электронами, доставленными молекулами-

переносчиками в те места хлоропласта, где идет синтез углеводов. Таким образом, энергия солнечного излучения порождает три процесса: образование молекулярного кислорода в результате разложения воды, синтез АТФ, образование атомарного водорода. Эти три процесса происходят на свету и являются составляющими *световой фазы* фотосинтеза.

Темновая фаза фотосинтеза связана с образованием углеводов и представляет собой ряд последовательных реакций. Эти реакции протекают как на свету, так и в темноте. В результате из оксида углерода и воды образуются углеводы. Для темновых реакций в хлоропласт непрерывно поступают исходные вещества и энергия. Оксид углерода поступает в лист из окружающей атмосферы, водород образуется в световую фазу фотосинтеза в результате расщепления воды. Источником энергии служит АТФ, которая также синтезируется в световую фазу фотосинтеза. Все эти вещества трансформируются в хлоропласт, где и осуществляется синтез углеводов. В изучение процесса фотосинтеза внес большой вклад русский ученый К.А.Тимирязев.

Хемосинтез. Способность синтезировать органические вещества из неорганических свойственна также некоторым видам бактерий, хотя мобилизация энергии у них совершенно другая, нежели у растительных клеток. Бактерии обладают специальным ферментным аппаратом, позволяющим им преобразовывать энергию химических реакций (реакции окисления неорганических веществ) в энергию синтезируемых органических соединений. Этот процесс называется *хемосинтезом*. Примером микроорганизмов, осуществляющих хемосинтез, являются *азотфиксирующие* и *нитрифицирующие* бактерии. У первых - источником энергии служит реакция окисления аммиака в азотную кислоту. Вторые – используют энергию, выделяющуюся при *окислении азотистой кислоты в азотную*.

Хемосинтез свойствен также для *железобактерий*, которые используют энергию, освобождающуюся при *окислении двухвалентного железа в трехвалентное*. *Серобактерии* окисляют *сероводород* до серной кислоты.

По способу получения энергии все организмы делятся на две группы: *автотрофные* и *гетеротрофные*. Автотрофы – это организмы (зеленые растения), использующие для построения своего тела неорганические соединения.

В зависимости от того, какой источник энергии используется автотрофными организмами для синтеза органических соединений, их делят на *фототрофы* и *хемотрофы*. Для фототрофов источником энергии служит свет, а хемотрофы используют энергию, освобождающуюся при окислительно – восстановительных реакциях.

Организмы, не способные сами синтезировать органические соединения из неорганических нуждаются в доставке их из окружающей среды. Такие организмы называются *гетеротрофными* (большинство бактерий, грибы, все животные). Животные, питающиеся путем захвата твердых частиц, называются *голозойными*, а способ питания – *голозойным*.

Сапротрофы (сапрофиты) – бактерии, грибы, некоторые растения, питающиеся за счет готового органического вещества, разлагая животные и растительные остатки.

Паразитизм - форма антагонистических отношений – сожительство разных организмов, один из которых является *паразитом*, а другой – *хозяином*. Паразитизм широко распространен среди низших растений и животных. Вирусы существуют только в условиях паразитизма.

РАЗМНОЖЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ

1. Общее понятие о бесполом и половом размножении

Одно из свойств живого – дискретность, т.е. на любом уровне организации живая материя представлена элементарными структурными единицами. Для клетки – это органоид, и ее целостность обуславливается постоянным воспроизведением новых органоидов, вместо износившихся. Каждый организм состоит из клеток. Развитие и существование организма обеспечивается размножением клеток.

Животный мир и мир растений состоит из отдельных видов. Каждая особь данного вида смертна, и существование вида поддерживается размножением организмов. Таким образом, дискретность жизни предполагает ее воспроизводство, т.е. процесс размножения. Другими словами, размножение можно определить как свойство организмов оставлять потомство.

Известны две основные формы размножения: бесполое и половое. При бесполом размножении новый организм развивается из одной или нескольких клеток материнского организма без слияния с какой-либо другой клеткой (или клетками). Бесполое размножение широко распространено среди растений, чем они отличаются от животных, у которых бесполом путем размножаются лишь некоторые низшие животные.

Бесполое размножение обычно подразделяют на собственно бесполое и вегетативное. При собственно бесполом размножении на растении или внутри него образуются специальные клетки или небольшие группы клеток, носящие названия спор (греч. – посев), они отделяются от материнского растения, разносятся ветром, животными, водой и, попав в благоприятные условия, прорастают, образуя новое растения. В водной среде споры образуют жгутики, при помощи которых они передвигаются, и поэтому называются зооспорами. Спорообразование встречается и у простейших (тип споровиков). Многие простейшие (амеба, эвглена зеленая и др.) размножаются путем обычного митотического деления клетки.

Как у одноклеточных, так и у многоклеточных организмов способом бесполого размножения служит также почкование (например, у дрожжевых грибов, у некоторых инфузорий). Почкование заключается в том, что на материнской клетке вначале образуется небольшой бугорок, содержащий ядро, – почка. Она растет, достигает размеров, близких к материнским, и затем отделяется, переходя к самостоятельному существованию. У многоклеточных (например, у пресноводной гидры) почка состоит из группы клеток. Почка растет, удлиняется, на переднем ее конце появляется ротовое отверстие, окруженное щупальцами. Почкование завершается образованием маленькой гидры, которая затем отделяется.

У многоклеточных животных бесполое размножение осуществляется также путем деления тела на две части (медузы, кольчатые черви) или же путем фрагментации тела на несколько частей (плоские черви, иглокожие). Из таких частей развиваются полноценные особи.

У растений широко распространено вегетативное размножение, т.е. размножение частями тела: корневищами, клубнями, луковицами, черенками, усами, грибницей у грибов и т.д. В основе вегетативного размножения лежит широко распространенная у растений способность к регенерации, т.е. к возобновлению утраченных органов или частей тела или вообще к развитию из отдельных участков тела вновь всего растения. У животных способность к регенерации наблюдается сильнее у видов, стоящих на низшей ступени развития. Так, например, вегетативное размножение характерно для отдельных представителей класса многощетинковых кольчатых червей. При такой форме размножения тело червя фрагментируется, отдельные части отделяются друг от друга и дают начало самостоятельным организмам. В этом случае также, по-видимому, лежит способность к полноценной органной регенерации – восстановлению утраченных органов, характерной для многих беспозвоночных и некоторых позвоночных животных (амфибии).

Бесполое размножение эволюционно возникло раньше полового, но с его помощью в благоприятных условиях численность вида может быстро увеличиться. При любых формах бесполого размножения все потомки имеют генотип, идентичный материнскому. При делении клетки в интерфазе митоза происходит точное удвоение генетического материала, в результате которого каждая из дочерних клеток получает наследственную информацию, сходную с таковой у материнской клетки. Становится понятным, почему все особи при бесполом размножении генетически сходны, они не отличаются разнообразием.

2. Особенности полового размножения

Половое размножение состоит в том, что сливаются две клетки, носящие название гамет, в результате чего образуется одна клетка, носящая название зиготы, из которой затем развивается новый организм. Гаметы могут происходить из одного или из разных организмов. Если гаметам не удастся слиться, то они в большинстве случаев погибают, не давая потомства. При половом размножении образуется качественно новый организм, отличный от материнского, за счет слияния двух различных клеток: мужской и женской, несущих различные наследственные признаки. Такой процесс нередко называют воспроизведением.

Половое размножение имеет очень большие эволюционные преимущества, по сравнению с бесполом. Это обусловлено тем, что генотип потомков возникает путем комбинации генов, принадлежащих обоим родителям. В результате повышаются возможности организмов в приспособлении к условиям окружающей среды. Поскольку новые комбинации осуществляются в каждом поколении, то приспособленными к

новым условиям существования может оказаться гораздо большее число особей, чем при бесполом размножении. Появление новых комбинаций генов обеспечивает более успешное и быстрое приспособление вида к меняющимся условиям обитания. Таким образом, сущность полового размножения заключается в объединении в наследственном материале потомка генетической информации из двух разных источников – родителей.

При слиянии половых ядер хромосомы их не сливаются, а получившееся в результате слияния так называемое копуляционное ядро будет иметь двойной набор ($2n$) хромосом и называться диплоидным; ядра гамет, имеющие вдвое меньшее число хромосом (n), называют гаплоидными. Каждый вид растений и животных характеризуется определенным диплоидным и вдвое меньшим, гаплоидным, числом хромосом. Переход от гаплоидного к диплоидному совершается при оплодотворении, обратный – от диплоидного к гаплоидному – при редукционном делении ядра.

Таким образом, в жизненном цикле каждого организма, имеющего половое размножение, мы находим так называемую смену ядерных фаз – гаплоидной и диплоидной, и соответствующее им чередование поколений – полового и бесполого. У растений половое поколение называют гаметофитом, бесполое – спорофитом.

3. Развитие половых клеток (гаметогенез)

Большинство животных размножается только половым путем. Размеры и форма половых клеток различаются у разных видов беспозвоночных и позвоночных. Женские половые клетки – яйцеклетки – имеют чаще всего округлую форму. Они неподвижны. У животных образование женских половых клеток происходит в яичниках, у растений – в архегониях или в зародышевом мешке. Процесс образования, роста и созревания яйцеклетки от первичной половой клетки до зрелой называется оогенезом.

Мужские половые клетки – сперматозоиды – отличаются от яйцеклеток значительно меньшими размерами и подвижностью. Они неподвижны лишь у некоторых голосеменных и у всех покрытосеменных растений, называются спермиями и доставляются к яйцеклеткам пыльцевыми трубками. Процесс образования и развития сперматозоидов называется сперматогенезом. У споровых растений он происходит в антеридиях, у семенных растений – в пыльцевых зернах, у животных – в семенниках.

Разделение полов имеет также эволюционные преимущества. Оно создает возможность специализации родителей по строению и поведению, способствует развитию различных форм заботы о потомстве. При этом самцы могут играть большую роль в охране семьи, охоте, а также участвовать в конкуренции за самку – половом отборе.

В процессе образования половых клеток выделяют ряд стадий. Первая стадия – период размножения, в котором первичные половые клетки делятся путем митоза, в результате чего увеличивается их число. При сперматогенезе размножение первичных половых клеток очень интенсивное, оно начинается

с наступлением половой зрелости и протекает в течение всего репродуктивного периода, постепенно затухая лишь к старости. Размножение женских половых клеток (первичных) у низших позвоночных продолжается также почти всю жизнь, а у млекопитающих, в том числе у человека, эти клетки с наибольшей интенсивностью размножаются лишь во внутриутробном периоде развития плода и сохраняется в состоянии покоя до полового созревания.

Второй период – период роста. У незрелых мужских гамет он выражен нерезко, их размеры увеличиваются незначительно. Напротив, незрелые яйцеклетки – овоциты – в размерах увеличиваются иногда в сотни, тысячи и даже в миллионы раз. Он может продолжаться от нескольких дней и недель (у одних видов) до нескольких месяцев и годы (у других видов). В это время в будущей половой клетке синтезируются многочисленные белки и большое количество разнообразных РНК.

Следующий период – период созревания. Клетки, вступающие в этот период, уже содержат удвоенное количество ДНК. В процессе созревания в них уменьшается (редуцируется) число хромосом, т.е. из диплоидного набора ($2n$) образуется гаплоидный (n). Закономерности прохождения мейоза в мужских и женских половых клетках по существу одинаковы. Сущность мейоза состоит в том, что в профазе – 1 гомологичные хромосомы сблизаются (конъюгируют), и пара конъюгированных хромосом образует бивалент (или тетраду). Между хромосомами, составляющими бивалент, может происходить обмен одинаковыми (гомологичными) участками, содержащими одни и те же гены. Такой процесс носит название кроссинговера. Число возможных комбинаций очень велико, благодаря случайности расхождения отцовских и материнских хромосом и обмену гомологичными участками хромосом. Каждая образующаяся клетка генетически уникальна, т.к. несет только свойственный ей набор генов. Следовательно, мейоз – основа комбинативной генотипической изменчивости.

Второе деление мейоза протекает как обычное митотическое деление, но уже каждая клетка в следующем делении гаплоидна. С завершением телофазы – 2 заканчивается весь процесс мейоза. Таким образом, из исходной первичной половой клетки образуются четыре гаплоидные клетки с хромосомным набором $1n1c$ (где c – количество ДНК), т.е. сущность периода созревания состоит в том, что в половых клетках путем двукратного мейотического деления число хромосом уменьшается вдвое, а количество ДНК – вчетверо. Количество ДНК приводится в соответствие хромосомному набору.

У особей мужского пола все четыре гаплоидные клетки в дальнейшем преобразуются в гаметы – сперматозоиды. У особей женского пола лишь из одной клетки получается жизнеспособное яйцо. Три другие дочерние клетки гораздо мельче, они превращаются в редуцированные тельца и в скором времени погибают. Биологический смысл этого обусловлен необходимостью

сохранения в одной клетке всех запасных питательных веществ, которые понадобятся для развития будущего зародыша.

В дальнейшем половые клетки приобретают определенную форму и размеры, соответствующие их специфической функции. Женские половые клетки в процессе созревания покрываются оболочками и готовы к оплодотворению. Функция сперматозоидов состоит в доставке в яйцеклетку генетической информации и стимуляции ее развития. В связи с этим она подвергается глубокой перестройке. Сформированный сперматозоид имеет головку, в которой сосредоточен аппарат Гольджи, шейку с компактно упакованными митохондриями и хвост.

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ (ОНТОГЕНЕЗ)

1. Эмбриональный период развития

Большинству водных организмов свойственно внешнее осеменение. У животных, обитающих на суше, развиваются наружные половые органы, обеспечивающие перенос семенной жидкости из половых путей самца в половые пути самки, где и наступает оплодотворение. Это внутреннее осеменение.

Оплодотворение представляет собой процесс слияния сперматозоида с яйцеклеткой, в результате чего возникает первая одноклеточная стадия развития зародыша – стадия зиготы. В зиготе восстанавливается характерный для данного вида диплоидный набор хромосом. В каждой паре гомологичных хромосом одна хромосома отцовская, другая – материнская.

Вскоре после оплодотворения происходит синтез ДНК, хромосомы удваиваются, и наступает первое деление ядра зиготы, которое осуществляется путем митоза и представляет собой начало развития зародыша – нового организма. Развитие женских и мужских гамет и оплодотворение у растений происходит так же, как у животных.

У покрытосеменных растений половой процесс получил название двойного оплодотворения, которое было открыто русским ученым С.Г. Навашиным (1898 г.). Его значение состоит в том, что оба спермия, находящиеся в пыльцевой трубке достигают зародышевого мешка и участвуют в оплодотворении. Один спермий сливается с яйцеклеткой, образуя диплоидную зиготу, второй спермий сливается с диплоидным центральным ядром, в результате чего возникает триплоидный эндосперм.

В природе у многих видов растений и животных встречается еще одна форма полового размножения – партеногенез – развитие зародыша из неоплодотворенной яйцеклетки без участия сперматозоидов (например, среди растений – у сложноцветных, среди животных – у насекомых).

После оплодотворения начинается индивидуальное развитие животных или растений – онтогенез, который, проходя несколько этапов развития, завершается старением и смертью особи. У животных оплодотворенная клетка – зигота – претерпевает ряд быстро следующих друг за другом митотических делений, которые называются дроблением. Зигота делится в продольном и поперечном направлениях, образуя большое число клеток – бластомеров. На ранней стадии развития зародыша животных скопление бластомеров без обособленной полости называется морулой. В результате последующего дробления и увеличения числа клеток размеры бластомер уменьшаются, и образуется шарообразный зародыш с полостью внутри – бластула, клетки стенки которой располагаются в один слой.

В течение следующей стадии развития зародыш становится двухслойным, причем внутренний слой образуется путем впячивания внутрь полости бластулы клеток ее стенки. Эту двухслойную стадию развития называют гастролой. Наружный слой гастролы называют эктодермой, внутренний слой – энтодермой. Эктодерма и энтодерма являются зародышевыми листками. Образовавшаяся путем впячивания полость представляет собой полость первичного кишечника, открывающуюся наружу отверстием – первичным ртом. Дальнейшее развитие гастролы связано с образованием третьего зародышевого листка – мезодермы, обособлением хорды, формированием кишечника и развитием центральной нервной системы. С самого начала развития нервной трубки передний конец ее расширен, который на следующих стадиях развития превращается в головной мозг. Эктодерма дает начало и внешним покровам организма, органам зрения и слуха. Во время этих процессов изменяется внешний вид зародыша. Он удлиняется, обособляется головной и туловищный отделы. Энтодерма образует кишечник вначале в форме прямой трубки. Возникает ротовое и анальное отверстия. Из выростов стенки кишечной трубки развиваются печень и желудок, а также другие органы пищеварительной системы. Легкие в своем развитии тоже связаны с передней кишкой. Они развиваются из выроста кишечника. Из мезодермы формируются мускулатура, костные элементы скелета, кровеносная система, выделительная система, половые органы. Зародыш животных развивается как единый организм, в котором все клетки, ткани и органы находятся в тесном взаимодействии. Стадии развития многоклеточного зародыша называются периодом эмбрионального развития.

На ранних стадиях развития зародыши всех позвоночных очень похожи. Это сходство свидетельствует об общности их происхождения. В дальнейшем происходит расхождение и проявление признаков класса, рода, вида, характерных для данной особи. Расхождение признаков называется эмбриональной дивергенцией. Появление в эмбриональном периоде развития современных животных признаков, свойственных далеким предкам, отражает эволюционные преобразования в строении органов. Глубокую связь между индивидуальным развитием организмов и их историческим развитием Ф. Мюллер и Э. Геккель отразили в биогенетическом законе, который был сформулирован ими в XIX веке: онтогенез каждой особи есть краткое и быстрое повторение филогенеза вида, к которому эта особь относится. Но повторение признаков в онтогенезе касается не взрослых особей, а их зародышей, что отмечал российский ученый А.Н. Северцов. Филогенез рассматривается теперь как исторический ряд отобранных естественным отбором онтогенезов.

2. Постэмбриональный период развития

В онтогенезе после периода эмбрионального развития наступает период постэмбрионального развития. Он начинается с момента выхода организма из яйцевых оболочек. В этом периоде различают два типа развития: прямое,

когда рождающийся организм сходен со взрослым, и не прямое с метаморфозом, когда эмбриональное развитие приводит к образованию личинки, которая отличается от взрослого организма по многим признакам внешнего и внутреннего строения, по характеру питания, движения и другим особенностям. Большинство позвоночных животных имеют прямое развитие. К животным с непрямым развитием относятся кишечнополостные, черви, ракообразные, насекомые, из позвоночных – амфибии.

Постэмбриональный период развития имеет разную продолжительность. В зависимости от видовой принадлежности одни организмы живут несколько часов, другие – несколько дней или месяцев. У большинства же животных и растений постэмбриональный период более продолжительный. У человека он включает дорепродуктивный период, характеризующийся интенсивным ростом и завершающийся половым созреванием, репродуктивный период – стадию зрелости и пострепродуктивный период – стадию старости.

У млекопитающих и человека наблюдается известная зависимость продолжительности жизни от длительности полового созревания и беременности. Обычно продолжительность жизни превышает дорепродуктивный период онтогенеза в 5-8 раз.

Постэмбриональное развитие сопровождается ростом. Различают рост неопределенный, продолжающийся в течение всей жизни. Такой рост наблюдается у древесных форм растений, у которых стебель нарастает в течение всей жизни, у некоторых моллюсков, из позвоночных – у рыб, из млекопитающих – у крыс.

Определенный рост ограничен каким-то сроком. Так, у многих животных рост прекращается вскоре после достижения ими полового созревания. У человека рост заканчивается в 20-25 годах. В старческом же периоде происходит некоторое уменьшение размеров тела. Это зависит от многих причин, таких как изменение характера деятельности эндокринных желез, прекращение гаметогенеза и ослабления физиологических функций.

Постэмбриональный период по особенностям и характеру развития у человека делится на несколько этапов: младенческий или грудной возраст (от рождения до года), детский (ранний и поздний – от года до 10 лет), подростковый (от 11 до 14 лет), юношеский (от 15 до 20 лет), молодой (от 21 до 35), зрелый возраст (от 35 до 45), средний (от 45 до 60), пожилой (от 60 до 74), старый (от 75 до 89), долгожители (более 90 лет). Кроме того, различают хронологический и биологический (или физиологический) возраст.

Степень зрелости и самостоятельности новорожденных детенышей у разных видов различна. Например, только что вылупившиеся птенцы или телята копытных животных сразу же могут бегать или идти за матерью, самостоятельно питаться. Многие же детеныши млекопитающих рождаются не самостоятельными, зависимыми от матери.

Растения в онтогенезе также проходят несколько этапов от зародыша семени до смерти (латентный, прегенеративный, генеративный и постгенеративный периоды). Причем, прегенеративный период делится на стадии (ювенильная, имматурная, виргинильная), генеративный период

делится на молодую, средневозрастную, старую стадии; постгенеративный период делится на субсенильную и сенильную стадии.

Таким образом, постэмбриональный период онтогенеза сводится к росту, половому созреванию и репродукции.

3. Биология старения организма

Старение – это закономерный процесс возрастных изменений организма, снижающий его адаптационные возможности и приводящий к старости. Организм человека, едва завершив свое развитие, начинает обратный путь – старение. Процессы старения называются инволюцией (свертывание). Быстрее всего стареет вилочковая железа (биологические часы), располагающаяся непосредственно за грудиной. Эта железа участвует в деятельности лимфатической системы и защищает организм от инфекций. У младенца она огромна и занимает значительную часть грудной клетки. Продолжая расти до 7-летнего возраста, она потом замедляет рост и уже по достижении половой зрелости начинает обратное развитие. У взрослого человека вилочковая железа сокращается до ничтожных размеров, а к старости от нее почти ничего не остается.

К 20-ти годам начинают стареть сосуды головного мозга – стенки артерий уплотняются, сужаются, кровоснабжение мозга ухудшается. В этом же возрасте теряет гибкость позвоночник. К 30-ти годам старению подвергаются уже многие органы. Это сказывается на здоровье и на внешности человека. К внешним признакам раннего старения относятся, например, потеря естественной влажности и эластичности кожи, что ведет к появлению первых морщин, волосы становятся ломкими, начинают седеть, а у мужчин образуются залысины. Далее процессы старения набирают скорость и инволюции подвергаются все большее число органов.

Наука о старости – геронтология – возникла около 100 лет назад. Эта наука изучает причины старения и способы борьбы с ним. Однако ученые еще не установили, является ли старение запрограммированным закономерным этапом развития или результатом неоднократных сбоев в работе генов, клеток, органов и систем нашего организма.

Так, некоторые ученые считают, что старение связано с накоплением соматических мутаций вследствие непрерывного воздействия космических и рентгеновских лучей. Такие мутации могли бы снижать способность клеток к нормальному функционированию. По всей вероятности, старение представляет собой часть нормального онтогенеза и обусловлено теми же процессами, какие приводят к повышению функциональной способности различных систем организма в более ранние периоды жизни. Возможно, что эти процессы запрограммированы в геноме. Подобно другим процессам развития, старение ускоряется с разной скоростью вследствие генетических различий между ними. Наилучшие шансы на долголетие дает долголетие ближайших прямых предков.

На процессы старения оказывают также большое влияние окружающая среда (городские и сельские жители), активный образ жизни (исключение вредных привычек), полноценное питание (но умеренность в еде).

Рост средней продолжительности жизни в экономически развитых странах в настоящее время связан с повышением жизненного уровня, качества питания, жилья, медицинской помощи, улучшением санитарно-гигиенических и эпидемиологических условий.

В целом старение приводит к прогрессивному повышению вероятности смерти. Таким образом, биологический смысл старения заключается в том, что оно делает неизбежной смерть организма. Последняя же представляет собой универсальный способ ограничить участие многоклеточного организма в размножении. Без смерти не было бы смены поколений – одного из главных условий эволюционного развития.

С точки зрения биологии смерть – это полное прекращение жизненных процессов организма. Когда, вследствие, болезни, травмы или старости жизненно важные органы (сердце, легкие, мозг, печень, почки) перестают функционировать, наступает смерть. Часто смерть связывают с остановкой сердца – прекращается кровообращение – клетки лишаются кислорода и погибают. Первыми погибают клетки мозга.

С развитием медицины остановка сердца и прекращение дыхания перестали считаться окончательной смертью. Необратимая биологическая (или соматическая) смерть наступает в результате гибели клеток мозга. Биологической смерти предшествует клиническая смерть, длящаяся около 3-6 минут. В течение этого времени мозг еще продолжает свою деятельность при остановке сердца. С помощью определенных воздействий организм может быть возвращен к жизни (реанимация).

Таким образом, состояние старости достигается благодаря изменениям, которые происходят в процессе старения. Этот процесс захватывает все уровни структурной организации особи – молекулярный, субклеточный, клеточный, тканевой, органный. Суммарный результат многочисленных частных проявлений старения на уровне целостного организма заключается в нарастающем с возрастом снижении жизнеспособности особи уменьшении эффективности приспособительных, гомеостатических механизмов, приводящих к концу онтогенеза, т.е. к смерти.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ

1. Основные понятия генетики

Генетика – сравнительно молодая наука, сформировалась в начале 20 века, когда, наконец, были признаны законы Г. Менделя, сформулированные им еще в 1865 г. С этого времени начинаются широкие исследования, в ходе которых были получены представления о мутациях, популяциях и чистых линиях организмов, хромосомной теории наследственности, гомологических рядах наследственной изменчивости и т.д.

Новый этап развития генетики связан с усовершенствованием микроскопической техники и методов научных исследований. Сложные современные приборы позволили установить строение нуклеиновых кислот, их значение в явлениях наследственности и расшифровать генетический код, а также выявить этапы биосинтеза белка.

Знание генетики помогает понять возникновение и развитие жизни на Земле. Установление связи между строением генов и белков привело к созданию молекулярной генетики. Выявлена генетическая основа многих заболеваний человека или предрасположенности к ним. Эти сведения помогают специалистам в области медицинской генетики установить точную причину заболевания и разработать меры профилактики и лечения людей. На знании генетики основана вся селекционная работа в сельском хозяйстве.

Генетика изучает два фундаментальных свойства живых организмов: наследственность и изменчивость. Наследственность – это свойство родителей передавать свои признаки и особенности развития следующему поколению. Благодаря этому свойству каждый вид животных или растений сохраняет на протяжении поколений характерные для него черты. Обеспечение преемственности признаков – одна из сторон наследственности, другая сторона – точная передача специфического для каждого вида организмов типа развития, т.е. становления в ходе онтогенеза определенных признаков и свойств и присущего только этому типу организмов обмена веществ.

Единицей наследственности и изменчивости является ген. Ген – это участок молекулы ДНК, который содержит информацию о структуре белка. Порядок нуклеотидов в молекуле ДНК, который определяет порядок аминокислот в молекуле белка, называется генетическим кодом. Генетический код триплетный, т.е. одну аминокислоту в молекуле полипептида определяет триплет (три нуклеотида). Триплет нуклеотидов называется кодоном.

Главная функция гена – кодирование (определение) синтеза белка в клетке. В синтезе которого участвуют ДНК, РНК, рибосомы, ферменты и АТФ. Синтез белка в клетке имеет несколько стадий. Первая стадия – транскрипция. Она происходит в ядре и заключается в переписывании

информации с ДНК на и-РНК. Информационная РНК (и-РНК) образуется на одной из нитей ДНК. Она повторяет порядок расположения нуклеотидов в молекуле ДНК.

Вторая стадия – выход и-РНК через ядерные поры в цитоплазму клетки и далее и-РНК идет в рибосомы. Несколько рибосом могут объединяться для синтеза молекул белка. Такая группа рибосом называется полисомой.

Третья стадия – трансляция. Трансляция – это переписывание информации с и-РНК на молекулу белка. Порядок аминокислот в молекуле белка определяется порядком кодонов в и-РНК. Транспортные РНК (т-РНК) приносят аминокислоты из цитоплазмы в рибосомы. У каждой аминокислоты есть своя транспортная РНК. Молекула т-РНК имеет формы креста. Один конец молекулы содержит триплет нуклеотидов, который называется антикодоном. На другом конце т-РНК фиксируется аминокислота.

Транспортные РНК со своими аминокислотами входят в рибосому. Если кодон и-РНК и антикодон т-РНК комплементарны друг другу, то т-РНК оставляет свою аминокислоту в рибосоме и свободная уходит в цитоплазму. Между соседними аминокислотами с помощью ферментов образуется пептидная связь. И-РНК передвигается в рибосоме на один кодон. После этого следующая т-РНК отдает свою аминокислоту. Так продолжается до того момента, пока вся и-РНК не пройдет через рибосому. Аминокислоты соединяются в молекулу белка в большой субъединице рибосомы.

Клетки, через которые осуществляется преемственность поколений, - специализированные (половые) при половом размножении и неспециализированные (соматические) при бесполом – несут в себе не сами признаки и свойства будущих организмов, а только задатки их развития. Эти задатки получили название генов. Ген определяет возможность развития отдельного элементарного признака или синтез одной белковой молекулы.

Признак, определяемый каким-либо геном, может и не развиваться. Возможность проявления признаков в значительной степени зависит от присутствия других генов, а также от условий внешней среды. У всех организмов одного и того же вида каждый конкретный ген располагается в одном и том же месте (или локусе), определенной хромосомы. В гаплоидном наборе хромосом имеется только один ген, ответственный за развитие данного признака. В диплоидном наборе хромосом (в соматических клетках) содержатся две гомологичные хромосомы и соответственно два гена, определяющих развитие какого-то признака. Гены, расположенные в одних и тех же локусах гомологичных хромосом и ответственные за развитие одного признака, называют аллельными. Для генов приняты буквенные обозначения. Если два аллельных гена полностью тождественны по структуре, т.е. имеют одинаковую последовательность нуклеотидов, их можно обозначить как АА. Два состояния гена представлены двумя аллелями: доминантным (А) и рецессивным (а).

Совокупность таких аллельных генов, определяющих многообразие вариантов признака, называют серией аллельных генов. Возникновение такой серии, вследствие неоднократного мутирования одного гена называют

множественным аллелизмом или множественным аллеломорфизмом. Множественный аллелизм характеризует разнообразие генофонда целого вида, т.е. является видовым, а не индивидуальным признаком. Генофонд – совокупность всех вариантов каждого из генов, входящих в состав генотипов определенной группы особей или целого вида.

Таким образом, совокупность всех генов одного организма называют генотипом. Однако генотип – это не просто сумма генов. Возможность проявления гена и форма его проявления зависят от условий среды. В понятие среды входят не только условия, в которых живет данный организм, не только условия, окружающие клетку, но и присутствие других генов. Гены взаимодействуют друг с другом и, оказавшись в одном генотипе, могут сильно влиять на проявление действия соседних генов. Таким образом, для каждого отдельно взятого гена существует генотипическая среда. В связи с этим генотип определяется как система взаимодействующих генов (по М.Е. Лобашеву).

Совокупность всех признаков организма называют фенотипом. Сюда относятся не только внешние, видимые признаки (цвет глаз, волос, форма уха или носа, окраска цветков), но и биохимические (структура белка, активность фермента, концентрация глюкозы в крови и т.д.), гистологические (форма и размеры клеток, строение тканей и органов), анатомические (строение тела и т.д.). Т.е. признаком может быть названа любая особенность строения, любое свойство организма, за исключением последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК. Под свойством понимают любую функциональную особенность организма, в основе которой лежит определенный структурный признак. Большинство признаков – условное обозначение отличительных черт организма: карие или голубые глаза, высокий или низкий рост, прямые или курчавые волосы. Даже простые признаки определяются многочисленными и сложными биохимическими процессами, каждый из которых обусловлен белком-ферментом – элементарным (т.е. простым) признаком.

2. Методы изучения и законы наследования признаков Г. Менделя

Задолго до Г. Менделя ученые, скрещивая между собой различные особи, пытались узнать, как наследуются родительские признаки. Однако они изучали сразу большое число признаков, что приводило к ошибочным выводам. Г. Мендель начал свои исследования с самого простого – различия родителей по одному-единственному признаку и постепенно усложняя задачу, надеясь распутать весь клубок закономерностей наследования признаков. Математичность подхода к постановке опытов позволил Менделю четко планировать дальнейшее усложнение экспериментов. Он выбирал для экспериментов организмы, относящиеся к чистым линиям, т.е. такие растения, в ряду поколений которых при самоопылении не наблюдалось расщепления по изучаемому признаку. Также он наблюдал за наследованием альтернативных признаков, т.е. взаимоисключающих

контрастных признаков. Например, цветки у одного растения пурпурные, у другого – белые, рост растения высокий или низкий. В своих опытах Мендель использовал горох, т.к. эти растения просто разводить, и они имеют короткий период развития. Кроме того, Мендель использовал сорта, четко отличающиеся друг от друга по одному или целому ряду признаков. Метод Менделя получил название гибридологического. Закономерности наследования признаков, выявленные Менделем, принято формулировать в виде законов, носящих всеобщий характер.

Первый закон Менделя – закон единообразия первого поколения. К этому результату привели опыты по моногибридному скрещиванию растений гороха. Скрещивание двух организмов называют гибридизацией. Потомство от скрещивания двух особей с различной наследственностью, называют гибридным, а отдельную особь – гибридом. Моногибридным называют скрещивание двух организмов, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных (взаимоисключающих) признаков. При таком скрещивании прослеживаются закономерности наследования только двух вариантов признака, развитие которого обусловлено парой аллельных генов. Все остальные признаки не принимаются во внимание. Если скрестить растения гороха с желтыми и зелеными семенами, то у всех полученных в результате этого скрещивания потомков – гибридов – семена будут желтыми. При скрещивании растений, имеющих гладкую и морщинистую поверхность, у гибридов семена будут гладкими. Следовательно, у гибридов первого поколения из каждой пары альтернативных признаков проявляется только один. Второй признак как бы исчезает, не проявляется. Преобладание у гибрида признака одного из родителей называется доминированием. Признак, проявляющийся у гибрида и подавляющий развитие другого признака называется доминантным (господствующим), а противоположный, подавляемый, признак – рецессивным. Доминантный признак принято обозначать прописной буквой, например А. Рецессивный – строчной – а. Растения, относящиеся к разным чистым линиям, потомки которых в длинном ряду поколений сходны с родителями, имеют одинаковые оба аллельных гена. Таким образом, если в генотипе организма (зиготы) есть два одинаковых аллельных гена, т.е. два абсолютно идентичных по последовательности нуклеотидов гена, такой организм называют гомозиготным по этому гену. Организм может быть гомозиготным по доминантным (АА или ВВ) или по рецессивным генам (аа или bb). Если же аллельные гены отличаются друг от друга по последовательности нуклеотидов, например, один из них доминантный, а другой рецессивный (Аа или Вb), то такой организм носит название гетерозиготного.

Таким образом, первый закон Менделя – закон единообразия гибридов первого поколения – можно сформулировать следующим образом: при скрещивании двух организмов, относящихся к разным чистым линиям (двух гомозиготных организмов), отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных признаков, все поколение гибридов (F_1) окажется единообразным и будет нести признак одного из родителей.

Неполное доминирование. В гетерозиготном состоянии доминантный ген не всегда полностью подавляет проявление рецессивного гена. В ряде случаев гибрид первого поколения F_1 не воспроизводит полностью ни одного из родительских признаков и выражение признаков носит промежуточный характер. Но все особи этого поколения проявляют единообразие по данному признаку. Так, при скрещивании ночной красавицы с красными цветками (AA) с растениями с белыми цветками (aa) в F_1 образуется промежуточная, розовая, окраска цветка (Aa): все потомки единообразны. Неполное доминирование – широко распространенное в природе явление.

Второй закон Менделя (закон расщепления). Если потомков первого поколения (F_1), одинаковых по изучаемому признаку, скрестить между собой, то во втором поколении признаки обоих родителей появляются в определенном числовом соотношении: $\frac{3}{4}$ особей будут иметь доминантный признак, $\frac{1}{4}$ – рецессивный. Явление, при котором скрещивание гетерозиготных особей приводит к образованию потомства, часть которого несет доминантный признак, а часть – рецессивный, называют расщеплением. Расщепление – это распределение доминантных и рецессивных признаков среди потомства в определенном числовом соотношении. Рецессивный признак в этом случае проявляется во втором гибридном поколении. Таким образом, второй закон Менделя можно сформулировать так: при скрещивании двух потомков первого поколения между собой (двух гетерозиготных особей) во втором поколении наблюдается расщепление в определенном числовом соотношении: по фенотипу – 3:1, по генотипу – 1:2:1. При неполном доминировании в потомстве гибридов (F_2) расщепление по генотипу и фенотипу совпадает (1:2:1).

Появление во втором поколении (F_2) рецессивного признака одного из родителей (P) может иметь место только при соблюдении двух условий: 1) если у гибридов наследственные факторы сохраняются в неизменном виде; 2) если половые клетки содержат только один наследственный фактор из аллельной пары. Расщепление признаков в потомстве при скрещивании гетерозиготных особей объясняется тем, что гаметы генетически чисты, т.е. несут только один ген из аллельной пары. Это позволило Менделю сформулировать закон чистоты гамет, который гласит: при образовании половых клеток в каждую гамету попадает только один ген из аллельной пары. Таким образом, цитологической основой расщепления признаков у потомства при моногибридном скрещивании является расхождение гомологичных хромосом и образование половых клеток в мейозе.

Третий закон Менделя – закон независимого комбинирования. Однако, организмы отличаются друг от друга по многим признакам. Установить закономерности наследования двух (и более) пар альтернативных признаков можно путем дигибридного или полигибридного скрещивания. Для дигибридного скрещивания Мендель взял гомозиготные растения гороха, отличающиеся по двум генам: окраске семян (желтые и зеленые) и форме семян (гладкие и морщинистые). Доминантные признаки – желтая окраска

(А) и гладкая форма (В) семян. Каждое растение образует один тип гамет по изучаемым аллелям. При слиянии этих гамет все потомство будет единообразным. Поскольку в каждом организме образуется много половых клеток, в силу статистических закономерностей у гибрида возникают четыре типа гамет в одинаковом количестве (по 25%): АВ, Ab, аВ, ab. Во время оплодотворения каждая из четырех типов гамет одного организма случайно встречается с любой из гамет другого организма. Все возможные сочетания мужских и женских гамет можно легко установить с помощью решетки Пеннета. Оказывается, что в дигибридном скрещивании каждая пара признаков при расщеплении в потомстве ведет себя так же, как при моногибридном скрещивании, т.е. независимо от другой пары признаков. При оплодотворении гаметы соединяются по правилам случайных сочетаний, но с равной вероятностью для каждой. В образующихся зиготах возникают различные комбинации генов, Независимое распределение признаков в потомстве и возникновение различных комбинаций генов, определяющее развитие этих признаков, при дигибридном скрещивании возможны лишь в том случае, если пары аллельных генов расположены в разных гомологичных хромосомах. Таким образом, третий закон Менделя гласит: при скрещивании двух гомозиготных особей, отличающихся друг от друга по двум (и более) парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях.

3. Взаимодействие генов (закон Моргана). Генетика пола.

Все законы Менделя носят всеобщий характер. Однако позже было замечено, что принцип независимого распределения в потомстве и свободного комбинирования распространяется не на все гены. У любого организма признаков очень много, а число хромосом невелико. Следовательно, в каждой хромосоме должно находиться много генов. Закономерности наследования генов, локализованных в одной хромосоме, были изучены американским генетиком Т. Морганом. Он открыл явление совместного наследования генов, локализованных в одной хромосоме, которое назвал сцепленным наследованием, а локализацию генов в одной хромосоме – сцеплением генов. Сцепленное наследование генов, локализованных в одной хромосоме, называют законом Моргана (хромосомная теория наследования). Таким образом, третий закон Менделя применим лишь к наследованию аллельных пар, находящихся в разных гомологичных хромосомах. Все гены, входящие в одну хромосому, передаются по наследству совместно и составляют группу сцепления. Поскольку в гомологичных хромосомах находятся одинаковые гены, группу сцепления образуют две гомологичные хромосомы. Число групп сцепления соответствует числу хромосом в гаплоидном наборе. Так, у человека 46 хромосом – 23 группы сцепления. Однако, при анализе наследования сцепленных генов было обнаружено, что в некотором проценте случаев,

сцепление может нарушаться и может быть неполным (причиной может быть кроссинговер – перекрест хромосом в профазе-1 мейотического деления).

Генетика пола. Пол у животных определяется чаще всего при оплодотворении. В этом случае важная роль принадлежит хромосомному набору. В женском кариотипе все хромосомы парные. В мужском кариотипе всегда имеется одна крупная равноплечая непарная хромосома, не имеющая гомолога, и маленькая палочковидная хромосома, встречающаяся только в кариотипе мужчин. Таким образом, у человека кариотип содержит 22 пары хромосом, одинаковых у мужского и женского организмов, и одну пару хромосом, по которой различаются оба пола. Хромосомы, одинаковые у обоих полов, называют аутосомами. Хромосомы, по которым различаются мужской и женский организмы, называют половыми или гетерохромосомами. Половые хромосомы у женщин являются гомогаметными и обозначаются XX. У мужчин половые хромосомы гетерогаметные. Их обозначают XY. Интересно, что у некоторых животных гетерогаметен женский пол (бабочки, пресмыкающиеся, птицы). У человека решающую роль в определении пола играет Y-хромосома. Наследование признаков, гены которых находятся в X- или Y-хромосомах, называют наследованием, сцепленным с полом. Если рассмотреть наследование генов, расположенных в X-хромосоме, то можно обнаружить, что в половых хромосомах могут находиться гены, не участвующие в развитии половых признаков. Так, у человека X-хромосома содержит ген, определяющий свертываемость крови (P). Его рецессивная аллель (h) вызывает тяжелое заболевание – гемофилию. В этой же хромосоме находятся гены, обуславливающие дальтонизм, форму и размер зубов и т.д. Гемофилия передается только через женский организм мальчикам. При локализации гена в Y-хромосоме признаки передаются от отца к сыну.

В настоящее время изучено наследование многих нормальных и патологических признаков у человека.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ

1. Наследственная (генотипическая) изменчивость

Изменчивостью называют способность живых организмов приобретать новые признаки и свойства. Изменчивость отражает взаимосвязь организма с внешней средой. Различают наследственную (или генотипическую) изменчивость и ненаследственную (или модификационную) изменчивость.

К наследственной изменчивости относят такие изменения признаков организма, которые определяются генотипом и сохраняются в ряду поколений. Иногда это крупные, хорошо заметные изменения (например, отсутствие пигмента - альбинизм, короткопалость у человека). Внезапные изменения, стойко передающиеся по наследству, можно наблюдать у растений с махровыми цветками, с выраженной карликовостью у роз, душистого горошка и т.д. Но чаще это мелкие, едва заметные отклонения от нормы.

Наследственная изменчивость (по Ч. Дарвину) является неопределенной и носит случайный ненаправленный характер. Она бывает комбинативной и мутационной. Бесконечное разнообразие живых организмов, уникальность каждого генотипа обусловлены комбинативной изменчивостью – перегруппировкой хромосом в процессе полового размножения и участков хромосом - в процессе кроссинговера. При этом типе изменчивости структура самих генов и хромосом остается той же, но меняются сочетания наследственных задатков и характер их взаимодействия в генотипе.

Комбинативная изменчивость наблюдается у представителей любой систематической группы живых организмов. В основе возникновения различных комбинаций генов в генотипах организмов лежит половое размножение, вследствие которого возникает огромное разнообразие форм организмов. Новые комбинации генов возникают в профазе-1 мейоза при образовании половых клеток. Так, для человека, имеющего 46 хромосом, число комбинаций составляет 245 вариантов при учете только одной пары аллельных генов в каждой из двух гомологичных хромосом. Все эти преобразования генома, не изменяя самих генов и хромосом, меняют характер взаимодействия генов, создавая бесчисленное множество уникальных генотипов.

Наследственные изменения генетического материала называют мутациями. Мутации возникают вследствие изменения структуры гена (т.е. наследственности нуклеотидов в ДНК) или хромосом и служат единственным источником генетического разнообразия внутри вида. Благодаря постоянному мутационному процессу возникают различные варианты генов, составляющие резерв наследственной изменчивости.

Мутации можно объединить в группы – классифицировать по характеру проявления, по месту или по уровню их возникновения.

А) По характеру проявления мутации являются доминантными и рецессивными. Большинство из них рецессивны и не проявляются у гетерозигот. Это обстоятельство очень важно для существования вида. Мутации оказываются, как правило, вредными, поскольку вносят нарушения в тонко сбалансированную систему биохимических превращений. Обладатели вредных доминантных мутаций, сразу же проявляющихся в гомо- и гетерозиготном организме, часто оказываются нежизнеспособными и погибают на самых ранних этапах онтогенеза.

При изменении условий внешней среды, в новой обстановке, некоторые, ранее вредные рецессивные мутации, составляющие резерв наследственной изменчивости, могут оказаться полезными, и носители таких мутаций получают преимущество в процессе естественного отбора.

Мутации нередко понижают жизнеспособность или плодовитость. Мутации, резко снижающие жизнеспособность, частично или полностью останавливающие развитие, называют полулетальными, а несовместимые с жизнью – летальными. У человека к таким мутациям относится рецессивный ген гемофилии, причем у мужчин он носит полулетальный характер, а гомозиготные женщины оказываются нежизнеспособными.

б) Мутации подразделяют по месту их возникновения. Мутация, возникшая в половых клетках, не влияет на признаки данного организма, а проявляется только в следующем поколении. Такие мутации называют генеративными. Если изменяются гены в соматических клетках, такие мутации проявляются у данного организма и не передаются потомству при половом размножении. Но при бесполом размножении, если организм развивается из клетки или группы клеток, имеющих изменившийся (мутировавший) ген, мутации могут передаваться потомству. Такие мутации называют соматическими. В растениеводстве соматические мутации используются для выведения новых сортов культурных растений.

в) Классификация мутаций по уровню их возникновения:

1. Изменения, обусловленные заменой одного или нескольких нуклеотидов в пределах одного гена, называют генными или точечными. Они влекут за собой изменения структуры строения белков, заключающиеся в появлении новой последовательности аминокислот в полипептидной цепи и, как следствие, изменения функциональной активности белковой молекулы.

2. Изменения структуры хромосом называют хромосомными мутациями. Эти мутации могут возникать вследствие утраты части хромосомы. Если в утраченный участок входят жизненно важные гены, то такая мутация может привести организм к гибели. Потеря небольшой части 21-ой хромосомы у человека служит причиной развития у детей тяжелого заболевания – острого лейкоза. В других случаях оторвавшийся участок может присоединиться к негомологичной хромосоме, в результате чего возникает новая комбинация генов, изменяющая характер их взаимодействия.

3. Изменения кариотипа, кратные или некратные гаплоидному числу хромосом, называются геномными мутациями. Вследствие нерасхождения какой-либо пары гомологичных хромосом в мейозе одна из образовавшихся

гамет содержит на одну хромосому меньше, а другая – на одну хромосому больше, чем в нормальном гаплоидном наборе. Такое явление называется анеуплоидия. Слияние с нормальной гаплоидной гаметой при оплодотворении приводит к образованию зиготы с меньшим или большим числом хромосом, по сравнению с диплоидным набором, характерным для данного вида. Нарушение генного баланса сопровождается нарушением развития. Известный пример – болезнь Дауна у человека, причина которой – присутствие в кариотипе трех хромосом 21-ой пары.

У простейших и у растений часто наблюдается увеличение числа хромосом, кратное гаплоидному набору. Такое изменение хромосомного набора носит название полиплоидии. Степень ее бывает различной. У простейших число хромосом может увеличиваться в несколько сотен раз. Широко распространена полиплоидия у высших растений. Полиплоидия нередко повышает жизнеспособность, плодовитость и другие жизненные свойства. У высших животных (у млекопитающих) полиплоидия встречается лишь в некоторых тканях, например, в клетках печени.

Свойства мутаций. 1. Мутации возникают внезапно, скачкообразно. 2. Мутации наследственны, т.е. стойко передаются из поколения в поколение. 3. Мутации случайны и не направлены. Мутировать может любой ген, вызывая изменение как незначительных, так и жизненно важных признаков. 4. Одни и те же мутации могут возникать повторно. 5. По своему проявлению мутации могут быть полезными, вредными, доминантными и рецессивными.

Способность к мутированию – одно из свойств гена. Каждая отдельная мутация вызывается какой-то причиной, но в большинстве случаев эти причины неизвестны. Мутации связаны с изменениями во внешней среде. Это доказывается тем, что путем воздействия внешними факторами можно резко повысить их число. Так, число возникающих мутаций под воздействием рентгеновских лучей можно повысить более чем в 150 раз. Также мутации могут быть вызваны химическими и физическими воздействиями: температурой, газовым режимом, влажностью и т.д. Экспериментально полученные мутации имеют практическое значение, т.к. повышают генетическое разнообразие внутри популяции или вида, создавая материал для искусственного отбора.

2. Ненаследственная (фенотипическая) модификационная изменчивость

На проявление гена значительное влияние оказывают другие гены, т.е. выражение гена в виде признака зависит от генетической среды. На развитие признака влияют и регуляторные системы организма, в первую очередь, эндокринная. На проявление генов в форме признака оказывают влияние и внутренняя среда организма.

Каждый организм развивается и обитает в определенных внешних условиях, испытывая на себе действие факторов внешней среды: температуры, освещенности, влажности, количества пищи. Кроме того, он вступает во взаимоотношения с другими организмами. Все эти факторы

могут изменять морфологические и физиологические свойства организмов, т.е. их фенотип. Таким образом, изменчивость признаков, вызванная действием внешних по отношению к организму условий среды, называется фенотипической (или модификационной) и не наследуется. Примером может служить разнолистность (гетерофиллия) у водных растений – лютика водяного и стрелолиста. На действие определенного фактора внешней среды каждый вид организмов реагирует специфически, и реакция в форме изменения признака оказывается сходной у всех особей данного вида. Такая изменчивость, по Ч. Дарвину, называется групповой или определенной. Однако изменчивость признака под действием условий внешней среды не является беспредельной.

Степень выраженности какого-либо признака в группе организмов будет различной у разных особей. Большая часть особей будет обладать средними значениями признака или свойства и, чем дальше отклонения от средней нормы, тем меньшее число особей будет обладать такими отличиями. Степень варьирования признака (или пределы модификационной изменчивости) называют нормой реакции. Широта нормы реакции обусловлена генотипом и зависит от важности признака и жизнедеятельности организма – в конечном счете от естественного отбора. Узкая норма реакции свойственна таким признакам как размеры сердца или головного мозга; у насекомоопыляемых растений – форма и размеры цветка. В то же время количество жира в организме млекопитающих изменяется в широких пределах; очень сильно изменчивы размеры листьев растений.

Свойства модификаций. Таким образом, модификационная изменчивость характеризуется следующими основными свойствами: 1. ненаследуемостью; 2. групповым характером изменений; 3. соотношением изменений действию определенного фактора среды; 4. обусловленностью пределов изменчивости генотипом, а это означает, что хотя направленность изменений одинакова, степень изменчивости у разных организмов одного вида различна.

3. Основы селекции

Селекция в переводе с латинского означает – отбор. Селекция – это наука о создании новых и улучшении существующих пород домашних животных и сортов культурных растений. Вместе с тем, селекция – это процесс изменения живых организмов, осуществляемый человеком для своих целей.

В процессе становления человека как вида ему пришлось не только защищаться от диких зверей, устраивать убежища, но и обеспечивать себя пищей. Естественный отбор на интеллект и развитие общественных отношений в первобытном стаде людей позволил человеку создать постоянный источник продуктов питания путем одомашнивания животных и возделывания растений.

Возникновение новых пород домашних животных и сортов культурных растений стало возможным, вследствие существования у диких растений и животных комбинативной наследственной изменчивости как результата

полового размножения и отбора, применяемого человеком. Животные и растения, выведенные человеком, имеют общие черты, резко отличающие их от диких видов. У культурных форм сильно развиты отдельные признаки, бесполезные или даже вредные для существования в естественных условиях, но полезные для человека. Процесс превращения диких животных и растений в культурные формы называют одомашниванием. Этот процесс известен уже 6-8 тыс лет, продолжается и поныне.

Разработка теории и методов создания и совершенствования пород животных и сортов растений представляет предмет селекции. Успех селекционной работы зависит главным образом от генетического разнообразия исходной группы растений или животных. Поскольку генофонд существующих пород животных и сортов растений менее разнообразен, чем генофонд исходного дикого вида, поэтому при выведении новых сортов растений и пород животных важны поиски и выявление полезных признаков у диких предков.

Так. Н.И. Вавиловым был собран в результате многочисленных экспедиций в нашей стране и зарубежных странах огромный семенной материал, который был использован для селекционной работы. Н.И. Вавилов выделил 7 центров происхождения культурных растений. Эти центры, как правило, связаны тесно с районами одомашнивания животных. Такие регионы получили название центров доместикации. В настоящее время известно уже 12 центров происхождения культурных видов растений.

На основе изучения богатейшего коллекционного материала и наследственной изменчивости у культурных растений и их предков Н.И. Вавилов формулировал закон гомологических рядов наследственной изменчивости, который гласит: «Виды и роды, генетически близкие, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов и родов. Чем ближе генетически расположены в общей системе роды и виды, тем полнее сходство в рядах их изменчивости. Целые семейства растений в общем характеризуются определенным циклом изменчивости, проходящей через все роды и виды, составляющие семейство».

Н.И. Вавилов показал на примере семейства злаковых, что сходные мутации обнаруживаются у целого ряда видов этого семейства. Например, удлиненная форма зерна – у всех изученных видов. У животных наблюдаются сходные мутации: альбинизм и отсутствие шерсти у млекопитающих. Некоторые наследственные заболевания и уродства, встречающиеся у человека, отмечены и у некоторых животных. Например, гемофилия у мыши и кошки; диабет у крысы; глухота – у мыши, собаки. Появление сходных мутаций объясняется общностью происхождения генотипов. В процессе возникновения новых видов от одного предка различия между ними устанавливаются только у генов, обуславливающих успешное существование в конкретных условиях. Многие гены у видов,

имеющих общее происхождение, остаются неизменными и при мутации дают сходные признаки.

Таким образом, обнаружение спонтанных или индуцированных мутаций у одного вида дает основание для поиска сходных мутаций у родственных видов растений или животных. В настоящее время из мирового генофонда (более 320 тыс образцов, относящихся к 1041 виду растений) ученые выделяют генетические источники хозяйственно ценных признаков: урожайности, скороспелости, устойчивости к болезням и вредителям, засухоустойчивости, устойчивости к полеганию и т.д. Так, использование ценных генов дикого эфиопского ячменя позволило создать продуктивный сорт ярового ячменя.

Селекция микроорганизмов. В последнее время стала широко развиваться промышленная микробиология, и ведется интенсивная селекция новых штаммов микроорганизмов с повышенной продуктивностью веществ, необходимых человеку. Такие штаммы имеют большое значение для производства кормового белка, ферментных и витаминных препаратов, используемых в пищевой промышленности, медицине, животноводстве. Технологию получения необходимых человеку продуктов из живых клеток или с их помощью называют биотехнологией. За последние 20 лет возник ряд совершенно новых производств, основанных на использовании различных бактерий и грибов. Так., биотехнология металлов основана на способности бактерий окислять минералы и переводить металлы в растворимые соединения. С помощью бактерий извлекают из руды уран, золото, серебро и медь, удаляют вредные примеси.

Способность микроорганизмов непрерывно синтезировать белки при благоприятных условиях используют для внедрения в бактериальную клетку определенных генов, в том числе и генов человека. Такие способы получили название генной инженерии. Эти способы заключаются в том, что бактериальная клетка синтезирует белок, кодируемый чужим для нее геном, в больших количествах. Так, при помощи кишечной палочки получают интерфероны – белки, подавляющие размножение вирусов, и инсулин, регулирующий уровень глюкозы в крови, гормон роста, а также другие биологически активные вещества и лекарственные препараты.

Таким образом, перенос генов дает возможность преодолевать межвидовые барьеры и передавать отдельные признаки одних организмов другим.

ОСНОВЫ МЕДИЦИНСКОЙ ГЕНЕТИКИ

1. Генетическая индивидуальность и нормальная наследственность

Все организмы, в том числе и человек, в результате перекрестного оплодотворения гамет представляют собой полигибридные гетерозиготные виды по многим парам генов. В соответствии с закономерностями расщепления и независимого перераспределения генов дети наследуют разные наборы генов как от одного, так и от другого родителя, вследствие чего братья и сестры всегда имеют разные генотипы.

Если учесть, что один эякулят человека содержит около 500 млн сперматозоидов, то можно представить, что одна особь, гетерозиготная, например, по 30 парам генов, способна дать 2^{30} разных типов гамет. Поскольку в оплодотворении участвует по одной гамете от каждого родителя, то количество возможных генотипов зигот в потомстве одной брачной пары, возникающих после объединения разных половых клеток, будет составлять величину порядка 2^{60} .

Таким образом, расщепление и независимое перераспределение генов (рекомбинация) являются причиной огромного генетического разнообразия (полиморфизма) людей. В природе нет двух индивидов с одинаковым генотипом. Каждый человек несет специфический набор генов, вследствие чего он генетически индивидуален и неповторим. Исключение составляют лишь однояйцевые близнецы, для которых характерны одинаковые генотипы. Так же генетически индивидуальны организмы разных видов животных и растений. Исключение составляют и клоны бактерий, соматические клетки животных и растений, чистые линии растений и животных.

У человека, как и у организмов других видов, генетическим материалом является ДНК, которая локализована в хромосомах и митохондриях. Количество ДНК в соматических клетках составляет несколько миллиардов нуклеотидных пар. Кариотип человека имеет 23 пары хромосом, из которых 22 пары хромосом являются аутосомами, а 23-я пара у мужчин представлена половыми хромосомами XY, у женщин – XX. Обычно хромосомы человека объединяют в группы, что зависит от положения центромеры, определяющей длину отрезков (плеч) по обеим сторонам центромеры. Различают телоцентрические, акроцентрические, субметацентрические и метацентрические типы хромосом. Половые хромосомы содержат повторы.

Из предполагаемого количества (50000) генных локусов в геноме человека идентифицировано около 3000 и картировано свыше 500. Установлены 24 группы сцепления, из которых 22 соответствуют аутосомам, а две – хромосомам X и Y. Основное число идентифицированных генов локализовано на аутосомах, меньшее – на X и Y-хромосомах. Гены определяют физическое и психическое здоровье человека. Поэтому человек

наследует все признаки, которые характерны для него как для живого существа.

Любой индивид наследует от своих родителей телосложение, рост, массу тела, форму головы, овал лица, своеобразие скелета, строение и цвет кожи и волос, восприимчивость или устойчивость к различным болезням, группу крови, биохимическую активность клеток, походку, способность к наукам, видам искусства и т.д. Следовательно, каждый признак, каждая структура, каждая функция человеческого организма детерминированы, одни гены начинают действовать еще на ранних стадиях развития, другие – на более поздних.

Для человека характерно исключительное генетическое разнообразие. Простое менделевское наследование определяется тем, что тот или иной признак контролируется лишь парой генов. У человека известны все типы наследования – доминантное, рецессивное, полудоминантное, кодоминантное. Так, передача по наследству способности ощущать вкус фенилтиокарбамида. Исследование родителей и детей во многих семьях показало, что способность ощущать вкус этого вещества детерминруется доминантным аллелем T, а неспособность – рецессивным аллелем t. В качестве типичного примера кодоминантного наследования является наследование групп крови.

Многие наследуемые признаки сцеплены с полом. В большинстве случаев формирование того или иного признака зависит от влияния многих пар генов (полигенные системы) и от взаимодействия их со средой.

2. Патологическая наследственность, обусловленная мутациями генов и хромосом

Со времен Гиппократов человечество интересовала передача некоторых аномальных признаков по наследству. Сейчас известно, что от 1/4 до 1/2 числа всех болезней составляют болезни генетической природы. Известно, что около 3% новорожденных страдают от различных генетических нарушений. Одна из каждых 10 гамет человека несет ошибочную информацию, введенную новой мутацией. Описано около 3000 разных наследственных аномалий, что представляет собой генетический груз человечества. Этот генетический груз современных поколений имеет разное происхождение. Различают сегрегационный и мутационный груз.

Сегрегационный груз – это часть генетического груза, унаследованная современными поколениями людей от наших предков. Мутационный груз – это часть генетического груза, обусловленная мутациями генов и хромосом, возникающими заново в каждом новом поколении.

Различают наследственную патологию, обусловленную мутациями генов и хромосом. Выделяют также патологию, в которой имеет место наследственное предрасположение.

Наследственная патология, обусловленная мутациями генов. В настоящее время известно около 2000 наследственных болезней, в основе которых

лежат мутации генов. Различают аутосомно-доминантные и аутосомно-рецессивные генные болезни, а также болезни, вызываемые генами, локусы которых находятся на половых хромосомах. Клиническую диагностику затрудняет гетерогенность генных болезней, т.к. разные мутации сопровождаются часто сходными фенотипическими проявлениями.

К болезням аутосомно-доминантного типа относятся такие болезни как эпилепсия централопатической этиологии; глаукома; мышечная дистрофия; короткопалость и карликовость. Такая патология встречается в каждом поколении у гетерозиготных носителей. Некоторые из этих болезней проявляются лишь через некоторое время после рождения. У гомозиготных доминантных индивидов эти болезни протекают с повышенной тяжестью.

К болезням аутосомно-рецессивного типа относятся такие болезни как серповидно-клеточная анемия с расстройствами кровообращения и тромбозами; глухота врожденная; болезнь Тея-Сакса с паралитическими явлениями, нарушениями психики, слепотой; фенилкетонурия, сопровождающаяся умственной отсталостью, нарушением тонуса мышц. Кровные браки способствуют возникновению гомозиготных рецессивных носителей очень редких мутантных аллелей. Аутосомно-рецессивные болезни встречаются чаще, чем аутосомно-доминантные и только у гомозиготных носителей мутантных аллелей, которые рождаются в семьях, где оба родителя гетерозиготны, или один – гомозиготный, а другой – гетерозиготный. Однако больные рождаются и в семьях, где оба родителя являются гомозиготными носителями мутантных аллелей. Очень известным примером аутосомно-рецессивной аномалии является альбинизм.

Известно, что свыше 200 генов человека располагается на половых хромосомах. Так, на хромосоме X локализовано свыше 70 генов, контролирующих гемофилию, мышечную дистрофию, цветовую слепоту (дальтонизм), ювенильную глаукому и т.д. Большинство из этих болезней наследуется по рецессивному типу. Доминантный тип наследования в случае болезней, которые детерминируются генами, сцепленными с X-хромосомой, очень редок.

Наследственные аномалии, которые контролируются генами, локализованными на Y-хромосоме, встречаются только у мужчин, т.к. эти гены передаются к потомству лишь по мужской линии.

Наследственная патология, обусловленная мутациями хромосом. Наследственные болезни, связанные с мутациями хромосом, имеют широкое распространение. Считают, что на хромосомные болезни новорожденных приходится 35-40% от числа всех наследственных болезней. Для хромосомных болезней характерно то, что они начинают проявляться уже во внутриутробном периоде развития, и их гибель происходит уже на стадиях зиготы и бластулы.

Различают хромосомные болезни, вызванные мутациями числа хромосом, и хромосомные болезни, вызванные мутациями структуры хромосом. В основном известны мутационные нарушения ploидности хромосом в сторону полиплоидии (триплоидии и тетраплоидии), что состоит в

извращении митотического деления зародышей или нерасхождения генома в течение мейоза. Типичным примером аутосомной полисомии является так называемая трисомия (пороки многих органов), когда одна из пар в хромосомном наборе имеет добавочную хромосому. Также квалифицируется болезнь Дауна, обусловленная трисомией по 21-ой паре хромосом и характеризующаяся серьезными нарушениями здоровья.

Хромосомные нарушения, детерминированные мутациями структуры хромосом, в наследственной патологии более редки, и проявления их менее выражены. Предполагают, что при синдроме Дауна происходит транслокация сегмента 21-ой хромосомы на другую хромосому. У животных и растений мутации структуры хромосом довольно часты.

Существуют болезни с наследственным предрасположением, в патогенезе которых играет роль наследственность и проявление которых зависит от действия факторов внешней среды. К ним относятся атеросклероз, гипертоническая болезнь сердца, ревматизм, язвенная болезнь, дерматиты, некоторые формы диабета, шизофрения и др. Генетическая природа этих болезней неодинакова. Это моногенные болезни, когда предрасположенность детерминируется одним геном в связи с известным фактором среды, и полигенные болезни, при которых предрасположенность определяется многими генами во взаимодействии со многими факторами среды. Факторы среды по степени и направлению воздействия могут быть разными (стресс, климатические условия, инфекция и др.).

Диагностика, лечение и профилактика наследственных болезней. Различают пренатальную и постнатальную диагностику. В пренатальный период наиболее эффективным является метод амниоцентеза, с помощью которого определяют пол и кариотип плода.

Постнатальная диагностика наследственных болезней использует цитогенетические, биохимические, иммунологические и другие методы исследования, основываясь на результатах клинического и генетического обследования.

Лечение наследственных болезней такое же, как болезней другой природы. Лечение может быть симптоматическим (воздействие на симптомы болезни), патогенетическим (воздействие на патогенез болезни) и этиологическим (воздействие на причину болезни).

При некоторых наследственных болезнях применяют диетотерапию или вводят в организм недостающий фактор (например, белки). Важное место занимают хирургические методы лечения – удаление органов или частей органов, коррекция повреждений или трансплантация. Так, многие аномалии (незаращение верхней губы, врожденные пороки сердца и др.) исправляют хирургической коррекцией или с помощью трансплантации. Однако при лечении генетический дефект у больных сохраняется и может быть передан по наследству.

Профилактика генных и хромосомных аномалий сводится к профилактике болезней, унаследованных от предыдущих поколений и вновь возникающих в результате мутаций в зародышевых клетках родителей. И

главное при этом сводится к тому, чтобы определить степень риска рождения ребенка с наследственной патологией в семье, облегчить возможность ранней диагностики и принятия лечебных мер. Во многих странах мира, в том числе и в России, существуют медико-генетические консультации.

3. Методы изучения наследственности человека

К человеку классический генетический анализ Г. Менделя применить невозможно, так как нельзя применять экспериментальные скрещивания, довольно длительный период между поколениями и небольшое потомство в семье. Поэтому для изучения нормальной и патологической наследственности используют другие методы. К таким методам относятся генеалогический метод (метод родословных). По родословным изучается наследственность человека путем учета и анализа распределения признаков в семьях. Существуют специальные символы, используемые при составлении родословных человека.

Цитогенетический метод заключается в цитологическом анализе кариотипа человека в норме и патологии. С его помощью исследуют нарушения, изменяющие число и структуру хромосом. Этот метод довольно прост, но в то же время он имеет ограничения, так как с его помощью можно исследовать только значительные нарушения в структуре хромосом.

Популяционный метод основан на законе Харди-Вайнберга и заключается в изучении распространения генов в популяции человека. Данный метод позволяет изучать не только географическое распространение и частоту проявления тех или иных генов, но и влияние на эти показатели разных факторов.

Близнецовый метод заключается в изучении генетических закономерностей, свойственных однойцевым (монозиготным) и разнородным (дизиготным) близнецам. Метод позволяет выяснить наследственную предрасположенность в проявлении ряда признаков и заболеваний, коэффициент наследуемости и степень влияния факторов внешней среды на выражение признаков.

Метод гибридизации соматических клеток, основанный на том, что соматические клетки животных способны к гибридизации. Для гибридов, полученных после скрещивания соматических клеток человека с соматическими клетками млекопитающих, теряются преимущественно человеческие хромосомы. Одновременная потеря хромосомы и признака указывает на то, что ген, контролирующий данный признак, локализуется в утраченной хромосоме. Этот метод имеет ограничения.

Молекулярно-генетические методы связаны с выделением ДНК, клонированием сегментов, созданием геномных карт человека, перемещением отдельных генов.

Метод моделирования наследственных болезней основан на законе Н.И. Вавилова о сходных рядах наследственных болезней на лабораторных животных.

ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

1. Возникновение жизни на Земле

Возникновение жизни являлось неотъемлемой составной частью общего эволюционного развития нашего мира. Особое место уделяется эволюции углеродистых соединений, так как жизнь является результатом последовательного усложнения этих соединений, приведшего к образованию органических веществ и возникавших из них сложных многомолекулярных систем. Органические вещества – главнейшие и обязательные составные части материального субстрата жизни. Их простейшими представителями служат соединения углерода и водорода. Углеводороды можно рассматривать (по мнению, А.И. Опарина) как исходное звено в цепи превращений углеродистых соединений на пути к возникновению жизни. Предшествовавшая появлению жизни эволюция абиогенно возникших органических веществ происходила на поверхности Земли еще в условиях, глубоко отличных от современных. В основном эти отличия сводились к следующему: 1. Отсутствие свободного кислорода в первичной атмосфере Земли исключало возможность прямого, глубокого окисления углеводородов. 2. Вследствие отсутствия свободного кислорода в атмосфере, не мог образовываться озоновый слой газа (O_3), который непроницаем для коротких ультрафиолетовых лучей. Это создавало возможность для разнообразных химических процессов. 3. На первичной Земле отсутствовали живые организмы с их совершенным обменом веществ.

Основные химические элементы, из которых построена жизнь, - это углерод, водород, кислород, азот, сера и фосфор. Это – простейшие и наиболее распространенные во Вселенной биогенные элементы. Кроме этих шести элементов в построении организмов участвуют еще 15 химических элементов в малых количествах.

Первым шагом на пути возникновения жизни на Земле стал небиологический (абиогенный) синтез органических молекул из неорганических под влиянием коротких ультрафиолетовых лучей, проникающего излучения и электрических разрядов между веществами, растворенными в первобытном океане. Между ними происходили химические реакции, в результате которых могли образовываться химические соединения. Первые органические вещества (микросферы) накапливались в воде первобытного океана. Они находились там вначале в виде тонкой мономолекулярной пленки, которая разрушалась волнами, приобретали сферическую форму и падали снова в воду.

Вторым шагом на пути возникновения жизни на Земле был процесс концентрирования органических веществ. Он происходил в силу присущей всем высокомолекулярным веществам способности самопроизвольно концентрироваться и образовывать коацерваты в виде мелких капель, не

смешивающихся с окружающим раствором. Эти капли коацервата способны поглощать из окружающего раствора различные вещества. В результате поглощения они увеличиваются в размерах, а поглощенные вещества вступают между собой в реакцию. Продукты реакции выделяются в окружающую среду. Все эти явления (поглощение, увеличение в размерах, выделение) напоминают свойства живого организма. Однако в коацерватах еще отсутствует главный признак живого организма – способность к самовоспроизведению молекул, входящих в их состав.

Важнейшей ступенью к жизни явилось возникновение молекул, способных к самовоспроизведению. Это, вероятно, были простейшие полинуклеотиды. Построение на молекуле такой же по составу и структуре другой молекулы означало возникновение нового способа химического синтеза – матричного синтеза, характерного для живых систем. Происходило копирование молекул. При этом под воздействием излучений возникали многочисленные мутации. Добиологический, химический этап эволюции перешел в этап самоорганизации, на котором возникают самовоспроизводящие сложные молекулярные комплексы. Эти макромолекулярные комплексы, называемые пробионтами, дали начало жизни. Они имели открытую пространственную структуру, что обеспечивало их рост, а также разделение на дочерние образования под воздействием механических сил. На этом этапе возникновения биологических полимеров предполагается появление механизма идентичного самовоспроизведения (репликации), который является характерным признаком жизни. С появлением самовоспроизведения молекул началась биологическая эволюция.

Однако истинная жизнь началась с появления клетки. Биологические мембраны объединили отдельные органеллы в единое целое. Образовалась основа жизни, обозначившая скачок в эволюции. Первые клетки были примитивными, они не имели ядра (прокариоты). В настоящее время таковы бактерии и некоторые другие микроорганизмы. Они появились около 3,2-3,5 млрд. лет назад. Затем началось развитие клетки с ядром (эукариоты), содержащим хромосомы, которые с помощью ДНК хранят и передают наследственные черты клетки.

Первые клетки были прообразом всех живых организмов: бактерий, растений, животных. Позже, в процессе эволюции, путем естественного отбора, клетки совершенствовались, появились специализированные клетки высших многоклеточных растений и животных.

Таким образом, сложные процессы химической эволюции, которая переходит в биохимическую и биологическую эволюцию, можно выразить в простой схеме: атомы – простые молекулы – сложные макромолекулы и ультрамолекулярные системы (пробионты) – одноклеточные организмы.

Первобытные организмы по способу питания были гетеротрофами, так как они использовали уже готовые органические вещества. Крупным шагом на пути эволюции было возникновение автотрофного способа питания,

вначале – за счет энергии простейших химических реакций окисления и восстановления (хемосинтез).

С возникновением фотосинтеза и появлением в воде и в атмосфере свободного кислорода возник новый путь освобождения энергии – кислородный путь расщепления, который в 20 раз эффективнее бескислородного. По мере развития фотосинтезирующих растений происходило накопление кислорода в атмосфере, часть его превращалась в озон, способный поглощать ультрафиолетовое и ионизирующее излучение, что привело к активизации и распространению живых организмов по всей поверхности Земли.

Переход от бескислородной атмосферы к кислородной произошел, предположительно, 2-1,8 млрд. лет назад. Содержание O_2 в атмосфере тогда достигло 0,01% от современного. Кислородная атмосфера формировалась медленно, в продолжение миллиарда лет, прежде, чем достигла современного состава. Благодаря быстрому развитию фотосинтезирующих растений содержание свободного кислорода во вторичной атмосфере Земли начинает заметно возрастать. Когда количество O_2 достигло 1% его концентрации в современной атмосфере, возник механизм дыхания и появились необходимые для этого ферменты. Дыхание дало жизни огромные энергетические выгоды. Переход от ферментации к дыханию (эффект Пастера) дал энергетический стимул развитию всех организмов: одноклеточных и многоклеточных.

Историю Земли принято делить на промежутки времени, границами которых являются крупные геологические события: горообразовательные процессы, поднятия и опускания суши, изменения очертания материков, уровня океанов.

В архейской эре (3,5 млрд. лет назад) возникли первые живые организмы. Они были гетеротрофами и в качестве пищи использовали органические соединения «первичного бульона». Первыми фотосинтезирующими организмами были прокариотические сине-зеленые водоросли – цианеи. Цианеи и появившиеся затем эукариотические зеленые водоросли выделяли в атмосферу из океана свободный кислород. На границе архейской и протерозойской эр произошло два крупных эволюционных события: появились половой процесс и многоклеточность.

В протерозойской эре (2,6 млрд. лет назад) в морях обитало много разнообразных водорослей. В протерозойских отложениях находят остатки представителей вполне сформировавшихся типов беспозвоночных животных: губок, кишечнополостных, членистоногих.

В палеозойской эре (570 млн. лет назад) – в силурийском периоде – на сушу вместе с первыми наземными растениями – псилофитами – вышли первые дышащие воздухом животные – членистоногие (паукообразные). Кистеперые рыбы имели два важных признака для перехода в наземную среду обитания: мускулистые конечности и легкие. В конце девона они также дали начало первым земноводным – стегоцефалам. В каменноугольном

периоде (карбоне) появляются голосеменные растения, произошедшие от семенных папоротников. В животном мире этот период отмечен появлением рептилий, способных к внутреннему оплодотворению. Накопление желтка в яйцеклетке сделало возможным размножение их на суше.

В триасовом периоде (триас) мезозойской эры (230 млн. лет назад) начинается «век динозавров». Появляются первые млекопитающие и настоящие костистые рыбы. В юрском периоде (юра) вымирают семенные папоротники, и в меловом периоде (мел) появляются первые покрытосеменные растения, постепенно распространившиеся на все материки. Возникновение млекопитающих связано с рядом крупных ароморфозов, развившихся у представителей одного из подклассов пресмыкающихся.

В кайнозойскую эру отмечается господство покрытосеменных растений. Развитие животного мира характеризуется дальнейшей дифференциацией насекомых, видообразованием у птиц и быстрым прогрессивным развитием млекопитающих.

2. Факторы, главные направления и закономерности биологической эволюции

В основе эволюционной теории Ч. Дарвина лежит представление о виде. Видом называют совокупность особей, сходных по строению, имеющих общее происхождение, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство. Все особи одного вида имеют одинаковый кариотип, сходное поведение и занимают определенный ареал (область распространения). Особи любого вида распределены внутри видового ареала неравномерно. Поэтому вид рассматривается как совокупность отдельных организмов – популяций. Генофонд вида представлен генофондами популяций. Популяция – элементарная структура вида – единица эволюции.

Виды отличаются друг от друга многими признаками. Характерные из них называются критериями. Различают несколько критериев вида. Морфологический критерий – сходство внешнего и внутреннего строения особей одного вида. Генетический критерий – характерный для каждого вида набор хромосом (определенное их число, размеры и форма). Это – главный видовой признак. Географический критерий – определенный ареал, занимаемый видом в природе. Экологический критерий – совокупность факторов внешней среды, в которой существует вид. Совокупность всех критериев правильно характеризуют вид, подтверждают видовую принадлежность.

Особей в популяции появляется во много раз больше, чем может существовать на занимаемой ею территории. Несоответствие между численностью появляющихся в популяции особей и средствами к их жизни приводит к борьбе за существование. Ч. Дарвин различал три формы борьбы за существование: внутривидовую, межвидовую и борьбу с неблагоприятными природными условиями. Внутривидовая борьба

происходит между особями одной популяции любого вида. Это бывает вызвано ухудшением кормовых угодий, высокой плотностью и др. Межвидовая борьба за существование наблюдается между популяциями различных видов. Она может быть очень жестокой, если виды нуждаются в сходных условиях. Но может проявляться благоприятствование одного вида другому без ущерба для себя (цветки и их опылители). Борьба с неблагоприятными условиями наблюдается в любой части ареала в тех случаях, когда внешние условия среды ухудшаются. Борьба с неблагоприятными условиями также имеет большое значение для эволюции, так как обостряет внутривидовую борьбу. Победителями оказываются наиболее жизнеспособные.

Из поколения в поколение особи с полезными в определенных условиях среды наследственными изменениями преимущественно сохраняются в борьбе за существование и оставляют после себя плодовитое потомство. Наоборот, особи с вредными в тех же условиях наследственными изменениями оставляют все более слабое и малочисленное потомство, которое впоследствии может вымереть.

Процесс, в результате которого выживают и оставляют после себя потомство особи с полезными в данных условиях наследственными изменениями, называется естественным отбором. Роль отбирающего фактора играют условия среды. Естественный отбор всегда имеет направленный характер, он совершенствует приспособления к условиям существования. Естественный отбор приводит к образованию новых популяций, в дальнейшем – подвидов и видов и является единственным эволюционным фактором направляющего значения, так как его действие обусловлено конкретными условиями среды и ведет к приспособлению для существования в ней видов.

Другим фактором эволюции является изоляция, т.е. возникновение различных преград к свободному скрещиванию особей, что приводит к появлению существенных различий в геномном составе разных популяций одного вида и к еще большему обособлению популяций.

В природе постоянно происходит колебание численности популяций; число особей в популяции то сокращается, то увеличивается. Эти процессы называют волнами жизни или популяционными волнами. Они могут быть связаны как с сезоном года, так и с колебаниями климатических условий или урожаем кормов, а иногда с природными факторами – пожарами, наводнением, сильными морозами, засухой. Популяционные волны, как и мутационный процесс, поставляют случайный, ненаправленный наследственный материал для борьбы за существование и естественного отбора.

Если же отсутствует давление отбора и других факторов (мутации, миграция, дрейв генов и т.д.) частота гомозиготных и гетерозиготных организмов в условиях свободного скрещивания остается постоянной и пребывает в состоянии равновесия. В результате свободного скрещивания происходит постоянное поддержание равновесия генотипических частот в

популяции. Существующие закономерности были обобщены К. Пирсоном в 1904 г. в законе стабилизирующего скрещивания (закон Пирсона): в условиях свободного скрещивания при любом исходном соотношении численности гомозиготных и гетерозиготных родительских форм, в результате первого же скрещивания внутри популяции устанавливается состояние равновесия, если исходные частоты аллелей одинаковы у обоих полов. Состояние популяционного равновесия выражается простой математической формулой (закон Харди-Вайнберга): при частоте аллеля А, равной p , и частоте аллеля а, равной q , ($p + q = 1$). Отсюда следует, в результате мутаций во всех популяциях имеется наследственная неоднородность, создающая генетические предпосылки изменчивости как основы для естественного отбора. Совокупность изменчивости и естественного отбора составляет процесс эволюции.

Выделяется несколько форм естественного отбора: стабилизирующий, движущий, дестабилизирующий, индивидуальный, групповой, половой. Факторами естественного отбора служат условия внешней среды. В зависимости от этих условий отбор действует в разных направлениях и приводит к неодинаковым эволюционным результатам. Движущая форма естественного отбора действует при изменении условий внешней среды. Она способствует появлению нового признака вместо старого, переставшего соответствовать новым условиям. Примером может служить появление признака устойчивости у животных к ядам.

Стабилизирующий отбор действует в постоянных условиях среды. Он направлен на поддержание ранее приобретенного признака или свойства (размеров тела или отдельных его частей, размеров и формы цветка у растений и т.д.). Стабилизирующий отбор сохраняет приспособленность вида. Эта форма естественного отбора предохраняет сложившийся генотип от разрушающего действия мутационного процесса.

Дестабилизирующий отбор сохраняет мутации видов, живущих в разных микроусловиях (например, расцветка и строение раковин некоторых моллюсков в прибойной полосе моря).

Половой отбор представляет собой конкуренцию самцов за возможность размножения. Примеры внешних различий в строении полов носит название полового диморфизма и обусловлены их ролью в половом отборе (яркие перья, крупный гребень, шпоры на ногах, громкое пение у петухов). В результате полового отбора потомство оставляют наиболее активные, здоровые и сильные самцы, остальные отстраняются от размножения, и их генотипы исчезают из генофонда вида. Половой диморфизм и половой отбор широко распространены в животном мире.

Под действие отбора могут попасть как отдельные особи (индивидуальный отбор – устранение менее приспособленных особей от участия в размножении), так и целые популяции (групповой отбор – полное вымирание популяций, видов без оставления потомства).

Главные направления эволюции. Наряду с микроэволюционными процессами, приводящими к возникновению новых видов, в природе

существуют макроэволюционные явления на подвидовом уровне. Возникновение крупных систематических групп (типов, классов, отрядов) охватывает десятки миллионов лет.

Приобретенные популяциями и видами разнообразных приспособлений способствует не только выживанию их в какой-то определенной среде, но и могут стать причиной освоения популяцией новых мест обитания, новых источников питания и т.д. Это приводит к вспышке размножения и широкому расселению вида и формированию новых популяций, каждая из которых оказывается в различных условиях обитания и подвергается неодинаково направленному действию отбора.

Генетическое разнообразие популяций служит основой для формирования новых, иногда многочисленных близкородственных видов. Высокая численность, широкий ареал и большое число подчиненных систематических групп – показатель хорошей приспособленности более высокой по рангу группы организмов. Таким образом, биологический прогресс представляет собой результат успеха в борьбе за существование. Отсутствие необходимого уровня приспособленности приводит к биологическому регрессу – уменьшению численности, сокращению ареала, снижению числа систематических групп более низкого ранга. Биологический регресс может привести к вымиранию.

В соответствии с разнообразными преобразованиями строения организмов в процессе макроэволюции выделяют три главных направления, каждое из которых ведет к биологическому прогрессу: арогенез, аллогенез и катагенез.

Арогенез или морфофизиологический прогресс – эволюционное направление, сопровождающееся приобретением крупных изменений строения – ароморфозов. Ароморфоз означает усложнение организации, поднятие ее на более высокий уровень. Изменения носят общий характер. Они дают возможность расширить использование условия внешней среды. Ароморфозы обеспечивают переход от пассивного питания к активному (появление челюстей у позвоночных), повышают подвижность животных (появление скелета как места прикрепления мышц), дыхательную функцию (появление жабр и легких), снабжение тканей кислородом (появление сердца у рыб и разделение артериального и венозного кровотока у птиц и млекопитающих). Общая черта ароморфозов заключается в том, что они сохраняются при дальнейшей эволюции и приводят к возникновению новых крупных систематических групп.

Аллогенез – эволюционное направление, сопровождающееся приобретением приспособлений (идеоадаптаций) к специальным условиям среды, полезных в борьбе за существование, но не изменяющих уровня организации. К идеоадаптациям относятся покровительственная окраска животных, колючки растений, плоская форма донных рыб и носит название специализаций. Переход к питанию только одним видом пищи, обитание в очень однородной и постоянной среде (например, в пещерах) приводит к тому, что вне этих условий организмы жить не могут. Специализация

подавляет эволюционные возможности группы и при быстром изменении условий среды приводит к вымиранию.

Катагенез – эволюционное направление, сопровождающееся упрощением организации, ведущее к биологическому процветанию. Упрощение организации – морфофизиологический регресс – ведет к исчезновению органов активной жизни и носит название – дегенерации. Общая дегенерация связана с переходом к паразитическому или сидячему образу жизни. У растений-паразитов атрофируются корни, листья, утрачивается способность к фотосинтезу, и такое растение целиком существует за счет хозяина. У животных защищенность телом хозяина и высокая плодовитость обеспечивают их широкое распространение и биологическое процветание.

Основные закономерности биологической эволюции. При всем разнообразии особенностей строения и приспособлений организмов к внешней среде можно выделить некоторые общие закономерности эволюционного процесса: дивергенцию, конвергенцию и параллелизм.

Дивергенция есть результат действия естественного отбора в форме группового отбора (сохраняются или устраняются виды, роды, семейства и т.д.). Появление новых форм всегда связано с приспособлением к новым условиям существования. Внутри любого семейства виды и роды различаются образом жизни, объектами питания. В основе всего этого эволюционного процесса лежит дивергенция. Групповой отбор основан на индивидуальном отборе внутри популяции. Вымирание вида происходит за счет гибели отдельных особей. Своеобразие морфологических особенностей организмов, приобретаемых в процессе дивергенции, имеет некоторую единую основу в виде генофонда родственных форм (например, конечности всех млекопитающих, хотя и отличаются друг от друга, но имеют единое строение и представляют собой пятипалую конечность). Поэтому, органы, соответствующие друг другу по строению и имеющие общее происхождение независимо от выполняемой ими функции, называют гомологичными.

Конвергенция – приобретение организмами разных систематических групп сходного строения в одинаковых условиях существования. Органы, выполняющие сходные функции, но имеющие различное строение и происхождение, называют аналогичными. Конвергенция наблюдается у групп животных, далеко отстоящих в систематическом отношении (например, крылья птицы и летучей мыши – видоизмененные конечности, крылья бабочки – выросты стенки тела). Аналогичны роющие конечности крота и медведки, форма тела и плавников у акулы и дельфина.

Параллелизм представляет собой форму конвергентного развития, свойственного для генетически близких групп организмов (например, среди млекопитающих китообразные и ластоногие перешли к обитанию в водной среде и приобрели сходные приспособления для передвижения в воде – ласты).

Биологическая эволюция представляет собой непрерывный процесс возникновения и развития новых адаптаций, протекающий в течение длительного времени – сотен и тысяч поколений. Общий план строения

позвоночных свидетельствует о единстве их происхождения от одного ствола, который в ходе эволюции распался на множество ветвей. Основываясь на приведенных выше фактах, немецкие ученые Ф. Мюллер и Э. Геккель во второй половине XIX века сформулировали закон о соотношении онтогенеза и филогенеза. Согласно этому закону каждая особь в своем индивидуальном развитии (онтогенезе) повторяет историю развития своего вида (филогенез), или онтогенез есть краткое повторение филогенеза.

Палеонтологические исследования приводят доказательства сходства и различия вымерших организмов с современными организмами. По ископаемым остаткам восстанавливают внешний вид и строение вымерших организмов. Сопоставление ископаемых остатков из земных пластов разных геологических эпох свидетельствует об изменении органического мира во времени. В самых древних пластах найдены остатки беспозвоночных, а в более поздних пластах – остатки типов хордовых. В более молодых геологических пластах содержатся остатки животных и растений, относящихся к видам, похожим на современные.

Адаптация организмов к среде обитания. Вследствие постоянной конкуренции за пищу и жизненное пространство каждая группа организмов стремится распространиться и занять как можно больше различных местообитаний. Подобная эволюция из одной предковой формы множества разнообразных форм, занимающих различные местообитания называется, адаптивной радиацией. Сущность ее состоит в развитии из общей предковой формы множества разнообразных форм, каждая из которых по-своему специализируется, приспособляясь к своему особому местообитанию.

В понятие «приспособленность вида» входят не только внешние признаки, но и соответствие физиологических функций организма условиям обитания, их сложность и разнообразие. Известно огромное количество самых разнообразных особенностей строения, обеспечивающих высокий уровень приспособленности вида к среде обитания.

Для выживания организмов в борьбе за существование большое значение имеет приспособительное поведение: покровительственная и предупреждающая окраска, явление подражания (мимикрия), запасание корма на неблагоприятный сезон года, время наибольшей активности, приспособления, обеспечивающие защиту потомства от врагов и т.д. Соответствующая форма и окраска тела, целесообразное поведение обеспечивают успех в борьбе за существование только тогда, когда эти признаки сочетаются с приспособленностью процессов жизнедеятельности к условиям обитания, т.е. физиологическими адаптациями. Путем естественного отбора возникают и совершенствуются приспособления, облегчающие поиск пищи или партнера для размножения. Любой видовой признак или свойство носят приспособительный характер, целесообразный в данной среде обитания. При изменении условий среды они оказываются бесполезными или вредными для организма.

Таким образом, любая структура и любая функция являются приспособлением к внешней среде. Эволюционные изменения – образование

новых популяций и видов, возникновение или исчезновение органов, усложнение организации – обусловлены развитием приспособлений (адаптаций). Целесообразность живой природы – результат исторического развития видов в определенных условиях, поэтому она всегда относительна и имеет временный характер.

3. Теории и научное доказательство эволюции

На изменчивость видов указывал еще Ж. Ламарк (1744-1829). Его учение – ламаркизм – об эволюции живой природы, согласно которой организации видов живого постоянно усложняется в результате воздействия внешней среды и внутреннего процесса организмов, заложенного Богом.

Позже Ч. Дарвиным (1809-1882) была изложена материалистическая теория эволюции органического мира – дарвинизм – как учение о взаимодействии изменчивости, наследственности и естественного отбора.

Классический дарвинизм является учением о макроэволюции, т.к. он касался эволюции крупных групп организмов, включая все таксоны, в течение геологических периодов и на обширных территориях. Движущими силами эволюции Ч. Дарвин назвал наследственность, изменчивость и естественный отбор. Однако в генетическом плане теория Дарвина была недостаточно разработанной по естественным причинам. С развитием генетики ученые очень быстро подошли к разгадке эволюции. Используя методологию классического генетического анализа генетики стали анализировать роль отдельных факторов эволюции путем вычленения элементарных единиц и протекающих в них процессов.

Так, Г. Харди и В. Вайнберг в 1908 г. показали, что в бесконечно большой панмиктической популяции при свободном скрещивании, отсутствии мутаций данного гена и отбора по данному признаку соотношение генотипов по аллельным генам (доминантным и рецессивным) остается постоянным уже после одной смены поколений. Но поскольку бесконечно больших панмиктических популяций в природе не существует, поэтому значение закона Харди-Вайнберга сводится к тому, что накопленные наследственные изменения в генофонде популяций бесследно не исчезают, т.е. частоты встречаемости генов постоянны.

В 1926 г. российский ученый С.С. Четвериков, исходя из этого закона и учитывая влияние отбора и возникновение новых мутаций, показал, что в результате спонтанного мутационного процесса во всех популяциях создается гетерогенность, т.е. в популяциях всегда есть мутации. Он показал, что мутации служат основой эволюционного процесса, идущего под действием естественного отбора.

В дальнейшем генетики Н.П. Дубинин и Д.Д. Ромашов выяснили, что когда популяции малы, в них возникают процессы, получившие название генетико-автоматических. Их суть в том, что в малых популяциях происходит дрейф генов, в результате которого изменяются частоты встречаемости генов, устраняются гетерозиготы и появляются гомозиготы.

Изолированная популяция становится доминантной гомозиготной или рецессивной гомозиготной. Если дрейфует мутантный летальный ген, это ведет к вымиранию организмов. Таким образом, структура популяции зависит не только от возникновения новых мутаций, но и от простого изменения частоты встречаемости данного гена.

Современное эволюционное учение представляет собой синтез достижений дарвинизма, физико-химической биологии, генетики, систематики, морфологии, физиологии, биоценологии и др. наук. Современная (синтетическая) теория эволюции – это комплекс знаний об общих закономерностях и движущих силах исторического развития живой природы. Это наука об общих законах развития органической природы.

Научные доказательства существования эволюции. Доказательства эволюции получены прежде всего в палеонтологии в результате изучения ископаемых остатков организмов, живших в прошлые эпохи. Можно сказать, что вся история Земли записана на языке ископаемых остатков в пластах земной коры. Палеонтологический материал дает основание судить о темпах и направлениях эволюции.

Посредством изучения ископаемых остатков, использования радиоактивных изотопов (метод радиодатирования), а также привлечения данных геологии, биогеографии, систематики и др. наук построена шкала геологического времени, с помощью которой филогенез фауны и флоры можно проследить во времени. Палеонтологическая летопись полностью раскрывает происхождение многих существующих в настоящее время видов животных и растений от их предков.

Доказательства эволюции получены в биогеографии. В ней различают шесть биогеографических областей, каждая из которых характеризуется специфическими видами животных и растений, отсутствующими в других областях. Одно из основных положений биогеографии заключается в том, что каждый вид растений и животных возникал только однажды и только в одном месте (центр происхождения), откуда он расселялся до тех пор, пока не встречал какую-либо преграду (климатическую, географическую или пищевую). Особенности географического распространения животных и растений указывают на специфику эволюции каждого вида. Например, наличие в Австралии сумчатых, которых нет ни в одной из других областей, является результатом того, что в мезозое этот континент был изолирован от других частей суши.

Доказательства эволюции имеются в систематике. Оно заключается в том, что все живые существа по основным свойствам можно объединить в иерархическую систему таксономических единиц. Это означает, что все организмы связаны между собой филогенетически в результате существующих между ними эволюционных взаимоотношений. Принадлежность организмов к тем или иным систематическим группам свидетельствует о том, что большинство промежуточных форм, обитающих на планете в прошлом, вымерло. Если бы все виды существовавших когда-то

организмов жили бы до настоящего времени, то подразделить живой мир на таксономические группы было бы невозможно.

Виды представляют собой независимо эволюционирующие и репродуктивно изолированные единицы. Следовательно, они различны между собой генетически. С другой стороны, у генетически сходных видов общий предок существовал в менее отдаленном прошлом по сравнению с видами, более различными генетически. Поэтому на основе степени генетических различий можно построить филогенетическое древо.

Степень генетических различий между видами определяют либо прямо – путем изучения последовательностей аминокислот в белках. Сравнение ДНК различных организмов позволяет определить число пар нуклеотидов, в которых в ходе эволюции имела место замена азотистых оснований, тогда как сравнение белков разных организмов дает возможность выявить различия в аминокислотных последовательностях и установить их связь со скоростью эволюции.

Путем реконструкции филогений и определения степени генетических различий в аминокислотных последовательностях ряда белков ученые пришли к выводу, что гены, кодирующие некоторые белки у животных, происходят от общего предка. С целью выявления степени сходства белков используют также иммунологическое и электрофоретическое сравнение белков. Степень иммунологического сходства белков выражают в иммунологическом расстоянии, которое приближенно можно связать с различиями в аминокислотных последовательностях. Электрофоретические исследования позволяют выявить электрофоретическое сходство белков и на основании этих данных также определить генетические расстояния между видами.

Эволюция подтверждается также данными сравнительной морфологии, эмбриологии, физиологии (гомологические органы, рудиментарные органы, сходное эмбриональное развитие, сходство физиологических процессов). Существование эволюции подтверждается данными биохимии и генетики. Химический состав всех живых организмов сходен. Чем теснее родство между организмами, тем больше сходства в строении их ДНК. Универсальность генетического кода является самым главным доказательством дарвиновской теории единства происхождения всех форм жизни.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕЛОВЕКА

1. Место человека в системе животного мира

Прогресс в эволюции живой материи проявился в возникновении человека как биосоциального существа. Появление человека с его целенаправленной трудовой деятельностью качественно изменило облик планеты Земля и определило новое направление эволюции природы в целом. Будучи биологическим видом, человек – единственный на Земле организм, обладающий социальной сущностью. Биологическое в нем становится его наследством, поэтому эволюция человека на современном этапе идет не столько по биологическим законам, сколько по законам развития человеческого общества. Биологическая эволюция представляет собой биологическую форму движения материи, а эволюция общества – социальную. Социальная форма движения материи возникла лишь с появлением человека. Поэтому изучение вопросов происхождения и эволюции человека – это не только биологическая, но и философская проблема. Изучением происхождения и эволюции человека, процесса перехода от биологических закономерностей, которым подчинялось существование его животных предков, к закономерностям социальным занимается отрасль естествознания – антропология.

В эмбриональном развитии человека есть черты, характерные для всех представителей типа Хордовые: это – хорда, нервная трубка на спинной стороне зародыша, жаберные щели в глотке. Развитие позвоночного столба, наличие двух пар конечностей, местонахождение сердца на брюшной стороне тела определяют принадлежность человека к подтипу Позвоночных. Четырехкамерное сердце, сильно развитая кора головного мозга, теплокровность, млечные железы, волосы на поверхности тела, зубы трех видов (коренные, клыки, резцы) свидетельствуют о принадлежности человека к классу Млекопитающих.

Развитие плода в теле матери и питание его через плаценту характерно для подкласса Плацентарных. Такие признаки как конечности хватательного типа (первый палец противопоставлен остальным), ногти на пальцах, одна пара сосков млечных желез, хорошо развитые ключицы, замена молочных зубов на постоянные в процессе онтогенеза, рождение, как правило, одного детеныша определяют положение человека в отряде Приматов. Более частные признаки – редукция хвостового отдела позвоночника, аппендикс, большое число извилин на полушариях головного мозга, четыре основные группы крови (А, В, О, АВ), развитие мимической мускулатуры и ряд других – позволяют отнести человека к подотряду Человекообразных обезьян. Животное происхождение человека подтверждается рядом свойств, указывающих на то, что человек – результат длительной эволюции позвоночных. В эмбриональном периоде развития у зародыша человека

закладываются двухкамерное сердце, шесть пар жаберных дуг, хвостовая артерия – признаки рыбообразных предков. От амфибий человек унаследовал плавательные перепонки между пальцами, которые имеются у зародыша.

Слабая терморегуляция у новорожденных детей и детей до 5-ти лет указывает на происхождение от животных с непостоянной температурой тела. Головной мозг гладкий, без извилин, как у низших млекопитающих мезозойской эры. У шестинедельного зародыша имеется несколько пар млечных желез. Закладывается также хвостовой отдел позвоночника, который затем редуцируется и превращается в копчик. Таким образом, основные черты строения и эмбрионального развития четко определяют положение вида Человек разумный в классе Млекопитающих, отряде Приматов, подотряде Человекообразных обезьян.

Вместе с тем, человек имеет специфические, присущие только ему особенности: прямохождение, мощно развитую мускулатуру нижних конечностей, сводчатую стопу с сильно развитым первым пальцем, подвижную кисть руки, позвоночник с четырьмя изгибами, расположение таза под углом 60° к горизонтали, очень большой и объемистый мозг, крупные размеры мозгового и малые размеры лицевого черепа, бинокулярное зрение, ограниченную плодовитость, плечевой сустав, допускающий круговые движения и другие. Эти особенности строения и физиологии человека – результат эволюции его животных предков.

2. Основные этапы антропогенеза

Плацентарные млекопитающие возникли в самом конце мезозойской эры. От примитивных насекомоядных млекопитающих в кайнозойской эре обособился отряд приматов. В палеогене в лесах обитали лемуры и долгопяты – хвостатые животные небольших размеров. Около 30 млн. лет назад появились небольшие животные, жившие на деревьях и питающиеся растениями и насекомыми. Их челюсти и зубы были такими же, как у человекообразных обезьян. От них произошли гиббоны, орангутанги и вымершие впоследствии древесные обезьяны – дриопитеки. Дриопитеки дали три ветви, которые привели к шимпанзе, горилле и человеку.

С биологических позиций интересен вопрос: почему человек возник именно в отряде приматов, а не в другом эволюционно прогрессивном отряде млекопитающих. Происхождение человека от обезьян, ведущих древесный образ жизни, предопределило особенности его строения, которые явились анатомической основой его способности к труду и дальнейшей социальной эволюции.

Во второй половине палеогена в связи с начавшимися горообразовательными процессами наступило похолодание. Ледники, сползавшие со Скандинавских гор, проникли далеко на юг. Обезьяны, не отступившие к экватору вместе с тропическими лесами и перешедшие к жизни на земле, должны были приспособливаться к новым суровым условиям и вести тяжелую борьбу за существование. Они могли выжить

только благодаря стадному образу жизни и использованию освободившихся от передвижения рук. Решающим шагом на пути от обезьяны к человеку явилось прямохождение. Одна из групп обезьян, обитавших 10-12 млн. лет назад, дала начало ветви, ведущей к человеку.

Эти животные, ископаемые остатки которых найдены в Южной Африке, получившие название австралопитеков, жили стадами, имели массу 20-50 кг и рост 120-150 см. Для защиты и добывания пищи они пользовались камнями, костями животных, т.е. имели хорошую двигательную координацию.

Около 2-3 млн. лет назад жили существа, более близкие к человеку, чем австралопитеки. Они имели массу мозга 650 г (австралопитеки – 550 г), умели обрабатывать гальку с целью изготовления орудий. Эти человекообразные обезьяны получили название Человек умелый. Использование орудий, стадный образ жизни способствовали дальнейшему развитию мозга и возникновению речи. Признаком, отделяющим человекообразных обезьян от людей, считается масса мозга, равная 750 г.

В процессе становления человека выделяют три стадии: 1) древнейшие люди; 2) древние люди; 3) современные люди.

Известно несколько форм древнейших людей: питекантропы, синантропы, гейдельбергский человек и другие. Они отличались мощными надглазничными валиками, отсутствием подбородочного выступа, низким и покатым лбом. Масса мозга достигала 800-1000 г. Одновременно существовало довольно много форм древнейших людей, стоявших на разных ступенях развития и эволюционировавших в разных направлениях. Наиболее перспективным направлением эволюции было дальнейшее увеличение объема головного мозга, развитие общественного образа жизни, совершенствование орудий труда, более широкое использование огня (не только для обогрева и отпугивания хищников, но и для приготовления пищи). Все другие формы быстро исчезли.

К древним людям относят новую группу людей, появившихся около 200 тыс. лет назад. Они занимают промежуточное положение между древнейшими людьми и первыми современными людьми. Неандертальцы были очень неоднородной группой. В их эволюции выделяют две линии. Одна линия шла в направлении мощного физического развития. При сравнительно небольшом росте (155-165 см) они обладали мощно развитой мускулатурой. Масса мозга достигала 1500 г. Предположительно, неандертальцы пользовались зачаточной членораздельной речью. Другая группа значительно уступала первой в общем физическом развитии. Но отличалась увеличением значительного объема лобных долей головного мозга. Борьба за существование шла путем развития внутригрупповых связей, а не усиления физического развития. Этот эволюционный путь привел к появлению 40-50 тыс. лет назад вида Человек разумный – *Homo sapiens*.

Некоторое время неандертальцы и первые современные люди сосуществовали, а затем, примерно 28 тыс. лет назад, неандертальцы были

окончательно вытеснены первыми современными людьми – кроманьонцами. Кроманьонцы были высокого роста – до 180 см, с высоким лбом, объем черепной коробки достигал 1600 см³. Сплошной надглазничный валик отсутствовал. Они владели членораздельной речью, о чем свидетельствует хорошо развитый подбородочный выступ. Развитый мозг, общественный характер труда привели к резкому уменьшению зависимости человека от внешней среды, к появлению абстрактного мышления, попыткам отражения окружающей действительности в художественных образах – наскальных рисунках, вырезыванию фигурок из кости и т.д. Эволюция человека вышла из-под ведущего контроля биологических факторов и приобрела социальный характер. Создание общества взамен стада явилось результатом трудовой деятельности человека. На это качественное своеобразие эволюции человека указал Ф. Энгельс в работе «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека».

3. Генотипическое разнообразие человечества

Все современное человечество принадлежит к одному виду *Homo sapiens* – человек разумный. Единство человечества вытекает из общности происхождения, сходства строения и плодовитости потомства, браков между представителями разных рас. Общий уровень физического и умственного развития одинаков у всех людей.

С момента возникновения человека разумного социальное в человеке стало его сущностью и биологическая эволюция видоизменялась, проявляясь в возникновении широкого генетического полиморфизма. Генетическое разнообразие на уровне генов и в меньшей степени хромосом обеспечивает разнообразие генотипов особей. Разнообразные генотипы по-разному проявляются в меняющихся условиях среды, давая огромное фенотипическое многообразие людей.

В основе морфофизиологического полиморфизма человечества лежат полиморфизм наследственного материала на уровне генома и модификационная изменчивость. Эти факторы обеспечивают не только индивидуальное морфофизиологическое многообразие, но и внутривидовую групповую дифференциацию человечества на расы и адаптивные экологические типы.

Морфофизиологические и в меньшей степени физиологические признаки дают возможность выделить внутри человечества три основные большие расы: европеоидную, австрало-негроидную и монголоидную. Европеоиды имеют светлую или смуглую кожу, прямые или волнистые волосы, узкий выступающий нос, тонкие губы и развитый волосяной покров на лице и теле. У монголоидов кожа также может быть как светлой, так и темной, волосы обычно прямые, жесткие, темно пигментированные, косой разрез глаз и эпикант («третье веко»). Негроиды характеризуются темной кожей, курчавыми или волнистыми волосами, толстыми губами и широким, слегка выступающим носом. Имеются отличия рас и по некоторым

физиологическим и биохимическим показателям: интенсивность потоотделения кожи у негроидов выше, чем у европеоидов, средние показатели уровня холестерина в плазме крови наиболее велики у европеоидов.

В каждой большой расе выделяются отдельные антропологические типы с устойчивыми комплексами признаков, называемые малыми расами. Данные палеоантропологических исследований показывают, что вплоть до верхнего палеолита на территориях, обитаемых людьми, практически нигде не сформировались расовые типы человека, с которыми были бы генетически связаны современные большие расы. Это подтверждает анализ верхнепалеолитических находок скелетов людей современного физического типа, живших около 26 тыс. лет назад. Так же ископаемый скелет из Южной Калифорнии (возраст находки – 21,5 тыс. лет) характеризовался отсутствием выраженных монголоидных черт, несмотря на то, что аборигенным населением Америки являются монголоиды. Только более поздние мезолитические находки свидетельствуют о формировании у человека расовых признаков.

Первичное появление на протяжении эволюции признаков малых, а не больших рас позволяет сделать вывод о том, что европеоидная, монголоидная и негроидная расы имеют мозаичное происхождение и представляют собой крупные популяции, объединенные не столько общностью происхождения, сколько климато-географическими характеристиками условий существования и адаптивностью большинства основных признаков. Между большими расами существуют по две переходные малые расы.

Изучение геногеографии популяций по генам групп крови, формам ферментов и иммуноглобулинов свидетельствует о том, что биохимический полиморфизм человека эволюционно возник раньше и развивался дольше, по сравнению с возникновением комплексов расовых признаков. Из этого следует, что расы не представляют собой особых изолированных групп людей, характеризующихся наборами специфических генов. Расовые характеристики являются отдельными проявлениями общего генетического полиморфизма, выражающегося в первую очередь в сложных морфологических признаках. Все они касаются лишь ряда второстепенных особенностей (цвета глаз, кожи, волос и т.д.) и не затрагивают таких общечеловеческих признаков как морфология головного мозга, а также строение и функции руки как органа труда.

Человечество заселило уже около 15 тыс. лет назад все более или менее благоприятные для жизни природно-климатические зоны. В результате в разных климато-географических зонах сформировались разнообразные адаптивные типы людей. Наиболее древним и исходным для остальных экологических типов человека является тропический тип. Формирование экологических типов человека в значительной степени обеспечило всесветное расселение людей.

Таким образом, ведущую роль в эволюции человечества стали играть социальные факторы, однако жизнедеятельность каждого отдельного человека подчинена биологическим законам. Сохраняет свое значение и мутационный процесс как источник генотипической изменчивости. В известной степени действует стабилизирующая форма естественного отбора, устраняя резко выраженные отклонения от средней нормы. Примером действия стабилизирующего отбора служат повышенная смертность недоношенных детей, вследствие снижения жизнеспособности, повышенная смертность мальчиков в первые годы после рождения, вследствие фенотипического проявления неблагоприятных аллелей, локализованных в X-хромосоме. Благодаря существованию неблагоприятных аллелей примерно половина зигот, образующихся в каждом поколении людей, не участвует в передаче генов следующему поколению и устраняется из генофонда вида. Повышение частоты смешанных браков усиливает генотипическое разнообразие человечества. Общественный характер труда позволил человеку выделиться из природы, создать для себя искусственную среду обитания.

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФИЛОГЕНЕЗА ПОЗВОНОЧНЫХ

1. Характеристика типа Хордовые

Хордовые представляют собой наиболее высокоорганизованный тип в животном мире. Их общими чертами являются следующие:

1. Внутренний осевой скелет представлен хордой, которая присутствует в эмбриогенезе у всех представителей типа, а у высших дополняется, а затем замещается позвоночником.

2. Над хордой располагается центральная нервная система в виде нервной трубки с полостью – невроцелем.

3. В боковых стенках глотки находятся жаберные щели, соединяющие ее полость с внешней средой. У рыб и некоторых земноводных они сохраняются в течение всей жизни, у высших хордовых – только в эмбриональном периоде.

4. Тело построено метамерно. У низших хордовых и у зародышей высших сегментация распространяется на все системы органов, у высших ярко выражена только в эмбриональном периоде. Позже частично сохраняется только в опорно-двигательном аппарате, нервной и кровеносной системах.

5. Органами поддержания равновесия и движения являются конечности, причем у низших хордовых большое значение имеют непарные, а у высших – парные.

6. В общем плане строения хордовых можно представить, что на спинной стороне расположена нервная трубка, под ней – хорда или заменяющий ее позвоночник. Глубже находится пищеварительная система с развивающейся из нее дыхательной системы, а под ней – вентральный пульсирующий кровеносный сосуд или сердце.

Из четырех подтипов хордовых лишь бесчерепные (Acrania) и позвоночные (Vertebrata) имеют отношение к прогрессивному направлению в эволюции этого типа животных.

Представителем первого подтипа является ланцетник, относящийся к классу Головохордовых. Второй подтип - Позвоночные включает семь классов: Круглоротые, Хрящевые рыбы, Костные рыбы, Земноводные, Пресмыкающиеся, Птицы и Млекопитающие.

Характерной особенностью бесчерепных является малоподвижный придонный образ жизни и пассивное питание за счет фильтрации воды. Тело ланцетника полупрозрачно, покрыто однослойным цилиндрическим эпителием. Дерма развита слабо. Хорда тянется от головного до хвостового конца, а нервная трубка замкнута на спинной стороне неполно. В ней расположены светочувствительные глазки Гессе, обеспечивающие ланцетнику лишь восприятие света и темноты.

Около половины длины пищеварительной трубки составляет глотка, которая начинается позади ротовой полости и пронизана более чем 100

парами жаберных щелей, ведущих в околожаберную полость. Она открывается во внешнюю среду на брюшной стороне тела. Кишка в передней ее части снабжена печеночным выростом, гомологичным печени других хордовых, и заканчивается анальным отверстием. При поступлении воды через рот в глотку и далее в околожаберную полость осуществляется как отцеживание взвешенных в воде пищевых частиц, так и газообмен в кровеносных сосудах межжаберных перегородок.

Кровеносная система замкнута. Имеется один круг кровообращения, функцию сердца выполняет пульсирующая брюшная аорта.

Органы выделения – метамерно расположенные на межжаберных перегородках нефридии, состоящие из воронок, которые собирают продукты диссимиляции и выводят их в околожаберную полость.

Метамерно организованы и половые железы, выделяющие гаметы по мере их созревания также в околожаберную полость и далее во внешнюю среду вне зависимости от наличия поблизости половозрелых организмов противоположного пола.

Данные сравнительной анатомии и эмбриологии позволили ученым сделать вывод о том, что предками бесчерепных были мелкие свободноплавающие двустороннесимметричные существа с сегментированной мускулатурой и с небольшим количеством жаберных щелей, открывающихся наружу. Так же, как и у ланцетника, питание их было пассивным и осуществлялось за счет фильтрации воды через жаберные щели, а половые продукты периодически выбрасывались в воду.

Предполагается, что первичные бесчерепные дали начало двум ветвям в эволюции хордовых. Представители одной из них перешли к придонному образу жизни. От них произошли предки современных бесчерепных. Другая ветвь характеризовалась усилением двигательной активности. Арогенная эволюция в этой ветви хордовых привела к формированию подтипа Позвоночные.

2. Уровни организации подтипа Позвоночные

Основные особенности образа жизни позвоночных – их активные перемещения в пространстве, обеспечивающие им эффективное разыскивание пищи и представителей противоположного пола при размножении. Это достигается следующими ароморфными чертами их организации: усовершенствованный опорно-двигательный аппарат (сегментированный позвоночник взамен хорды); конечности с собственными мышцами и скелетом; дифференцировка головы с черепом, содержащим мозг (состоит из пяти отделов); развитые органы чувств. Интенсификация обмена веществ способствует выделению специализированных органов дыхания – жабр или легких, а также дифференцировка сердца из брюшного кровеносного сосуда. Выведение продуктов диссимиляции осуществляется специализированным компактным органом – почкой. Половые продукты

выделяются гонадами позвоночных только в период размножения в момент встречи особей противоположных полов.

Семь перечисленных классов подтипа позвоночных фактически являются ступенями, соответствующими поэтапному повышению уровня организации в этом филогенетическом стволе эволюционного древа животного мира.

Наиболее архаичный среди позвоночных класс Круглоротые (*Cyclostomata*). Его представители смогли дожить до настоящего времени в основном, благодаря переходу к паразитическому образу жизни. Представителями являются миноги. Главная их особенность – неподвижность рта, которая обусловлена особым строением жаберных дуг, выполняющих только функцию опоры для глотки. Имеются непарные спинные и хвостовые плавники.

У надкласса Рыбы (*Pisces*) в отличие от бесчелюстных произошло важнейшее ароморфное приобретение – активизация питания – активный захват пищи. Благодаря этому рыбы и все более высокоорганизованные позвоночные относятся к группе Челюстноротые (*Gnathostomata*). Челюсти возникли в результате преобразования передних жаберных дуг. Кроме того, у рыб прогрессивно развиваются парные конечности с собственным скелетом, а у наиболее высокоорганизованных из них – и плавательный пузырь, выполняющий гидростатические функции.

Следующий этап в прогрессивной эволюции позвоночных – выход на сушу, обеспечивающийся дифференцировкой четырех парных конечностей и утратой значения хвостового плавника как органа движения у земноводных. В связи с этим земноводные вместе с более прогрессивными позвоночными объединяются в группу Четвероногие (*Tetrapoda*). Выход на сушу сопровождается преобразованием плавательного пузыря в легкие и появлением в связи с этим двух кругов кровообращения и трехкамерного сердца.

Пресмыкающиеся (*Reptilia*) успешно преодолели барьер влажности. Они имеют сухую кожу, предохраняющую организм от высыхания, и стали независимыми от водной среды даже при размножении, т.к. приобрели способность к внутреннему оплодотворению и откладке яиц с плотными оболочками и запасами жидкости. Амниотическая оболочка их зародышей, формирующаяся в ходе эмбриогенеза, создает благоприятные условия для развития вне зависимости от влажности окружающей среды. Поэтому пресмыкающиеся вместе с птицами и млекопитающими относятся к группе Амниоты (*Amniota*), или Первичноназемные животные.

Ключевой адаптацией птиц и млекопитающих является их теплокровность или гомойотермность, обеспечивающая резкий биологический прогресс этих классов, благодаря независимости от климатических факторов среды. Эти классы объединяются в группу Гомойотермные.

И, наконец, Плацентарные млекопитающие (*Placentalia*) характеризуются внутриутробным эмбриональным развитием, в еще меньшей степени, чем у

пресмыкающихся, зависящим от окружающей среды. Выкармливание потомства молоком значительно повышает шансы на выживание.

Кроме того, преимущественное развитие в центральной нервной системе коры больших полушарий переднего мозга обеспечивает кардинальное усложнение поведения на фоне преобладания условных рефлексов над безусловными и формирования сложных инстинктов. Биологическая организация наиболее прогрессивного отряда млекопитающих – Приматы (Primates) явилась предпосылкой происхождения человека именно в рамках этого отряда.

3. Филогенез нервной системы Позвоночных

Филогенез систем органов хордовых рассматривается в соответствии с прогрессивным направлением эволюции от подтипа Бесчерепные до класса Млекопитающие.

Нервная система хордовых животных, как и у всех многоклеточных, развивается из эктодермы. Она возникла за счет погружения чувствительных клеток, первоначально лежавших на поверхности тела, под его покровы. Так, у наиболее примитивного представителя хордовых – ланцетника – центральная нервная система, состоящая из нервной трубки, сохранила функции органа чувств. У всех позвоночных основные органы чувств – зрения, обоняния и слуха – образуются первоначально как выпячивания передней части нервной трубки.

В эмбриогенезе нервная система формируется вначале всегда в виде полосы утолщенной эктодермы на спинной стороне зародыша, которая впячивается под покровы и замыкается в трубку с полостью внутри – невроцелем. У ланцетника это замыкание еще не полное, поэтому нервная трубка выглядит как желобок. Передний конец ее расширен. Он гомологичен головному мозгу позвоночных. Большинство клеток нервной трубки ланцетника не являются нервными, они выполняют опорные или рецепторные функции.

У всех позвоночных центральная нервная система является производной нервной трубки, передний конец которой становится головным мозгом, а задний – спинным. Образование головного мозга называют кефализацией. Она связана с усилением двигательной активности позвоночных и необходимостью постоянного анализа раздражений, приходящих из внешней среды, в первую очередь с переднего конца тела. Этот процесс сопровождается также дифференциацией органов чувств таких как обоняние, зрение и слух.

Головной мозг всех современных позвоночных животных закладывается в эмбриогенезе вначале из трех мозговых пузырей – переднего, среднего и заднего. И только позже дифференцируется на пять отделов. Вероятно, предки позвоночных имели более простой головной мозг, развивающийся на основе трех мозговых пузырей.

Головной мозг современных взрослых позвоночных всегда состоит из пяти отделов: переднего, промежуточного, среднего, заднего и продолговатого. Внутри головного и спинного мозга расположена общая полость, соответствующая неврочелю. В спинном мозге это спинномозговой канал, а в головном – желудочки мозга. Ткань мозга состоит из серого вещества (скопления нервных клеток) и белого вещества (отростков нервных клеток). В прогрессивной эволюции головного мозга проявляется постепенное усиление роли его передних отделов и мантии.

У рыб головной мозг в целом невелик. Слабо развит его передний отдел. Передний мозг не разделен на полушария. Функционально передний мозг является высшим обонятельным центром. В промежуточном мозге, с которым связаны эпифиз и гипофиз, расположен гипоталамус, являющийся центральным органом эндокринной системы. Средний мозг рыб наиболее развит. Он состоит из двух полушарий и служит высшим зрительным центром. Задний мозг содержит мозжечок, осуществляющий регуляцию координации движений. Продолговатый мозг обеспечивает связь высших отделов головного мозга со спинным и содержит центры дыхания и кровообращения. Головной мозг такого типа называют ихтиопсидным.

У земноводных головной мозг такой же, как у рыб. Однако передний мозг их имеет большие размеры и разделен на полушария. Мозжечок немного редуцирован в связи с примитивным характером движений.

Условия наземного существования пресмыкающихся требуют более сложной морфофункциональной организации мозга. Передний мозг – наиболее крупный отдел, по сравнению с остальными. На поверхности мозга впервые появляются островки коры очень примитивного строения. Средний мозг теряет значение ведущего отдела, размеры его сокращаются. Мозжечок сильно развит, благодаря сложности и многообразию движений пресмыкающихся. Мозг такого типа называют зауропсидным.

У млекопитающих маммальный тип мозга. Для него характерно сильное развитие переднего мозга за счет коры, которая развивается на основе небольшого островка коры пресмыкающихся и становится интегрирующим центром мозга. В ней располагаются высшие центры зрительного, слухового, осязательного, двигательного анализаторов, а также центры высшей нервной деятельности. Кора имеет очень сложное строение и называется новой корой – neocortex. В ней располагаются не только тела нейронов, но и ассоциативные волокна, соединяющие разные ее участки. Промежуточный мозг, как и у других классов, включает гипоталамус, гипофиз и эпифиз. В среднем мозге располагается четверохолмие в виде четырех бугров. Два передних связаны со зрительным анализатором, два задних – со слуховым. Очень хорошо развит мозжечок.

По мере усиления функций передних отделов головного мозга в филогенезе спинного мозга наблюдаются его продольная дифференцировка с образованием утолщений в области отхождения крупных нервов к конечностям и редукция его заднего конца. У млекопитающих на заднем конце спинного мозга остается рудимент в виде конечной нити. Нервы,

идушие к заднему концу тела, проходят по позвоночному каналу самостоятельно.

Основные этапы эволюции центральной нервной системы отражаются и в онтогенезе человека. На стадии нейрулы закладывается нервная пластинка, которая превращается в желобок и затем в трубку. Передний конец трубки образует сначала три мозговых пузыря: передний, средний и задний. Затем передний пузырь подразделяется на два, дифференцирующихся на передний и промежуточный мозг. Средний мозговой пузырь развивается в средний мозг, а задний – в задний мозг и продолговатый мозг.

Задний конец спинного мозга редуцируется, превращаясь в терминальную нить. К моменту рождения конец спинного мозга оказывается на уровне третьего, а у взрослого человека – уже на уровне первого поясничного позвонка.

Головной мозг рано начинает развиваться по пути, характерному для млекопитающих и человека. Первично почти прямая нервная трубка резко изгибается в области будущего продолговатого и среднего мозга. Большие полушария переднего мозга растут с особенно большой скоростью. В результате головной мозг оказывается расположенным над лицевым черепом. Дифференцировка коры приводит к развитию извилин, борозд и формированию высших сенсорных и двигательных центров, в том числе центров письменной и устной речи и др., характерных только для человека.

Центральная нервная система очень важна для интеграции индивидуального развития человека, что большинство ее врожденных пороков несовместимы с жизнью. Среди пороков спинного мозга отмечается платиневрия – отсутствие замыкания нервной трубки. Аномалия переднего мозга – прозенцефалия – выражается в нарушении морфогенеза мозга, при котором полушария оказываются неразделенными, а кора недоразвита. Этот порок несовместим с жизнью. Часто встречается при различных хромосомных и генных синдромах. Нарушения дифференцировки коры (отсутствие извилин – агирия) сопровождается упрощением гистологического строения коры. У детей выявляется грубая олигофрения, нарушение многих рефлексов. Большинство детей умирает в течение первого года жизни.

ФИЛОГЕНЕЗ ДЫХАТЕЛЬНОЙ И КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМ ОРГАНОВ ПОЗВОНОЧНЫХ

1. Филогенез органов дыхания

В ходе эволюции у организмов развилась высокоорганизованная система органов дыхания. Многие беспозвоночные животные (кишечнополостные, плоские и круглые черви) еще не имеют специальных органов дыхания. У этих животных газообмен со средой осуществляется всей поверхностью тела. Впервые органы дыхания встречаются у морских кольчатых червей и водных членистоногих в виде пористых жабр, располагающихся по обеим сторонам тела. Пористые жабры обильно снабжены кровью. У моллюсков в полости мантии образуются пластинчатые жабры. Однако уже у наземных членистоногих в углублениях тела сформированы трахеи или листовидные легкие.

У хордовых дыхательная система связана с кишечником, наиболее просто она организована у ланцетника, в стенке глотки которого (передний отдел кишечника) располагаются жаберные щели. Они открываются в околожабрную полость.

Жабры – наиболее ранние специализированные органы дыхания, которые появляются среди хордовых впервые у рыб.

Они представляют собой тонкие складки слизистой оболочки глотки, которые лежат на жаберных дугах, снабжаются венозной кровью через жаберные артерии и распадаются здесь на капилляры.

Жаберный аппарат у хордовых эволюционировал в направлении образования жаберных лепестков. Так, у рыб сформировалось от 4 до 7 жаберных мешков, которые и являются щелями между жаберными дугами и содержат большое число лепестков, пронизанных капиллярами.

Позади последней жаберной дуги у кистеперых рыб за счет выпячивания глотки формируется парное образование – плавательный пузырь, который выполняет гидростатические функции, уравнивая тело рыбы в толще воды. Связь между ним и глоткой, имеющаяся в эмбриогенезе, не прерывается и позже, поэтому воздух при попадании в глотку беспрепятственно проходит в плавательный пузырь. Таким образом, у рыб воздушный пузырь участвует в дыхании. Эта морфофизиологическая особенность при изменении условий существования кистеперых рыб явилась предпосылкой преобразования плавательного пузыря в легкие.

В то время как у водных хордовых дыхательную функцию выполняют жаберные щели, у наземных хордовых жаберные щели имеются лишь в эмбриональном периоде, после чего они исчезают. Дыхание у наземных хордовых осуществляется легкими, которые развиваются из выпячиваний кишечной стенки. В процессе эволюции дыхательная поверхность легких

увеличивалась, что привело к образованию бронхов и бронхиол. Впервые легкие встречаются у земноводных и имеют вид полых мешков.

Так, у земноводных, связанных по происхождению с кистеперыми рыбами, в личиночном состоянии функционируют жабры, а во взрослом – органами дыхания становятся легкие. В связи с отсутствием грудной клетки и диафрагмы воздух в них попадает из ротовой полости за счет глотательных движений, которые осуществляются подбородочно-подъязычной мышцей. У земноводных впервые появляются хрящи гортани, которая является первым органом, относящимся к нижним дыхательным путям. Легкие начинаются непосредственно от гортани. Они являются крупноячеистыми и имеют относительно малую дыхательную поверхность, поэтому у земноводных газообмен в большей степени осуществляется через кожные покровы.

У рептилий происходит дифференциация органов дыхания. Строение легких усложняется, в них появляются ячеистые структуры (перекладки) и бронхи. Рептилии, вышедшие на сушу окончательно, имеют как верхние дыхательные пути (хотя полость носа еще не полностью отграничена от ротовой полости), так и нижние – гортань, трахею и бронхи. Их легкие мелкоячеисты, содержат многочисленные внутренние перегородки и обладают большой дыхательной поверхностью. Впервые появляется диафрагма. Она еще не полностью принимает активное участие в дыхании и либо лишена мышечных элементов, либо не полностью разделяет грудную и брюшную полости. Механизм дыхания основан на сокращении межреберных мышц, которые и приводят в движение грудную клетку.

У птиц легкие представляют собой губчатые образования с разветвлениями бронхов.

У млекопитающих развитие дыхательной системы достигает самого высокого уровня развития. Формируются бронхи второго, третьего и четвертого порядков, бронхиолы и альвеолы – легочные пузырьки, имеющие в сумме огромную площадь поверхности (у человека – до 90 м²). Основной мышцей, изменяющей объем грудной клетки, становится диафрагма, которая отделяет грудную полость от брюшной. Дыхательные пути, как и у предков, выстланы мерцательным эпителием. Они полностью отделены от пищеварительной системы и только перекрещиваются с ней в глотке.

Наличие высокоспециализированных органов дыхания обеспечивает эффективный газовый обмен в легких (верхнее дыхание) и в тканях (внутреннее дыхание). Появляются гортанные хрящи.

В эмбриогенезе человека отражается первоначальное единство пищеварительной и дыхательной систем. На этом основано формирование большой группы врожденных пороков развития пищевода и трахеи: образование свищей, кист, недоразвитие долей легких.

2. Филогенез кровеносной системы

У многих беспозвоночных животных сосудистой системы как таковой не существует. У губок, кишечнополостных и плоских червей питательные

вещества и кислород поглощаются в тканевую жидкость и с нею транспортируются в разные части тела. Сосуды появляются в качестве структур, обеспечивающих циркуляцию ее в определенных направлениях, причем в ходе эволюции в стенках сосудов развивается мышечная ткань. Поэтому вначале возникают примитивные сосуды, затем в результате образования в сосудах мышечной ткани они приобретают способность к сокращению. Заполняющая сосуды тканевая жидкость превращается в кровь.

Необходимым условием существования высокоорганизованных крупных многоклеточных организмов является наличие жидкой подвижной среды, которая выполняет транспортные функции и обеспечивает интеграцию организма в целостную систему. Конкретная функция кровеносной системы зависит от того, что она транспортирует: питательные вещества, кислород, углекислый газ, другие продукты диссимиляции или гормоны. Кровеносная система всех хордовых замкнута и состоит из двух основных артериальных сосудов: брюшной и спинной аорт. По брюшной аорте венозная кровь продвигается кпереди, обогащается кислородом в органах дыхания, а по спинной – кзади. Из спинной аорты кровь через систему капилляров возвращается по венам в брюшную аорту. Брюшная аорта или её часть, периодически сокращаясь, проталкивает кровь по сосудам.

Кровеносная система впервые развивается у кольчатых червей, у которых она замкнута и состоит из верхнего спинного и нижнего брюшного сосудов, объединенных опоясывающими кишечник кольцевыми сосудами. От спинного и брюшного сосудов отходят более мелкие сосуды к стенкам тела. К головному отделу кровь идет по спинной стороне, а к заднему – по брюшной.

У членистоногих кровеносная система не замкнута, так как сосуды открываются в полость тела. Спинной сосуд разделяется перегородками (клапанами) на отдельные камеры – сердца, сокращение которых гонит кровь в артерии, а из последних – в пространства между органами. Из этих пространств кровь затем поступает в окологердечную полость.

У моллюсков кровеносная система не замкнута и представлена сердцем, состоящим из нескольких предсердий и желудочка, а также артериальными и венозными сосудами. Вены впадают в предсердие, тогда как артерии отходят от желудочка.

Кровь у беспозвоночных несет кислород к тканям, удаляет двуокись углерода и транспортирует питательные вещества, гормоны, а также шлаковые продукты азотистого обмена. Кровь беспозвоночных по сравнению с кровью позвоночных содержит меньшее количество белков и форменных элементов. Единственным форменным элементом крови большинства беспозвоночных являются лейкоциты. Транспорт кислорода осуществляется различными способами, при которых используются гемоглобин и другие дыхательные пигменты. Предполагают, что гемоглобин впервые возник еще у прокариотов. Некоторые бактерии синтезируют гемопротеин, содержащий участки, последовательности аминокислот в

которых близки к аналогичным последовательностям в глубинах высших эукариотов.

У полухордовых кровеносные сосуды еще не выстланы эндотелием. Сердце у них представляют собой мускульное выпячивание около желудка.

У хордовых кровеносная система характеризуется дальнейшим совершенствованием, в результате которого развиваются сердце, сосуды, кровь. У ланцетника кровеносная система замкнута, но сердце еще не сформировано, его функцию выполняет передний отдел крупного сосуда в виде брюшной аорты. По брюшной аорте венозная кровь поступает в приносящие жаберные артерии, которые по количеству соответствуют числу межжаберных перегородок (до 150 пар), где обогащаются кислородом.

По выносящим жаберным артериям кровь поступает в корни спинной аорты. Они несут артериальную кровь к головному мозгу. Передние ветви этих двух сосудов являются сонными артериями. Задние ветви образуют спинную аорту, которая разветвляется на многочисленные артерии, направляющиеся к органам и распадающиеся на капилляры.

После тканевого газообмена кровь поступает в парные передние или задние кардинальные вены, расположенные симметрично. Кьюьеровы протоки от вен впадают в брюшную полость. От стенок пищеварительной системы венозная кровь оттекает по воротной вене печени в печеночный вырост, где формируется система капилляров. Капилляры собираются вновь в венозный сосуд – печеночную вену, по которой кровь поступает в брюшную аорту.

Таким образом, несмотря на простоту и один круг кровообращения у ланцетника уже имеются магистральные артерии, характерные для позвоночных, в том числе и для человека: брюшная аорта, преобразующаяся позже в сердце; спинная аорта и сонные артерии. Основные вены, имеющиеся у ланцетника, также сохраняются у более высокоорганизованных животных.

У водных позвоночных появляется сердце. Более активный образ жизни рыб предполагает более интенсивный метаболизм. В частности у рыб сердце двухкамерное, имеет предсердие и желудочек. Круг кровообращения один, артериальная и венозная кровь в нем не смешивается. Из сердца венозная кровь идет к жабрам, где, окислившись, становится артериальной, после чего расходится по артериям ко всем частям тела. К сердцу кровь возвращается по венам. Кровеносная система рыб еще соответствует строению ее у ланцетника.

В связи с выходом земноводных на сушу и появлением легочного дыхания у них возникает два круга кровообращения. Артериальная и венозная кровь разъединяются. Сердце амфибий трехкамерное, но как и у рыб, от правой половины единственного желудочка начинается единственный сосуд – артериальный конус. Как у всех более высокоорганизованных классов, в правое предсердие впадают вены большого круга, несущие венозную кровь, в левое – малого - с артериальной кровью. При сокращении предсердий в желудочек одновременно попадают

обе порции крови. Две дуги аорты, несущие смешанную кровь, огибают сердце и пищевод сзади, образуя спинную аорту, снабжающую все тело, кроме головы, смешанной кровью. Передние кардинальные вены обеспечивают отток крови от головы. Их называют яремными венами, а кювьеровы протоки, в которые они впадают вместе с подключичными венами – передними полыми венами.

У пресмыкающихся так же развивается трехкамерное сердце, однако у пресмыкающихся желудочек уже разделен неполной перегородкой на правую (венозную) и левую (артериальную) половины. У крокодилов желудочек разделен полностью. От сердца отходит не один, а три сосуда, образовавшихся в результате разделения артериального ствола. Артериальной кровью снабжается не только голова, но и передние конечности. В связи с появлением шеи сердце располагается ближе к хвостовому концу. Венозная система пресмыкающихся в целом почти не отличается от системы вен земноводных. Таким образом, названные преобразования обеспечивают углубление разделения артериального и венозного токов крови. Однако у пресмыкающихся этого еще не происходит.

У наземных позвоночных развивается трех-, а затем и четырехкамерное сердце. У птиц и млекопитающих сердце состоит из мышц и разделено на четыре камеры в виде двух предсердий и двух желудочков. Имеются большой и малый круги кровообращения. Благодаря этому артериальная и венозная кровь не смешиваются. Артериальная кровь выходит из сердца, венозная поступает в него. В результате все органы млекопитающих снабжаются артериальной кровью.

Сердце позвоночных относят к миогенному типу, благодаря тому, что его сокращения возникают внутри мышцы за счет сократительных элементов, называемых миофибриллами. У рыб, земноводных и пресмыкающихся сокращения сердца начинаются в тонкой мышечной стенке венозного синуса и распространяются по внутренней проводящей системе в предсердие, потом в желудочки. У птиц и млекопитающих венозный синус отсутствует.

Сердце закладывается на первых этапах развития в виде недифференцированной брюшной аорты, которая за счет изгибания, появления в просвете перегородок и клапанов, становится последовательно двух-, трех и четырехкамерным. Но межжелудочковая перегородка млекопитающих формируется иначе по сравнению с рептилиями. Можно считать, что четырехкамерное сердце млекопитающих формируется на базе трехкамерного сердца, а межжелудочковая перегородка является новообразованием, а не результатом доразвития перегородки пресмыкающихся.

Таким образом, в морфогенезе этого органа у млекопитающих рекапитулируют ранние филогенетические стадии, а затем развитие идет в ином направлении, характерном лишь для класса млекопитающих. Место закладки и положение сердца в филогенетическом ряду позвоночных полностью рекапитулируют у млекопитающих и человека. Так, закладка сердца у человека осуществляется на 20-е сутки эмбриогенеза, как у всех

позвоночных, позади головы. Позже за счет изменения пропорции тела, появления шейной области, смещения легких в грудную полость осуществляется и перемещение сердца в переднее средостение. Нарушения в развитии сердца могут выражаться как в возникновении аномалий строения, так и места его положения. Возможно сохранение к моменту рождения двухкамерного сердца. Чаще встречаются дефекты межпредсердной и межжелудочковой перегородок и др.

3. Филогенез лимфатической системы

У хордовых развивается лимфатическая система, которая имеет незамкнутый характер и состоит из лимфатических сосудов, лимфатических узлов и лимфы. Эта система в процессе эволюции выделилась из венозной системы. Лимфатические сосуды в виде микроскопических капилляров начинаются с межклеточных пространств, формируя более крупные сосуды. По лимфатическим сосудам лимфа переходит из тканей в венозное русло. Все лимфатические сосуды сливаются в толще слизистой оболочки и подслизистой основы кишечника у рыб, земноводных, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих, но группы лимфатических узелков развиваются лишь у млекопитающих.

У позвоночных по мере усложнения их организации лимфатические капилляры приближаются к клеткам и лимфоидным узелкам.

ФИЛОГЕНЕЗ ВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ И РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМ ОРГАНОВ ПОЗВОНОЧНЫХ

1. Эволюция выделительной системы

У низших беспозвоночных животных (простейших) выделение продуктов обмена осуществляется через всю поверхность тела путем диффузии. Этот же механизм осуществляется у губок и иглокожих, однако некоторые из них освобождаются от продуктов обмена с помощью фагоцитоза.

У плоских червей уже развита примитивная выделительная система виде протонефридий. Это слепые канальцы, разветвленные в теле и снабженные на конце клеткой, которая проникает в каналец. Продукты выделения поступают в канальцы, открывающиеся наружу в виде пор. Через эти поры продукты выделения выходят в окружающую среду. У круглых червей выделительная система представлена внутрисплатизмическими каналами, пронизывающими полость тела.

У кольчатых червей, у которых появляется вторичная полость (целом), развивается выделительная система в виде метанефридий – извитых канальцев, располагающихся по два в каждом сегменте тела. Эти канальцы открываются во вторичную полость тела одним концом (нефростомом), снабженным мерцательными ресничками, а наружу (на боковой стороне гельминта) – другим концом (нефридиопорой). У кольчатых червей метанефридии очень многочисленны.

У насекомых и других членистоногих выделительная система представлена слепыми канальцами (мальпигиевыми сосудами), включенными в целом и открывающимися в анальное отверстие. Эти канальцы выстланы полусферическим эпителием.

У моллюсков имеются две метанефридии, каждая из которых открывается нефростомом в околосоердечную полость, а другим концом – в бронхиальную полость. Таким образом, выделительную функцию осуществляет структура, формируемая канальцами метанефридий.

У хордовых выделительная система характеризуется дальнейшим усложнением и разнообразием, которые определяются переходом от нефридий у низших хордовых к почкам позвоночных. Так, у бесчерепных (у ланцетника) выделительная система состоит из располагающихся в области жаберной щели сегментированных канальцев. Жидкость в них поступает из целома через нефростомы и выводится в околубронхиальную полость через нефридиопоры. У ланцетника таких нефридий очень много (до 100 пар).

У позвоночных в период эмбриогенеза из мезодермы развивается как бы три «поколения» почек – предпочка или головная почка (пронефрос) у круглоротых (миксины); первичная или туловищная почка (мезонефрос) у круглоротых (миноги), рыб и земноводных и вторичная или тазовая почка (метанефрос) у пресмыкающихся, птиц и млекопитающих.

Усложнение в строении выделительной системы выражается, в первую очередь, в строении почечных канальцев. В предпочке почечные канальцы еще похожи на метанефридии, т.е. они являются канальцами, открывающимся мерцательным нефростомом в целом, а число канальцев составляет 4-10. У миксин пара предпочечных протоков тянется от шейной части до клоаки.

Дальнейшее усложнение выделительной системы связано с повышением эффективности фильтрующей системы внутри канальцев. Для первичной почки характерно увеличение извилистости капилляров внутри канальцев, число которых может достигать 100, формирование из них клубочков и локализация в особых камерах (капсулах), образуемых стенкой канальца, что приводит к возникновению так называемых мальпигиевых телец.

Если первичная почка представляет собой овальное образование, то вторичная – дольчатый орган, канальцы которого (число их доходит до 10^6) открываются в мочеточник, переходящий в мочевой пузырь (у пресмыкающихся и птиц мочевой пузырь отсутствует). У них протоки выделительной системы открываются непосредственно в клоаку, тогда как у млекопитающих мочевой пузырь переходит в мочеиспускательный канал.

Почки разных поколений образуются из мезодермы. Пронефрос закладывается из парных зачатков. Разрастаясь, они сливаются в так называемый предпочечный проток. Закладка мезонефроса происходит позади пронефроса. В процессе развития проток мезонефроса расщепляется на так называемые вольфов и мюллеров каналы. Метанефрос формируется позади мезонефроса. Канальцы этой почки открываются в мочеточник, который отделяется от вольфова канала, превращающегося в семяпровод у самцов, тогда как мюллеров канал сохраняется, выполняя роль яйцевода у самок.

У взрослых форм круглоротых, рыб и земноводных имеются первичные почки, у миксин еще не утрачиваются некоторые особенности структуры предпочки, тогда как у личиночных форм рыб и земноводных предпочки сохраняются полностью. У взрослых форм пресмыкающихся, птиц и млекопитающих функционируют только вторичные почки. Они представляют собой парные сплошные или дольчатые тела, располагающиеся под позвоночником.

2. Развитие и функция почки у человека

Органами выделения у человека, как и всех позвоночных, являются почки – парные органы, структурная единица которых представлена нефроном. В наиболее примитивном виде это – воронка, открывающаяся в целом и соединенная с выделительным канальцем, который впадает в общий выводной проток – мочеточник.

У человека, как и у млекопитающих, возникают вторичные почки. Они закладываются в тазовом отделе тела и содержат сотни тысяч нефронов наиболее совершенного строения. У новорожденного ребенка в почке их насчитывается около 1 млн. Они образуются за счет многократного

ветвления развивающихся нефронов. Нефроны не имеют воронки и, таким образом, теряют полностью связь с целомом. Каналец нефрона удлиняется, теснее контактирует с кровеносной системой, а у млекопитающих дифференцируется на проксимальный и дистальный участки, между которыми появляется еще и так называемая петля Генле.

Такое строение нефрона обеспечивает не только полноценную фильтрацию плазмы крови в капсуле, но и, что более важно, эффективное обратное всасывание в кровь воды, глюкозы, гормонов, солей и других необходимых организму веществ. В результате концентрация продуктов диссимиляции в моче, выделяемой вторичными почками, велика, а само ее количество – мало. У человека, например, за сутки в капсулах нефронов обеих почек фильтруется около 150 л плазмы крови, а мочи выделяется около 2 л. Это позволяет животным, в том числе и человеку, обладающим вторичными почками, быть более независимыми от водной среды и заселять засушливые участки земли.

Почки располагаются в поясничной области. В онтогенезе человека обнаруживается выраженная рекапитуляция в развитии почки: закладывание вначале про-, затем мезо-, а позже – метанефроса. Последний развивается в тазовой области, а затем за счет различий в скоростях роста позвоночника, таза и органов брюшной полости перемещается в поясничную область. У пятидневного зародыша можно обнаружить сосуществование предпочки, первичной, а также зачатков вторичной почки.

На начальных этапах развития почка человека сегментирована. Позже ее поверхность сглаживается и метамерность сохраняется лишь во внутреннем строении в виде почечных пирамид. Пороки развития почек у человека, основанные на их филогенезе, многообразны. Сохранение метанефроса и одностороннее отсутствие вторичной почки возможна у человека (хотя описана пока только у мышей). Относительно часто встречается сегментированная вторичная почка, имеющая один или даже несколько мочеточников; возможно и полное ее удвоение. Часто наблюдается тазовое расположение почки, связанное с нарушением ее перемещения на 2-4-ом месяцах зародышевого развития.

3. Эволюция репродуктивной системы

У простейших специальной репродуктивной системы не существует, так же как и у губок и кишечнополостных. Репродуктивная система в виде половых желез и протоков для выведения половых клеток возникает у плоских червей. Вопреки гермафродитизму у плоских червей формируются семяпроводы и семяизвергательные каналы для мужских половых клеток, а также яйцеводы, матка и влагалище – для женских половых клеток. Половые клетки образуются в семенниках и яичниках.

У круглых червей уже наблюдается раздельнополость. Отмечается развитие копулятивного аппарата, необходимого для внутреннего оплодотворения.

У хордовых прогрессивное усложнение репродуктивной системы шло в направлении специализации женских и мужских половых желез и формирования приспособлений для внутреннего осеменения.

Для ланцетника характерно наличие большого числа половых желез (26 пар), располагающихся в стенках околожаберной щели. Эти железы еще не имеют протоков для выведения половых клеток. Последние, благодаря разрывам стенок желез, вначале попадают в околожаберную щель, а затем наружу через атриопор.

У круглоротых уже существует непарная половая железа, но протоков еще нет. После созревания половые клетки оказываются в полости тела, откуда через половые отверстия выводятся наружу.

У рыб характерно увеличение половых желез, что связано с образованием большого числа половых клеток. Яичник обычно непарный, а семенники часто парные. Выводные протоки половых желез у рыб уже связаны с выделительными канальцами почек.

У хрящевых рыб строение половых желез самок и самцов в значительной степени сходно. У всех остальных позвоночных яичник всегда имеет фолликулярное строение, т.е. содержит пузырьки – фолликулы, в каждом из которых находится одна будущая яйцеклетка. При созревании яйцеклетки стенка фолликула разрывается, и она поступает вначале в брюшную полость, а затем в яйцевод. Семенники содержат семенные трубочки, которые соединены с семявыносящими каналами, по которым зрелые сперматозоиды выходят во внешнюю среду.

У земноводных половые железы являются парными как у самцов (семенники), так и у самок (яичники). У части амфибий (бесхвостых) еще сохраняется наружное оплодотворение. Развитие происходит с метаморфозами.

У пресмыкающихся женские и мужские половые железы сходны с подобными железами земноводных, но сильнее развит правый яичник.

У птиц репродуктивная система также ассиметрична, но больше развит левый яичник. Яйцевод очень велик, причем делится на передний и задний яичник. Яичник сильно увеличивается в период кладки яиц. До и после этого периода он имеет меньшие размеры.

Наибольшего усложнения репродуктивная система достигает у млекопитающих. Им свойственно только внутреннее оплодотворение. Отмечается развитие совокупительных органов, приспособлений для развития плода в организме матери. Формируются придаточные железы. Для млекопитающих характерно сложное половое поведение.

Сперматозоиды большинства беспозвоночных уже обладают структурными компонентами, типичными для простейших и соматических клеток многоклеточных. В частности, акросома является первичной лизосомой. Имеются центриоли, митохондрии и жгутик с аксонемой.

У организмов, приспособившихся к жизни на суше, после развития внутреннего оплодотворения сперматозоиды преобразовались в вытянутые

структуры, а в их хвосте появились дополнительные цитоскелетные элементы.

У сперматозоидов высших наземных организмов существуют разные виды подвижности и разные типы акросом, что зависит от строения яйцевых оболочек.

Выделительная и половая системы в целом выполняют разные функции. Однако их рассматривают в едином комплексе в связи с единством эмбрионального развития и первичной функциональной связью со вторичной полостью тела – целомом. В эмбриогенезе закладка мочеполовой системы формируется в непосредственном контакте с целомом. Половые железы у всех хордовых животных располагаются в целоме. Продукты диссимиляции у всех целомических животных, в том числе и низших хордовых, также поступают в целом. Наиболее простой путь выведения во внешнюю среду как половых клеток, так и продуктов диссимиляции – через общий канал, начинающийся воронкой в целоме и заканчивающийся выделительной порой на покровах. Таковы взаимоотношения половых желез и выделительных каналов у многих беспозвоночных и, вероятно, у древних предков хордовых.

Половые железы у всех позвоночных развиваются в виде парных складок. Половые складки вдаются в полость тела и оказываются подвешенными на брыжейке. Первичные половые клетки обособляются у зародышей очень рано – уже на стадии гаструляции. Вначале они обнаруживаются в составе эктодермы головного конца эмбриона, затем попадают в энтодерму, откуда активно перемещаются в половые складки. Здесь дифференцирующийся эпителий половой железы, который включает в себя первичные половые клетки, объединяется с соединительной тканью стромы в виде шнуров. Такая гонада индифферентна в половом отношении и может развиваться в дальнейшем как в семенник, так и в яичник, в зависимости от генетических факторов дифференцировки пола.

Индифферентность развивающейся половой железы позвоночных называют первичным гермафродитизмом. Он эволюционно связан, вероятно, с гермафродитизмом древних предков позвоночных. Доказательством этого может служить наличие у наиболее примитивных современных позвоночных – круглоротых – таких половых желез, передняя часть которых является яичником, а задняя – семенником. У самок некоторых земноводных на протяжении всей жизни сохраняется рудиментарный участок индифферентной половой железы.

Зародыш человека до определенного возраста имеет недифференцированные половые железы, которые в зависимости от различных факторов становятся либо семенниками, либо яичниками. Нарушение их дифференцировки может привести к возникновению образования, в котором сочетаются элементы семенника и яичника. У детей, имеющих такой *ovotestis*, обнаруживаются признаки гермафродитизма и в наружных половых органах.

У всех позвоночных с непостоянной температурой тела половые железы находятся в брюшной полости. У большинства млекопитающих мужские гонады перемещаются через паховый канал в мошонку, где температура всегда несколько ниже. Вероятно, пониженная температура более благоприятна для сперматогенеза, обеспечивая более низкий уровень спонтанных мутаций в созревающих сперматозоидах.

У человека семенники, закладываясь в брюшной полости, перемещаются через паховый канал и к 8-му месяцу внутриутробного развития оказываются в мошонке. У 2,2% мальчиков пубертатного возраста обнаруживаются различные формы крипторхизма – неопущения яичек, которые при этом обычно недоразвиты, а часть семявыносящих канальцев заменена соединительной тканью. Для предотвращения бесплодия таким мальчикам необходимо хирургическое опущение яичек в мошонку в раннем возрасте.

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

1. Среда и условия существования организмов

Среда – это все, что окружает организм и прямо или косвенно влияет на его состояние, развитие, рост, выживаемость, размножение и т.д. Среда каждого организма складывается из множества элементов неорганической и органической природы и элементов, привносимых человеком, его производственной деятельностью. При этом одни элементы могут быть необходимы организму, другие почти или полностью безразличны для него, а третьи оказывают вредное воздействие.

Элементы среды, необходимые организму или отрицательно на него воздействующие, называются экологическими факторами. В природе эти факторы действуют не изолированно друг от друга, а в виде сложного комплекса. Огромное разнообразие факторов можно разделить на три основные группы: абиотические, биотические и антропогенные.

Абиотические факторы – это комплекс условий неорганической среды, влияющих на организм. Они делятся на химические (химический состав атмосферы, морских и пресных вод, почвы, донных отложений) и физические или климатические (температура, влажность, освещение, барометрическое давление и др.). Численность (биомасса) и распределение организмов в пределах ареала зависят от лимитирующих факторов, т.е. от факторов, необходимых для существования.

Биотические факторы – это совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на другие. Они носят самый разнообразный характер. Живые существа служат источником пищи (растения – для травоядных, животные – для хищников), средой обитания (хозяин – для паразита); способствуют размножению (опылители растений); оказывают химические, физические и другие воздействия. Основные формы биотических отношений следующие.

Конкуренция – взаимоотношения между организмами одного вида (внутривидовая) или разных видов (межвидовая), при которых они используют одни и те же ресурсы окружающей среды при недостатке последних. Чем разнообразнее возможность организмов биоценоза (поскольку различные виды занимают определенные экологические ниши), тем менее напряженной будет конкуренция.

Хищничество – форма межвидовых взаимоотношений, способ добывания пищи и питания животных (изредка растений), при которых они ловят, убивают и съедают других животных. Как видно, в основе этих взаимоотношений лежат пищевые связи. Как результат исторического развития взаимоотношений хищник-жертва в любом биоценозе сформировались определенные механизмы регуляции численности обеих компонентов системы. Хищник – важный фактор естественного отбора.

Паразитизм – межвидовые отношения (одна из форм симбиоза – совместного проживания), при которых один вид (паразит) использует другой (хозяин) как среду обитания и как источник пищи. Паразитизм встречается на всех уровнях организации живого, начиная с вирусов и бактерий и кончая высшими растениями и животными.

Комменсализм – форма симбиоза, при котором один из партнеров системы (комменсал) питается остатками пищи или продуктами выделения другого (хозяина), не причиняя последнему вреда.

Мутуализм – форма симбиоза, взаимовыгодное сожительство разных видов. Классический пример мутуализма – сожительство рака-отшельника и актинии. Лишайники – форма симбиоза водоросли и гриба. Грибная микориза на корнях высших растений.

Антропогенные факторы – совокупность воздействия деятельности человека на органический мир. На природу в значительной степени оказывает влияние производственная деятельность людей. Это воздействие постоянно возрастает.

Эффект воздействия экологических факторов зависит не только от характера, но и от дозы, воспринимаемой организмом (высокая или низкая температура, яркий свет или темнота). У всех организмов в процессе эволюции выработались приспособления к восприятию факторов в определенных количественных пределах. Однако для каждого организма существует конкретное количество факторов, наиболее благоприятное для него. Уменьшение или увеличение этой дозы, относительно пределов оптимального диапазона (зоны оптимума), снижает жизнедеятельность организма, а при достижении максимума или минимума – вообще исключается возможность его существования. Границы, за которыми существование организма невозможно, называются нижним и верхним пределами выносливости.

2. Понятие о биоценозе и биосфере

В природе популяции разных видов составляют макросистемы более высокого ранга – сообщества, или биоценозы. Биоценоз – это организованная группа взаимосвязанных популяций растений, животных, грибов и микроорганизмов, живущих совместно в одних и тех условиях среды.

Биотоп – это место существования или местообитание биоценоза с однородными условиями. Поэтому биоценоз можно рассматривать как исторически сложившийся комплекс организмов, характерный для какого-то конкретного биотопа.

Любой биоценоз образует с биотопом единую биологическую макросистему – биогеоценоз или экосистему. Биогеоценоз – это совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений – атмосферы, горной породы, гидрологических условий, растительности, животного мира, мира микроорганизмов и почвы.

Для определения роли, которую играет тот или иной вид в биогеоценозе введено понятие (И. Гринелл, 1917) «экологическая ниша». Экологическая ниша – это совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе. Местообитание – это место существования вида, а экологическая ниша – это способ существования вида, который определяется морфологической приспособленностью, физиологическими реакциями и поведением.

Каждый конкретный биоценоз характеризуется строго определенным видовым составом. При этом одни виды биоценоза могут быть представлены многочисленными популяциями, а другие – малочисленными. В связи с этим в любом биоценозе можно выделить один или несколько видов, определяющих его облик. Виды, которые занимают ведущее, господствующее положение в биоценозе, называются доминирующими или доминантами.

В ходе длительного эволюционного преобразования, приспособляясь к определенным абиотическим и биотическим условиям, живые организмы в итоге так разместились в биогеоценозе, что практически не мешают друг другу, т.е. их распределение носит ярусный характер. Ярусность – это явление вертикального расслоения биоценоза на разновысокие структурные части. Наиболее четко ярусность выражена в растительных сообществах (фитоценозах). В них растения различаются по высоте. Ярусно (по горизонтам) располагаются и подземные части растений.

Заслуга в разработке учения о биосфере принадлежит акад. В.И. Вернадскому. Согласно его учению, Биосфера – это оболочка Земли, в формировании которой живые организмы играют основную роль. В ней присутствуют три главных компонента: живые организмы (живое вещество), минеральные вещества, включенные живым веществом в биогенный круговорот; продукты деятельности живого вещества, временно не участвующие в биогенном круговороте.

Современная биосфера представляет собой сложную систему, состоящую из многих компонентов, которые включают всю живую и неживую (среда обитания) природу. Она охватывает часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы, взаимосвязанные биогеохимическими циклами миграции веществ и энергии. Биосфера (область живого вещества на Земле) представляет собой глобальный биотоп, населенный всеми живыми существами, в том числе и человеком, которые проживают на планете Земля.

Чтобы биосфера продолжала существовать, чтобы развитие ее не прекращалось на Земле, постоянно должен происходить круговорот биологически важных веществ, т.е. после использования они должны вновь переходить в усвояемую для других организмов форму. Этот переход биологически важных веществ из звена в звено может осуществляться только при определенных затратах энергии, источником которой является Солнце.

С появлением на Земле живой материи химические элементы непрерывно циркулируют в биосфере, переходя из внешней среды в организмы и опять во внешнюю среду. Такая циркуляция по более или менее

замкнутым путем называется биогеохимическим циклом. Основными биогеохимическими циклами являются круговороты кислорода, углерода, воды, азота, фосфора, серы и биогенных элементов. Круговороты этих веществ охватывают все области биосферы. Можно привести пример круговорота углерода: фиксация углекислого газа растениями в процессе фотосинтеза – из углекислого газа и воды образуются углеводы и высвобождается кислород, при этом частично углерод в составе углекислого газа во время дыхания растений – фиксированный растениями углерод в некоторой степени потребляется животными – животные при дыхании также выделяют углекислый газ – отжившие животные и растения разлагаются микроорганизмами, в результате чего углерод мертвого органического вещества окисляется до углекислого газа и снова попадает в атмосферу.

3. Структура и динамика популяций и экосистем

Каждый вид животного, растения, микроорганизма представлен в природе не простой суммой особей, а в форме своеобразных группировок организмов, представляющих единое функциональное целое – популяцию с общим генофондом, сходной морфологией, единым жизненным циклом и занимающую определенную территорию. Таким образом, популяция – это элементарная совокупность особей одного вида, обладающая всеми необходимыми условиями для поддержания своей численности длительное время в постоянно изменяющихся условиях среды, а вид – это сложная биологическая система, состоящая из популяций, обладающих характерными особенностями строения, физиологии и поведения. Основным свойством популяций (как и всех экосистем) является то, что они не статичны, а находятся в непрерывном изменении, в движении, которое существенно отражается на структурно-функциональной организованности, продуктивности, биологическом разнообразии и устойчивости системы.

Популяция как биологическая единица обладает определенной структурой и функцией. Основными параметрами популяции являются численность и плотность. Численность популяции – это общее число особей на данной территории. Она никогда не бывает постоянной и зависит от соотношения интенсивности размножения (плодовитости) и смертности. Плотность популяции определяется числом особей или биомассой на единице площади или объема. Несмотря на изменчивость численность популяции колеблется не беспредельно. Популяция, как и любая биологическая система, обладает способностью к саморегуляции. Динамика численности и плотности популяций находится в тесной зависимости от плодовитости и смертности. Средняя величина плодовитости каждого вида определилась исторически как приспособление, обеспечивающее пополнение убыли популяций. Смертность популяции – это число особей, погибших за определенный период. Она, как и плодовитость, изменяется в зависимости от условий среды, возраста и состояния популяции и выражается в процентах к начальной или к средней её величине. Колебания

численности популяций под влиянием абиотических и биотических факторов среды, свойственные всем видовым популяциям, называются популяционными волнами.

Степень плодовитости и смертности популяции зависит от ее возрастной структуры. Соотношение возрастных групп характеризует способность популяции к размножению. Каждой популяции свойственны группы разновозрастных особей. А среди них имеются особи разных полов. Возрастной и половой состав популяции находится в тесной взаимозависимости. Возраст и условия, при которых наступает половая зрелость самцов и самок, влияют на функционирование популяций в составе биогеоценоза и обеспечивают сохранение ее на определенном уровне. Репродуктивный возраст популяции зависит от продолжительности жизни особей и поколений. У разных организмов эти показатели неодинаковы. Если индивидуальная жизнь особей у микроорганизмов не превышает нескольких часов, у некоторых насекомых и других беспозвоночных продолжается несколько недель до года, то у крупных млекопитающих она достигает десятков лет, а у древесных пород растений – столетий.

Половые внутривидовые группировки формируются на основе неодинаковой морфологии и экологии различных полов. В простейшем случае это половой диморфизм – отличие самцов от самок. В жизни вида и в динамике популяций полиморфизм имеет большое значение – отдельные группы, обладая специфическими чертами, занимают различные экологические ниши и исключают тем самым внутривидовую конкуренцию. При этом усложняются и становятся более разнообразными связи организма со средой. В результате организм приобретает широкие возможности для освоения жизненного пространства.

Популяции животных, растений и микроорганизмов обладают способностью к естественному регулированию плотности, т.е. плотность при более или менее значительных колебаниях остается в устойчивом состоянии между верхним и нижним пределами. Оно основано на том, что поступление энергии, необходимой для выживания той или иной популяции, не превышает некоторого уровня и сохраняет, таким образом, размеры данной популяции. Тенденция живых систем, в том числе и популяций, поддерживать внутреннюю стабильность с помощью собственных регулирующих механизмов называется гомеостазом, а колебания численности популяций в пределах какой-то средней величины – их динамическим равновесием. Все биологические системы характеризуются большей или меньшей способностью к саморегуляции, т.е. к гомеостазу. Саморегуляция – необходимое приспособление организмов для поддержания жизни в постоянно меняющихся условиях.

Динамика экосистем. В процессе суточной и сезонной динамики целостность биоценозов обычно не нарушается. Но она может подвергаться воздействию сил, которые существенно изменяют или полностью разрушают сообщество. В таких случаях развивается другой, более приспособленный к новым условиям биоценоз. Подобная последовательная смена одного

биоценоза другим называется экологической сукцессией. Цепь сменяющих друг друга биоценозов называется сукцессионным рядом или серией. В них каждый биоценоз представляет собой определенную стадию формирования конечного, завершающего (климаксного) сообщества.

Различают первичные и вторичные сукцессии. Сукцессия, которая начинается на абсолютно лишенном жизни месте, называется первичной. Скорость изменения сообществ в них невелика. К типичным первичным сукцессиям относится формирование фауны и флоры на вновь появившейся песчаной дюне, на лавовом потоке, после поднятия островов в океане и т.д. Если сообщество развивается на месте, где ранее существовал хорошо развитый биоценоз, то сукцессия будет вторичной. В таких местах обычно сохраняются богатые жизненные ресурсы. Поэтому вторичные сукцессии приводят к образованию климаксного (устойчивого) сообщества значительно быстрее, чем первичные. Они возникают в результате пожаров, наводнений, распашки степей, вырубки лесов, осушения болот.

4. Циклы и цепи питания

Между организмами биоценоза устанавливаются прочные пищевые взаимоотношения. В результате возникают цепи питания. Они и объединяют прямо или косвенно большую группу организмов в единый комплекс. Цепь питания обычно состоит из трех основных звеньев. Первое звено образуют продуценты или производители. Это автотрофные зеленые растения, которые в процессе фотосинтеза создают органическое вещество – первичную биологическую продукцию – и аккумулируют солнечную энергии.

Второе звено представлено консументами, т.е. потребителями, - гетеротрофными организмами, питающимися растениями или другими гетеротрофами. Различают консументы первого порядка (фитофаги), второго порядка (плотоядные животные, питающиеся фитофагами), третьего порядка (хищники, питающиеся другими животными) и т.д.

Третье звено – это редуценты или деструкторы – разрушители органического вещества. К ним относятся микроорганизмы, грибы и организмы, питающиеся мертвым органическим веществом и минерализующие его до простых неорганических соединений. В каждой цепи питания формируются определенные трофические уровни, характеризующиеся различной интенсивностью протекания потока веществ и энергии. Зеленые растения – создатели органического вещества – образуют первый трофический уровень, фитофаги – второй, плотоядные животные – третий.

В любой цепи питания не вся пища используется на рост особи, т.е. на накопление биомассы. Часть ее расходуется на удовлетворение энергетических затрат организма: на дыхание, движение, размножение, поддержание температуры тела. При этом биомасса одного звена не может быть полностью переработана последующим. В каждом последующем звене пищевой цепи происходит уменьшение биомассы. Такое явление названо Ч.

Элтоном пирамидой числа (пирамида Элтона). Основание пирамиды образуют растения-продуценты. Над ними располагаются фитофаги, Следующее звено представлено консументами второго порядка. И так далее до вершины пирамиды, которую занимают наиболее крупные хищники. Высота пирамиды обычно соответствует длине пищевой цепи. И поскольку на верхние этажи пирамиды энергия доходит в очень малых количествах, цепь редко состоит более чем из 5-6 звеньев. Существует три типа экологических пирамид: пирамида численности (особей), пирамида биомассы и пирамида энергии. Пирамида энергии дает наиболее полное представление о функциональной организованности продуцирования пищи. Она отражает картину скоростей прохождения массы пищи через пищевую цепь.

Биологическая продуктивность – это воспроизведение биомассы растений, микроорганизмов и животных, входящих в состав биогеоценоза. Этот процесс протекает в природе с определенной скоростью. Поэтому биологическую продуктивность можно выразить продукцией за сезон, за год, за несколько лет или за любую другую единицу времени. Для наземных организмов она определяется количеством биомассы на единицу площади в единицу времени. Биологическую продуктивность нельзя смешивать с биомассой. Скорость образования биомассы (продуктивность) в разных биоценозах неодинакова. Поэтому биоценозы различаются не только биомассой, но и продуктивностью, т.е. скоростью создания определенного количества биомассы. Например, при средней фитомассе 23 т/га луговые степи дают годовую продукцию 10 т/га, в то время как хвойные леса при фитомассе 200 т/га дают годовой прирост лишь 6 т/га.

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА. ЧЕЛОВЕК КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР

1. Среда обитания человека

Экология человека изучает закономерности возникновения, существования и развития антропоэкологических систем которые представляют собой сообщество людей, находящееся в динамической взаимосвязи со средой.

Размеры таких систем зависят от численности и характера организации человеческих популяций. Это могут быть изолированные или локальные популяции, нации, наднациональные ассоциации, которые различаются по способу производства, укладу жизни, и в целом все человечество. Большое значение в определении размера антропоэкологической системы имеют природные условия. Так, наиболее многочисленные современные популяции, объединяющие более 80% всего человечества, обитают в области тропических лесов и саванн, а также в зоне умеренного пояса с кустарниковой растительностью или смешанными лесами. Засушливые земли и зона пустынь являются местом обитания всего 4% населения.

Главной отличительной чертой антропоэкологических систем по сравнению с природными экосистемами служит наличие в их составе человеческих сообществ, которым в развитии всей системы принадлежит доминирующая роль. Эти сообщества различаются по способу производства материальных ценностей и структуре социально-экономических отношений, от чего зависят способ организации труда, объем и способ распределения производимой продукции между членами сообщества. От активности сообществ людей на занимаемой ими территории зависит уровень воздействия их на окружающую среду. Развивающиеся сообщества (например, в период индустриализации) характеризуются, наряду с ростом численности населения, увеличением потребностей его в продуктах питания, сырье, водных ресурсах, размещении отходов. Все это повышает нагрузку на природную среду.

Общим результатом биологических и социальных процессов в антропоэкологических системах служит индивидуальная и групповая приспособленность человеческих сообществ к жизни в средах обитания, различающихся по природным условиям, формам хозяйствования и культуры. Особенность такой приспособленности в отличие от приспособленности к среде популяций любых других живых организмов состоит в том, что человек адаптируется к условиям жизни не только физиологически, но прежде всего экономически, технически, эмоционально.

Благодаря высокому уровню организации человека, которого он достиг как биосоциальное существо, его взаимоотношения со средой обитания

имеют существенные особенности. Человек как экологический фактор в отличие от животных, не только пользуется природными ресурсами, но и действуя на природу целенаправленно и осознанно, господствует над ней, адаптируя условия к своим потребностям. Это достигается тем, что человек использует для своих потребностей различные источники энергии, в том числе недоступные животным и растениям (энергию ископаемого топлива, водных потоков, атомную, термоядерную). Техническая оснащенность человека постоянно растет, что позволяет ему заселять разнообразные условия обитания и не зависеть от экстремальных условий.

Человечество представляет собой единственный на Земле вид, что превращает его в экологический фактор с глобальным распространением влияния, которое достигает самых отдаленных экологических зон планеты. Особенность человека как экологического фактора заключается в активном характере его деятельности. Энергия, которую используют люди, обращается ими на изменение среды обитания. Экологический оптимум существования человека как биологического вида ограничен. Поэтому возможность его широкого расселения достигается не путем изменения людьми их собственной биологии, а путем создания искусственной (очеловеченной) среды. Создавая вокруг себя искусственную среду, человек предстает как объект действия экологических факторов, причем абсолютно доминирующим экологическим фактором является человек. Среда обитания человека включает биоприродный и социально-культурный компоненты, или естественную и искусственную среды. И в той, и в другой человек представлен как социальное существо.

Факторы естественной и искусственной среды оказывают на человека постоянное влияние. Результаты действия природных факторов, различающихся в разных районах обитаемой части планеты, на протяжении истории человечества проявляются в настоящее время в экологической дифференциации населения Земного шара, в подразделении его на расы и адаптивные типы. Социальные факторы обуславливают образование и закономерную смену хозяйственно-культурных типов сообществ людей. Они представляют собой комплекс хозяйства и культуры, которые характеризуют народы, различающиеся по происхождению, но обитающие в сходных природно-ресурсных условиях и находящиеся на одинаковом социально-экономическом уровне.

В настоящее время на планете сосуществуют различные по времени возникновения, производительности труда, благосостоянию и демографическим показателям населения хозяйственно-культурные типы сообществ людей. В ограниченном числе сохраняется тип с преобладанием экономической роли охоты, рыболовства, собирательства (группы и племена на территории стран Африки, Юго-Восточной Азии, Южной Америки). Широко представлены хозяйственно-культурные типы, экономическую основу которых составляют ручное (мотыжное) или плужное (пашенное) земледелие и скотоводство. В промышленно развитых странах сложились

хозяйственно-культурные типы с высокоразвитым товарным земледелием и животноводством.

Формирование хозяйственно-культурных типов зависит от естественной среды обитания людей. Эта зависимость была наиболее сильной на ранней стадии развития человеческого общества. В более поздние периоды развития человечества формирование хозяйственно-культурных типов определялось больше уровнем социально-экономического развития народа. На всех этапах истории общество активно приспосабливает природу к собственным нуждам, в процессе трудовой деятельности создавая хозяйственную и культурную среду, от которой зависят образ жизни, показатели здоровья, структура заболеваемости.

Таким образом, среда обитания человека представляет собой сложные взаимодействия естественных и антропогенных экологических факторов, комплекс которых различается в разных природно-географических и экономических регионах планеты. В настоящее время разрабатывается единый интегральный критерий качества среды с точки зрения ее пригодности для обитания человека. Согласно Уставу Всемирной организации здравоохранения, принятому в 1968 г., этим критерием служит состояние здоровья населения, т.е. полного физического и душевного благополучия.

Главными задачами экологии человека в настоящее время, направленными на решение проблем управления средой, являются выработка путей рационального природопользования и оптимизация условий жизни людей в различных антропологических системах.

2. Человек как объект действия экологических факторов

Благодаря биосоциальной природе человека его адаптации к условиям обитания имеют как биологическую, так и социальную природу. Адаптации создаются по отношению к факторам как природной, так и искусственной среды, поэтому они носят не только экологический, но и социально-экономический характер.

Поскольку человек представляет собой индивидуальность, экологические и социально-экономические адаптации дополняются психологическими. Индивидуальные и групповые адаптации человека, в отличие от биологических адаптаций растений и животных, обеспечивают, наряду с выживанием и воспроизведением потомства, выполнение им социальных функций, важнейшей из которых является труд.

Социально-гигиенические мероприятия, направленные на оптимизацию условий жизни и производственной деятельности, включают: устройство жилищ и других помещений, конструкцию одежды, организацию питания и водоснабжения, рациональный режим труда и отдыха и многое другое. Должен быть «разумный максимум» удобств, при котором поддерживается высокая работоспособность и сохраняется здоровье населения.

Хотя в основе адаптации человека лежат социально-экономические механизмы, однако важная роль принадлежит состоянию естественных приспособительных и защитных механизмов, составляющих биологическое наследие людей. Особенно это проявляется при переходе в местообитания с экстремальными условиями, которые оказывают на здоровье человека неблагоприятное действие.

Они могут складываться не только в естественных (Заполярье, высокогорья), но и в антропогенных (крупные города) местообитаниях. Так, людей, прибывающих на работу в Арктику или в Антарктиду, встречает суровый климат, необычные для них атмосферные явления и др. Люди длительное время испытывают дискомфорт, болезненные состояния, проявляющиеся в повышении артериального давления, учащения пульса и обратными явлениями, что отражается на работоспособности. По прошествии какого-то времени восстанавливаются работоспособность и самочувствие. В таких случаях говорят об акклиматизации людей к новым условиям обитания. Если для растений и животных, перенесенных в необычную для них среду обитания, критерием акклиматизации служит их выживание, то для людей – это восстановление высокого уровня трудоспособности.

В адаптациях человеческих популяций к новым экстремальным условиям, в которых они оказываются, большую роль играет их исходный генетический полиморфизм. В каждой популяции человека можно выделить разнородные конституциональные типы, которые отличаются друг от друга особенностями адаптаций к новым условиям, благодаря различиям их генетических характеристик. Выделяются типы, так называемые, «стайер», «спринтер» и промежуточный между ними «микст». У спринтеров и стайеров обнаруживаются различия по ряду антропометрических показателей, имеющих генетическую природу: масса тела, рост, объем грудной клетки, а также по функциональным признакам: величина артериального давления, емкость легких, соотношение форменных элементов крови, ее свертываемость и т.д. Организм стайера слабо приспособлен к выдерживанию мощных кратковременных нагрузок, однако он способен переносить длительные равномерные воздействия экологических факторов в неадекватных условиях. Тип спринтер может осуществлять мощные физиологические реакции в ответ на сильные, но непродолжительные воздействия экстремальными экологическими условиями. Длительное действие неблагоприятных факторов переносится спринтерами плохо. Тип микст характеризуется средними адаптационными способностями. Эти типы отличаются друг от друга различной заболеваемостью. Так, спринтеры более склонны иметь сердечно-сосудистые заболевания.

Знания о конституциональных особенностях и адаптивных возможностях стайеров и спринтеров имеют большое значение для осуществления мероприятий по регулированию и улучшению систем жизнеобеспечения человеческих популяций в регионах с экстремальными экологическими условиями. Особенно это важно в связи с освоением Космоса. В связи с

увеличением численности людей на планете перед человечеством стоит задача глубокого освоения и более плотного заселения малокомфортных территорий – пустынь и полупустынь, высокогорных, полярных, тропических районов, океанов и морей. Решение этих задач связано с социально-экономическим прогрессом.

3. Роль антропогенных факторов в эволюции видов и биогеоценозов

Влияние человека на процесс эволюции видов можно видеть на примере одомашнивания животных и выведения сортов культурных растений. Этот процесс продолжается не менее 70 тыс. лет. Таким образом, человек создал огромное разнообразие организмов, которые не могли бы быть получены естественным образом и существовать в естественной среде.

Предковые же формы многих культур исчезли с лица Земли. Многие из сегодняшних видов очень сильно отличаются от исходных, что их можно считать новыми видами антропогенного происхождения. Например, кукуруза в процессе эволюции под контролем человека утратила способность размножаться самостоятельно. Перед проращиванием ее семена должны быть освобождены от початка.

Параллельно с эволюцией культурных растений человек стимулировал развитие большого числа сорных растений и животных-вредителей сельскохозяйственных культур.

Все это свидетельствует о том, что как целенаправленная, так и не планируемая преобразовательная деятельность человека не только приводит к исчезновению отдельных видов животных и растений, но и является фактором эволюции популяций, видов и целых экологических систем практически во всех регионах, затронутых его хозяйственной деятельностью.

ЧЕЛОВЕК В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

1. Природные экстремальные условия

Экстремальными условиями считаются опасные условия среды, к которым организм не имеет должных адаптаций. Человек, как и любой другой живой организм, приспособлен к жизни в определенных условиях температуры, освещенности, влажности, гравитации, излучений, высоты над уровнем моря и т.д. Эти свойства выработались у него в процессе эволюционного развития. Попадая в экстремальные условия, человек может адаптироваться к ним до определенных пределов. Например, большинство людей на Земле живет на высоте до 3000 м над ур.м. Около 15 млн. человек – на высоте до 4800 м над ур.м. Но на высоте выше 5500 м человек не может жить постоянно. У него резко ухудшается здоровье, происходит стремительное развитие болезней, что может привести к неминуемой гибели, если не вернуться к привычным условиям жизни. Это связано с очень низким парциальным давлением вдыхаемых и выдыхаемых газов, большим перепадом дневных и ночных температур, повышенной солнечной радиацией, а также с высокой плотностью высокоэнергетических тяжелых частиц. Основную проблему для человеческого организма в таких условиях представляет перенос атмосферного кислорода к клеткам. Примером могут служить альпинисты – покорители высокогорных вершин. Они могут покорять 8-тысячники Гималаев только в кислородных масках, и находиться на такой высоте можно не более нескольких часов.

Еще одним видом экстремальных условий является влажность. Высокая влажность характерна для тропических лесов. Лесные заросли почти не пропускают света, преграждая путь ультрафиолетовым лучам. Здесь жарко и влажно, как в теплице. Средняя температура воздуха - $+28^{\circ}\text{C}$ (колебания - в пределах $3-9^{\circ}\text{C}$), средняя относительная влажность воздуха – 95% (ночью) и 60-70% (днем). Ветры в лесах очень слабые. Воздух насыщен углекислым газом и полон запахов, испарений, микроскопических волосков, чешуек и волокон. Уровень испарений здесь в 3 раза выше средних показателей планеты в целом. Примером адаптации к таким экстремальным условиям могут служить размеры людей, живущих в тропических лесах. Они ниже ростом и весят меньше тех, которые живут на открытых местах. Их средний вес – 39,8 кг при росте 144 см. Для жителей саванны эти показатели равны 62,5 кг и 169 см, соответственно. По сравнению с представителями других групп населения потребление кислорода при физической нагрузке, объем легких и частота пульса у них выше среднего.

Температура окружающей среды представляет собой важнейший и, зачастую ограничивающий жизненные возможности, экологический фактор и вид экстремальных условий, которые практически каждый человек в течение жизни может испытывать на себе. Мы живем и комфортно себя

чувствуем в довольно узком интервале температур. В природе же температура не постоянна и может колебаться в довольно широких пределах (+60...-60⁰С).

Резкие колебания температуры – сильные морозы или зной – неблагоприятно действуют на здоровье людей. Однако существует много приспособлений для борьбы с охлаждением или перегревом. Возьмем, к примеру, экстремальные условия Севера. Акклиматизация эскимосов (а они и сейчас живут в условиях ледникового периода) основывается на вазомоторно-нервных регуляциях. Звери на севере приспособливают свой организм к пониженной отдаче энергии. У некоторых это вызывает даже необходимость зимней спячки. Люди в тех же обстоятельствах реагируют повышенной отдачей энергии. Это требует развития способности добывать себе достаточное количество пищи, а также влияет на выбор еды. Она должна быть максимально калорийной и полезной человеку. Эскимосская пища для нас была бы несъедобной, поскольку она должна содержать большое количество чистого жира. Обычный ужин, например, происходит следующим образом: эскимос отрезает длинную полоску сырого подкожного сала, заталкивает к себе в рот столько, сколько войдет, возле самых губ отхватывает порцию ножом, а остальное вежливо передает сидящему рядом. И в других случаях в Арктике, кроме мяса, не подается ничего, а единственной зеленью у эскимосов является заквашенное содержимое оленьих желудков, представляющее собой переваренные лишайники.

Как показывает опыт полярных экспедиций прошлых и нынешних лет, далеко не все из них смогли выдержать суровые условия полярного Севера (или Антарктиды) и приспособиться к ним. Многие погибли из-за неправильно подобранного питания и снаряжения.

Морозы, разразившиеся в одну из зим в Западной Европе, привели к катастрофическим последствиям и сопровождалась человеческими жертвами. В те же дни в Верхоянске (полюс холода) при температуре -57⁰С школьники 8-9 лет ходили на занятия в школу, а табуны чистопородных домашних лошадей, сопровождаемые пастухами, паслись как обычно.

Невесомость – это относительно новый вид экстремальных условий, возникший в результате освоения человеком космических пространств. Перед первым полетом человека в космос некоторые ученые утверждали, что он не сможет работать в состоянии невесомости и, более того, полагали, что психика нормального человека не выдержит встречи с невесомостью. Полет первого космонавта опроверг эти прогнозы. Проявление невесомости начинается с нарушения деятельности вестибулярного аппарата, внутреннего уха, зрения, кожной и мышечной чувствительности. Человек испытывает ощущение, будто он совершает полет головой вниз. Как выраженность, так и продолжительность этих симптомов индивидуальна. По мере увеличения срока пребывания в невесомости они ослабевают, но, как правило, вновь возникают в первые часы и дни после возвращения на Землю в условиях земной силы тяжести.

В невесомости нет гидростатического давления крови, а поэтому начинается действие реакций, вызванных невесомостью самой крови. Происходит перераспределение крови: из нижней части она устремляется в верхнюю. Это приводит к сдвигам в обмене веществ сердечной мышцы и постепенному ее ослаблению. Кроме того, появляются симптомы, связанные с отсутствием нагрузки на костно-мышечную систему. Развивается атрофия мышц, ответственных за организацию позы в условиях действия силы земного тяготения. В связи с потерей солей кальция и фосфора изменяется прочность скелета, особенно в продолжительных полетах. И тем не менее в условиях невесомости человек может приспособиться к отсутствию гравитации и гидростатическому давлению крови.

2. Социальные стрессы и их воздействие на человека

Человек – существо социальное. Поэтому, кроме природных экстремальных ситуаций, могут возникать и критические ситуации, связанные с жизнью человека в обществе. В течение сравнительно короткого отрезка своей истории человечество прошло через периоды рабства, крепостного права, мировых войн. Условия жизни – скученность, страх, недоедание, болезни – являются причиной серьезных, порой непереносимых страданий для многих людей. В таких условиях возникают острые физические, психические и социальные стрессы, создающие угрозу для жизни, здоровья и благополучия людей.

Воздействие стресса сказывается на основных физиологических реакциях центральной нервной системы, а также на деятельности желез внутренней секреции. Биологически активные вещества, вырабатываемые эндокринными железами (гормоны), совместно с нервными импульсами, оказывают влияние практически на каждую клетку организма. Однако и в стрессовых условиях у человека развиваются адаптивные явления.

Человек всегда обладал способностью адаптироваться к естественной и искусственной среде. Это процесс, в результате которого человек постепенно приобретает отсутствовавшую ранее устойчивость к определенным факторам окружающей среды и, таким образом, получает возможность жить в условиях, ранее не совместимых с жизнью. Полная адаптация человека в экстремальных ситуациях сохраняет возможность интеллектуальной деятельности, соответствующее ситуации поведение и продолжение рода. Однако нужно помнить, что продолжительные, интенсивные, многократно повторяющиеся нагрузки вызывают реакции, приводящие в конечном счете к подрыву физического здоровья.

Адаптация человека – это процесс, в результате которого организм постепенно приобретает отсутствовавшую ранее устойчивость к определенным факторам окружающей среды и, таким образом, получает возможность жить в условиях, ранее не совместимых с жизнью, и решать задачи, ранее неразрешимые.

3. Техногенные аварии и природные катастрофы

Серьезными факторами дестабилизации среды жизни человека становятся техногенные аварии и природные катастрофы. Многие ученые, специалисты указывают на усиление связи между ними и на приобретение многими из них глобально-экологического характера.

Так, за последние 20 лет произошли крупные экологические катастрофы и бедствия: вызванный засухой кризис окружающей среды в Африке привел к гибели около 1 млн. человек и поставил под угрозу жизнь 35 млн. человек; взрыв цистерн с жидким газом в Мехико привел к гибели 1000 человек, несколько тысяч жителей лишились крова; от утечки газа на заводе по производству пестицидов в Индии более 2000 человек погибли и свыше 200 тыс. серьезно пострадали; в результате взрыва реактора на атомной станции в Чернобыле в Европе выпали радиоактивные осадки, повысив риск заболевания раком; около 60 млн. человек погибли от диареи и схожих с ней заболеваний, вызванных потреблением загрязненной питьевой воды и недоеданием, в основном это были дети.

С каждым годом число техногенных аварий продолжает нарастать. Как во всем мире, в России развитие промышленности характеризуется ростом использования опасных технологий, которые являются потенциальными источниками крупных производственных аварий. Наиболее опасными по экологическим последствиям являются аварии: в угольной, нефте- и газодобывающей отраслях промышленности, металлургии, химической, нефтехимической и микробиологической отраслях промышленности и на транспорте. Ежегодно в результате пожаров и взрывов гибнет более 1000 человек и пострадало более 3000 человек. Число аварий и катастроф техногенного характера с каждым годом возрастает. Особенно крупные аварии происходят в конце XX века и в начале XXI века на угольных шахтах.

За эти же годы в России произошли крупные авиакатастрофы. На рубеже XXI века (12 августа 2000 г.) произошла авария на атомной подводной лодке «Курск» в Баренцевом море, погибло 118 человек.

Транспортные происшествия являются катастрофической эпидемией нашего времени. В течение 10 лет во всем мире при дорожных происшествиях погибли 22 млн. человек. Конечно, не всегда дорожно-транспортное происшествие можно отнести к экстремальным условиям. Но бывают случаи, когда во время ДТП люди действительно попадают в экстремальную ситуацию. Например, 22 июля 1970 г. в Дели паводковой волной с шоссе в ближайший овраг было смыто 25 автобусов, 5 такси и один военный автомобиль. Лишились жизни большое количество людей. Причиной смерти было не только само ДТП, но и паника, возникшая среди людей.

Как правило, наибольшее по количеству жертв – железнодорожные и морские катастрофы, связанные с крупными пассажирскими перевозками. Так, 2 марта 1944 г. в тоннеле неподалеку от Салерно в Италии остановился

поезд с солдатами, едущими в отпуск: в дыму задохнулись 526 человек. «» октября 1949 г. вблизи городка Новы Двор в Польше сошел с рельсов скорый поезд Гданьск-Варшава, погибло две сотни человек. Самой крупной железнодорожной катастрофой была авария экспресса на мосту восточнее Хайдарабада в Индии 28 сентября 1954 г.: поезд рухнул в реку, погибли 1172 человека. На утонувшем пароме «Ускудар» в Стамбуле нашли свою смерть 238 человек. И много других фактов. В отличие от природных катастроф, транспортные происшествия – явление в первую очередь социальное. С развитием новых современных видов транспорта возникают и новые проблемы.

В последнее время мы стали свидетелями разительного падения осторожности и повышенной рискованности людей. Мы привыкли к эффективности техники и мало принимаем во внимание возможность ее отказа. Кое-кто просто забывает, чем грозит подобная беспечность и кому за нее приходится расплачиваться. То же касается опасных производств, на которых работают с высоко токсичными микроорганизмами, с радиоактивными веществами и т.д.

Большие разрушения и гибель людей наблюдаются не только при техногенных авариях, но и во время природных катастроф. Так, в марте 1989 г. после очень сильной вспышки солнечной активности в течение полутора месяцев в Евразии зарегистрировано около 12 значительных землетрясений силой от 4 до 9 баллов, в том числе и в зонах, считавшихся сейсмически стойкими. Затем последовали извержения вулканов на Дальнем Востоке, сильнейшие сходы лавин, оползни и сели, наводнения, резкое похолодание в Средней Азии со снегопадами и массовой гибелью скота, небывало сильный градобой в Ставрополе и в Восточной Грузии.

В 1996 г. на Земле произошло 600 различных природных катастроф, в том числе 299 ураганов, 170 наводнений и 50 землетрясений. Стихия унесла в этот год 11 тыс. человеческих жизней. Материальный ущерб от нее составил 60 млрд. долл. Крупнейшие землетрясения 1999 г. в Карибском море, в Новой Гвинее, в Мехико, Турции, Греции, на Тайване, в Алжире унесли около 30 тыс. жизней. В России число природных катастроф увеличилось более чем на 30%. Наибольшую опасность представляют смерчи, ураганы, наводнения.

Таким образом, суммарный ежегодный социально-экономический ущерб от аварий в высокорисковых отраслях составляет более 15-19 млрд. рублей. Такой же порядок имеет социально-экономический ущерб от природных катастроф (землетрясений, наводнений, селей, оползней и т.д.). Ежегодные потери от аварий и катастроф техногенного и природного характера измеряются тысячами человеческих жизней и невосполнимым ущербом природной среде. Анализ техногенных аварий и природных катастроф приводит к заключению, что главные источники опасностей для человека – это созданная им среда.

ОСНОВЫ ПАРАЗИТОЛОГИИ

1. Понятие о паразитологии и классификация паразитов

Паразитический образ жизни могут вести самые разнообразные организмы, не имеющие между собой ничего общего. Паразитизм известен в царстве Вирусы, среди прокариотов, в царствах Грибы, Растения, Животные. Все вирусы являются паразитами. Их изучает наука – вирусология. Паразитические прокариоты изучает микробиология, паразитические грибы – микология, паразитизм в растительном мире – фитопатология, паразитов-животных или зоопаразитов – паразитология.

Болезни, вызываемые вирусами и прокариотическими организмами, называют инфекционными. Болезни, вызываемые животными, называют инвазионными или паразитарными.

Особенности строения и жизненных циклов паразитов, взаимоотношения в системе паразит – хозяин, а также методы диагностики, лечения и профилактики инвазионных болезней изучает медицинская паразитология.

От общего числа известных видов животных зоопаразиты составляют 6-7%. В связи с тем, что большинство паразитов человека относится к типу Простейшие Protozoa, к группе Черви (гельминты) – плоские Plathelminthes и круглые Nematelminthes, - в паразитологии выделяют разделы: медицинскую протозоологию и медицинскую гельминтологию. Биологию Членистоногих Arthropoda – возбудителей и переносчиков паразитарных и инфекционных болезней (клещей и насекомых) изучает арахноэнтомология.

Паразитизм как форма межвидовых отношений, при которой один вид использует другой как источник питания и среду обитания, имеет большое значение для медицины. Паразиты могут обитать в любых органах человека, поэтому врач любой специальности может встречаться с паразитарными заболеваниями и обязан уметь распознавать их, лечить больных и проводить профилактику заражения паразитами.

Формы паразитизма очень многообразны, в классификации по паразитическому образу жизни различают истинный и ложный паразитизм, а также облигатный и факультативный паразитизм.

При истинном паразитизме взаимоотношения между паразитом и хозяином являются закономерными и имеют эволюционную основу. И паразитология изучает в основном явления истинного паразитизма.

Ложный паразитизм – явление для данного вида случайное. В нормальных условиях данный вид ведет свободный образ жизни. При попадании в организм хозяина ложный паразит может некоторое время сохранять жизнеспособность и нарушать жизнедеятельность хозяина. Примером может служить вид пиявок, обнаруженный в носоглотке человека.

Облигатный паразитизм – паразитизм, являющийся обязательным для данного вида организмов. Абсолютное большинство видов паразитов относится к этой группе.

Факультативные паразиты способны вести свободный образ жизни, но, попадая в организм хозяина, проходят в нем часть цикла своего развития и нарушают его жизнедеятельность. Примером могут служить личинки многих видов мух, которые могут нормально развиваться или в пищевых продуктах человека, или в его кишечнике, вызывая кишечные заболевания – миазы.

По времени контакта хозяина и паразита паразитизм бывает временным и постоянным. Временные паразиты обычно поселяются в хозяине только для питания. Это в основном кровососущие членистоногие. Постоянные паразиты подразделяются на стационарных и периодических.

Стационарные паразиты всю жизнь проводят на хозяине или внутри него. Примерами являются вши, чесоточный клещ, трихинелла и многие другие. Периодические паразиты часть своего жизненного цикла проводят в паразитическом состоянии, остальное время обитают свободно. Типичным паразитом такого рода является угрица кишечная.

Часто паразитический образ жизни ведут только личинки, а половозрелые формы являются свободноживущими. Такой паразитизм называют личиночным или ларвальным. Примерами служат личинки некоторых видов мух и оводов. Когда же паразитом является половозрелая форма, а личинка обитает в открытой природе, такая форма паразитизма называется имагинальным паразитизмом. К таким паразитам относят анкилостомид, личинки которых живут в почве, а взрослые стадии – в двенадцатиперстной кишке человека.

Большое медицинское значение имеет классификация паразитов по их локализации в организме хозяина. Так, эктопаразиты находятся на покровах хозяина. К ним относятся кровососущие насекомые. Эндопаразиты обитают внутри хозяина. Их подразделяют на паразитов, обитающих в полостных органах, связанных с внешней средой (пищеварительная, дыхательная и мочеполовая системы) (примеры – аскарида, легочный сосальщик, трихомонада), и на паразитов тканей внутренней среды (опорно-двигательная система, система крови, соединительная ткань) (примеры – ришта, малярийный плазмодий, лейшмании).

Есть еще одна группа паразитов – сверхпаразиты. В качестве среды обитания и источника питания ими используются другие паразитические организмы. Обычно сверхпаразиты еще более мелкие и низко организованы, чем паразиты. Они могут поражать как простейших, так и многоклеточных паразитов. Сверхпаразитизм – широко распространенное явление. Сверхпаразиты выполняют функции стабилизаторов численности популяций паразитов.

2. Особенности морфологии и биологии паразитов

Переход к паразитическому образу жизни сопровождается появлением у паразитов ряда адаптаций, которые облегчают их существование, развитие и размножение в специфических условиях организма хозяина.

Некоторые приспособления являются абсолютно универсальными. К ним в первую очередь относятся высокая плодовитость и особенности половой системы. Возможность попадания в организм хозяина потомства у паразитов ничтожно мала. Поэтому интенсивность размножения паразитов по сравнению со свободноживущими формами очень велика. С одной стороны, у многоклеточных наблюдается сильная степень развития половой системы и образование огромного количества половых продуктов. Этому способствует и первичный гермафродитизм плоских червей, высокая плодовитость круглых червей и основной массы членистоногих. Нередко интенсивность полового размножения дополняется размножением личиночных стадий жизненного цикла, что характерно для сосальщиков, личинки которых размножаются партеногенетически, или у некоторых ленточных червей – внутренним или наружным почкованием.

С другой стороны, у некоторых паразитов из типа Простейшие наблюдается способность к множественному делению – шизогонии, когда из одного паразита может образоваться более 1000 дочерних особей, или к спорогонии, в результате которой из одной особи могут образоваться десятки тысяч организмов следующего поколения. Практически у всех эктопаразитов и паразитов, обитающих в полостных органах, имеются адаптации для прикрепления к телу хозяина. Это – присасывательные диски лямблий, присоски, шипики, крючки, хитинизированный аппарат гельминтов, своеобразные конечности паразитических членистоногих.

Эндопаразиты, обитающие в полостных органах, имеют покровы, непроницаемые для ферментов хозяина. Паразиты, питающиеся кровью, имеют колюще-сосущий ротовой аппарат, а также особенный хитиновый покров, разветвленную пищеварительную трубку, антикоагулянтные свойства слюны и консервантные свойства ферментов пищеварительной системы.

Эндопаразиты, активно отыскивающие хозяина, обладают органами ориентации в среде, которые используются для поисков хозяина, и органами передвижения. Передний конец тела паразитов, которые внедряются в организм хозяина, снабжен органами проникновения – специализированными железами, колющими стилетами. Это наблюдается и у некоторых простейших, способных проникать в ткани хозяина через неповрежденные покровы.

Другой распространенный путь попадания паразита в организм хозяина – использование многочисленных переносчиков, которые обеспечивают не только постоянную циркуляцию паразитов в экологических системах, но и их широкое расселение.

Особенностями жизнедеятельности паразитов являются различные виды адаптации их к хозяевам. Это и полная зависимость от жизнедеятельности хозяина (зуд, расчесывание, способствующие распространению яиц остриц, циркуляции паразита ришты и расселению чесоточного клеща). Это и жизнедеятельность паразитов, синхронизированная с образом жизни хозяев (контакт хозяев с водой в жаркое время года, куда для развития скапливаются яйца шистосом).

Паразиты могут также модифицировать поведение одних хозяев так, что в результате облегчается их попадание к другим (рыбы, пораженные личинками ленточных червей, плавают у поверхности воды; снижение жизнеспособности копытных животных, пораженных ленточными червями и т.д.).

Адаптациями к паразитизму являются также способность паразитов переживать неблагоприятные условия внешней среды. Яйца многих гельминтов обладают устойчивостью к неблагоприятным условиям. Так, капсулы с личинками трихинелл переносят не только замораживание, кипячение, но и многократное прохождение через пищеварительную систему многих животных, не теряя жизнеспособности.

Особенности паразитов, общие для многих из них, не состоящих в родстве, возникли в разных группах, независимо друг от друга.

3. Взаимоотношения паразита и хозяина

У большинства паразитов онтогенез проходит со сложным метаморфозом, включающим много личиночных стадий. Совокупность всех стадий онтогенеза паразита и путей передачи его от одного хозяина к другому называют его жизненным циклом. Личинки могут вести как свободный, так и паразитический образ жизни. Хозяин, в котором обитают личинки паразита, называется промежуточным. Они являются источниками заражения окончательных хозяев. Иногда в цикле развития сменяются два-три промежуточных хозяина. Хозяина, в котором развивается и размножается половозрелая стадия паразита, называют окончательным или дефинитивным. Заражение его осуществляется либо при поедании промежуточного хозяина, либо при контакте с ним в одной среде обитания.

Продолжительность жизненного цикла разных паразитов различна в зависимости от видовой принадлежности и условий обитания. Расселение паразитов может происходить на разных стадиях их жизненного цикла: у простейших обычно это стадии цисты, у гельминтов – это яйца или личинки.

Нередко хозяев заражают переносчики – кровососущие членистоногие. Возбудитель проникает в кровь хозяина через ротовой аппарат (инокулятивный способ) или выделяется переносчиками с фекалиями на кожу или слизистые оболочки и оттуда попадает в организм хозяина через рану от укуса, расчесов и до. (контаминативный способ).

Существует различная чувствительность или восприимчивость хозяина к паразиту. Выделяют негенетические факторы (возраст, питание,

сопутствующие заболевания, гормональный статус и т.д.) и генетические факторы (группа крови, наследственные формы гемоглобинопатий).

Защитные действия хозяина против паразитарной инвазии обеспечиваются иммунными механизмами. Иммунные реакции хозяина возникают в ответ на действие антигенов, входящих в состав организма паразита (первый тип) и выделяющихся паразитами в окружающую среду (второй тип).

Многие паразиты на протяжении эволюции выработали механизмы, позволяющие им ослаблять влияние иммунитета хозяина. Так, для многих простейших характерно обитание внутри клеток, что делает их недоступными для антител хозяина, или способность их менять антигенную структуру своей оболочки.

Паразиты, обитающие в кишечнике (взрослые гельминты) покрыты толстой кутикулой, которая спасает их от защитных реакций со стороны хозяина. Ряд паразитов находится в тканях внутренней среды в капсулах, через которые не проникают антитела хозяина. Некоторые паразиты синтезируют антигены, сходные с белками хозяина (антигенная маскировка).

Характерной особенностью паразитизма является соответствие определенного вида паразита определенному хозяину, которое называют специфичностью паразита. Так, специфическими паразитами человека являются малярийные плазмодии, острица детская и другие, источником заражения которыми является человек (антропонозные заболевания). Многие паразиты обладают меньшей специфичностью и могут поражать не только человека, но и домашних и диких животных (зоонозные заболевания).

Существует понятие природной очаговости паразитарных и инфекционных заболеваний. Факторами природного очага являются: возбудитель, восприимчивые к нему животные и комплекс природно-климатических условий. Примерами районов природно-очаговых заболеваний могут служить некоторые районы Восточной Африки (геморрагическая лихорадка), Сибири (несколько видов ленточных червей – о. Байкал; описторхоз в бассейнах рек Оби и Иртыша), Дальнего Востока (энцефалит – переносчики – иксодовые клещи). Такими же болезнями как токсоплазмоз и трихинеллез человек может заразиться в любой природно-климатической зоне.

Знание путей, способов проникновения паразитов в организм хозяина, а также знание путей выведения паразитов или их покоящихся стадий из организма хозяина, необходимы для правильной диагностики заболеваний, лечения и для разработки мер общественной и личной профилактики соответствующих заболеваний.

ОСНОВЫ МЕДИЦИНСКОЙ ГЕЛЬМИНТОЛОГИИ. ТИП ПЛОСКИЕ ЧЕРВИ

1. Общая характеристика типа *Плоские черви*

Медицинская гельминтология изучает паразитов человека из группы червей. *Черви* – это многоклеточные, трехслойные, первичноротые, двусторонне-симметричные животные. Их тело имеет удлинённую форму, а кожно-мускульный мешок состоит из гладких или поперечно-полосатых мышц и покровных тканей.

Черви – паразиты человека, относятся к типам *Плоские* и *Круглые* черви. Заболевания, вызываемые гельминтами, называют *гельминтозами*. При однократной инвазии (заражении) увеличения численности гельминтов не происходит, т.к. для их развития необходима смена сред обитания. В этом случае *продолжительность заболевания* определяется продолжительностью жизни паразита и колеблется от нескольких недель до нескольких десятков лет. *Тяжесть заболевания* зависит от количества паразитов, попавших в организм хозяина, и его индивидуальной чувствительности.

Гельминты могут обитать у человека практически во всех органах. В связи с этим различны пути проникновения их в организм, симптоматика заболеваний и методы диагностики. На протяжении длительной эволюции при переходе к паразитизму у гельминтов возникли различные приспособления к паразитическому образу жизни (особые покровы, развитая половая система).

К типу *Плоские черви* *Plathelminthes* относятся черви, имеющие уплощённое тело. При этом полость тела отсутствует, внутренние органы погружены в рыхлую соединительную ткань – *паренхиму*. Кожно-мускульный мешок состоит из покровной ткани и трех слоев гладких мышц. *Нервная система* представлена нервными узлами на переднем конце тела, от которых отходят продольные нервные тяжи. *Пищеварительная система* построена из глотки и кишечника, который слепо замкнут. Непереваренные остатки пищи выделяются через рот. *Половая система* гермафродитна и сложно устроена. *Выделительная система* состоит из отдельных выделительных клеток – протонефридиев.

Виды, имеющие медицинское значение, представлены в двух классах: Сосальщикообразные и Ленточные черви.

2. Характеристика класса *Сосальщикообразные (Trematoda)*

Класс *Сосальщикообразные* включает около 4000 видов. Все они паразиты. Форма тела большинства из них листовидная. Органы прикрепления – мощные присоски. Многие сосальщикообразные, кроме того, имеют мелкие шипики, покрывающие все тело и облегчающие прикрепление к хозяину. У мелких

видов пищеварительная система имеет форму мешка, у крупных видов пищеварительная система сильно разветвлена.

Сосальщикообразные резко обособлены от других плоских червей *своеобразием жизненного цикла*, в котором прослеживается чередование поколений, способов размножения и хозяев. Половозрелая стадия всегда паразитирует в теле позвоночных животных. Выделяемое яйцо для своего успешного развития обычно должно попасть в воду. Из него выходит личинка – *мирацидий* – снабженная светочувствительными глазками и ресничками, с помощью которых она свободно перемещается. Личинка способна активно отыскивать промежуточных хозяев. Мирацидии попадают в организм *брюхоногого моллюска* определенного вида, строго специфичного для данного сосальщикообразного. Здесь личинка превращается в *материнскую спороцисту* – стадию, в которой развиты почти только органы женской половой системы, благодаря которым она размножается *партеногенетически*. В результате образуются многоклеточные *редии*, которые также способны к партеногенезу. Происходит формирование нескольких поколений редий. Последнее из них генерирует *церкарий*, которые покидают тело моллюска и свободно плавают в поисках основного или второго промежуточного хозяина. В первом случае они могут внедряться в кожу хозяина или, прикрепляясь к растениям, могут быть проглоченными животными или человеком. В другом случае церкарии внедряются в животных, которые используются для питания основными хозяевами, и образуют в них покоящиеся стадии – *метацеркарии*. Основная масса церкарий погибает, так и не найдя хозяев вообще. После проникновения инвазионных стадий сосальщикообразных в организм основного хозяина они мигрируют у него в организме и находят тот орган, где могут достичь половой зрелости и будут обитать всю последующую жизнь.

Отсутствие свободноживущих видов в классе Сосальщикообразные на фоне общего примитивизма их организации, сложный цикл развития, в котором участвуют специфические промежуточные и основные хозяева, большая плодовитость, которая достигается разными способами размножения, и сохранившаяся связь с водной средой обитания, говорят о древности паразитического образа жизни этих организмов. Часто у нескольких видов основных хозяев для каждого вида паразита первым промежуточным хозяином практически всегда является только один вид моллюсков, а именно улиток. Предполагается, что совершенные взаимные адаптации сосальщикообразных и моллюсков возникли еще в тот период, когда еще не было позвоночных. Об этом свидетельствует сохранившийся в цикле развития сосальщикообразных партеногенез – рудиментарная форма полового размножения, проходящий именно в организме моллюсков. В цикле развития также имеются признаки, которые указывают на свободный образ жизни: выход яиц во внешнюю среду и наличие активно плавающих расселительных стадий с органами чувств – *мирацидий* и *церкарий*.

С появлением и прогрессом позвоночных для сосальщикообразных открылись широкие возможности адаптивной эволюции за счет приспособления к

новым хозяевам. Причем сосальщики адаптировались к обитанию в самых разнообразных органах, тканях и системах – от кожных покровов и органов чувств до кровеносных сосудов внутренних органов.

Большинство же сосальщиков-паразитов человека обитает в пищеварительной системе; некоторые виды живут в легких, другие в кровеносных сосудах брюшной полости и малого таза. Человек заражается сосальщиками в зависимости от вида разными способами: при контакте с водой и проникновении церкарий через кожу, при поедании продуктов животного происхождения с метацеркариями и при употреблении растений в пищу, если на их листьях инцистированы церкарии паразитов.

После попадания в организм человека большинство сосальщиков осуществляют сложные миграции по пути к органам своей окончательной локализации. Миграция происходит по кровеносным сосудам, непосредственно по пространствам между органами и по полости тела. Во время миграции сосальщики вызывают у хозяина тяжелые интоксикации и аллергические состояния, которые очень сложно диагностировать в этот момент. Заболевания, вызываемые сосальщиками, называют *трематодозами*.

Для диагностики трематодозов используют методы обнаружения яиц в фекалиях, моче или мокроте в зависимости от локализации паразитов, а также аллергические пробы. В связи с тем, что сосальщики, обитающие у человека, поражают также и другие виды млекопитающих, трематодозы относят природно-очаговым зоонозным заболеваниям, поэтому их полная ликвидация невозможна.

В зависимости от особенностей цикла развития сосальщиков, паразитирующих у человека, можно разделить на следующие группы: 1) развивающиеся с одним промежуточным хозяином и обитающие в пищеварительной системе; 2) развивающиеся с одним промежуточным хозяином и обитающие в кровеносных сосудах; 3) развивающиеся с двумя промежуточными хозяевами.

К сосальщикам первой экологической группы относится немного видов. Примером являются виды *печеночного сосальщика*. Они характеризуются большими размерами. Ротовая и брюшная присоски расположены на переднем конце тела, близко друг от друга. Паразиты обитают в печени или тонком кишечнике крупных травоядных млекопитающих и человека. Заражение происходит при поедании зелени и овощей, поливаемых прудовой водой, причем травоядные животные, в том числе и домашние, заражаются чаще, чем человек, и являются источником заражения человека, обычно в сельской местности.

Лабораторная диагностика – обнаружение яиц этих сосальщиков в фекалиях. *Профилактика заболеваний* – тщательное мытье и термическая обработка овощей и зелени, лечение больных животных и санитарная охрана пастбищ.

Ко второй группе относятся *кровяные сосальщики* – *шистосомы*. Это раздельнополюе организмы, причем самцы имеют широкое тело, а самки –

шнуровидное. Все кровяные сосальщики обитают в тропических странах Азии, Африки и Америки. На любой стадии развития эти паразиты вызывают аллергические проявления. Характерны кровотечения из пораженных органов. *Диагностика* заключается в обнаружении яиц шистосом в фекалиях или моче. Проводят также аллергические внутрикожные пробы. В целях *профилактики* рекомендуется избегать длительных контактов с водой, для питья использовать обеззараженную воду.

Третья группа сосальщиков также обитает у человека в разных органах, чаще в пищеварительной системе. Характерной чертой их жизненного цикла является наличие *второго промежуточного хозяина*, которым могут быть различные животные. Последние являются источником питания для окончательных хозяев. Паразиты этой группы распространены очень широко и представлены большим числом видов. Особенно распространенными паразитами являются печеночные сосальщики – описторхи. Вторым промежуточным хозяином чаще всего становятся рыбы. Паразиты этой группы могут обитать также в кишечнике и в легких.

При диагностике заболеваний необходимо исследовать фекалии для обнаружения яиц и провести зондирование. Профилактика заключается в отказе от поедания сырой и не прожаренной рыбы и ракообразных.

3. Характеристика класса Ленточные черви (*Cestoidea*)

Как и сосальщики, все ленточные черви – паразиты, главным образом, позвоночных животных. Класс насчитывает около 3500 видов. Форма тела этих червей лентовидная. У большинства видов тело (*стробила*) разделено на многочисленные членики – *проглоттиды*. На переднем конце находится головка (*сколекс*), которая несет органы прикрепления – *присоски, крючья* или присасывательные щели (*ботрии*). За головкой следует несегментированная шейка, от которой сзади постепенно отпочковываются молодые проглоттиды. В них системы органов не дифференцированы. В средней части стробилы лежат членики с развитой мужской и женской половыми системами. Они называются *гермафродитными*. Последние проглоттиды стробилы содержат лишь матку, заполненную яйцами, и рудименты остальных органов. Эти членики называются *зрелыми*. В процессе роста червя задние, зрелые, членики постепенно отрываются, а от шейки образуются все новые, молодые проглоттиды.

Пищеварительная система у ленточных червей отсутствует в связи с длительной эволюцией в условиях паразитизма. Питание осуществляется всей поверхностью тела за счет пиноцитоза. Нервная система и органы выделения построены так же, как у всего типа плоских червей. Половая система состоит из тех же органов, что и у сосальщиков, но представлена в каждом ленточном черве в огромном числе копий, соответствующих числу проглоттид.

Цикл развития ленточных червей отражает их более глубокие адаптации к паразитизму по сравнению с сосальщиками. Об этом свидетельствует то, что

свободноживущие стадии имеются только в одной группе этих червей – *лентецов* – считающихся наиболее древними по происхождению. Большинство ленточных червей попадают во внешнюю среду только в виде яйца, но размножаются лишь в организме хозяина. Некоторые, наиболее специализированные паразиты обеспечивают *аутоинвазию* хозяина с помощью яиц, даже не выходящих во внешнюю среду.

В общем же цикл развития наиболее древних ленточных червей связан с водной средой, самые примитивные ленточные черви и близкие им формы являются эктопаразитами наиболее древних позвоночных – хрящевых рыб, обитая у них на кожных покровах, жабрах и в глотке и переходя, таким образом, к эндопаразитизму. Появление и быстрый расцвет прогрессивных позвоночных привел ленточных червей к освоению новых сред обитания.

Современные ленточные черви в цикле развития имеют две стадии: половозрелую и личиночную. *Половозрелая* стадия паразитирует обычно в тонком кишечнике позвоночных. *Личиночная* стадия (*финна*) – тканевый паразит в организме промежуточных хозяев, в основном позвоночных, но иногда также членистоногих.

С фекалиями окончательного хозяина яйца паразитов попадают во внешнюю среду, Они содержат личинку – *онкосферу*, которая затем развивается уже в промежуточном хозяине при попадании яиц в его пищеварительную систему. Здесь онкосфера с помощью крючьев проникает через кишечную систему в кровеносное русло или лимфатические сосуды и мигрирует по организму, оседая в печени, легких, мышцах, центральной нервной системе и т.д. Разрастаясь, она превращается в финну.

Финна – промежуточная форма паразита с полостью внутри и со сформировавшейся головкой. Финны некоторых ленточных червей способны размножаться бесполом путем за счет почкования. Окончательный хозяин (хищное животное или человек), проглатывает финну вместе с тканями промежуточного хозяина. При этом головка паразита прикрепляется к стенке кишечника хозяина и начинается рост шейки, образование члеников и развитие гельминта. Взаимоотношения хозяина и паразита на разных стадиях развития червей различны. Особенно заражение сказывается на промежуточном хозяине, жизнеспособность которого снижается, и он становится легкой добычей основного хозяина.

По особенностям биологии ленточных червей, имеющих медицинское значение, можно разделить на две группы, жизненный цикл которых связан или не связан с водной средой. Вторая группа, кроме того, подразделяется на гельминтов: 1) которые используют человека как окончательного хозяина; 2) которые обитают в человеке как в промежуточном хозяине; 3) которые проходят в человеке весь жизненный цикл. В связи с этим и пути заражения человека, патогенное действие паразитов, диагностика, лечение и профилактика соответствующих заболеваний различны.

Болезни, вызываемые ленточными червями, называют цестодозами. Многие виды ленточных червей поражают только человека, другие встречаются и в природной среде, для них характерно существование

классических природных очагов. Цестоды, обитающие в кишечнике человека как в основном хозяине, живут в небольшом числе. Это объясняется внутривидовой конкуренцией, в которой выживают лишь единичные особи. Однако плодовитость их огромна.

Примером ленточных червей, жизненный цикл которых связан с водной средой, является *широкий лентец*. Его стробила может достигать 10 м. Он является возбудителем *дифиллоботриоза* у человека. Головка червя снабжена присасывательными щелями (*ботриями*). Зрелые членики характеризуются маткой розетковидной формы небольших размеров. Паразит широко распространен в зоне с умеренным климатом.

Жизненный цикл лентеца типичен для этой группы паразитов. Яйца попадают в воду, из них выходит корацидий, покрытый ресничками. Его проглатывают промежуточные хозяева – рачки-циклопы, которых в свою очередь проглатывают рыбы (окунь, щука, налимы, ерши и др.), в мышце и икре которых накапливаются *плероцеркоиды*. Окончательными хозяевами являются крупные рыбацкие млекопитающие (медведи, собаки и т.д.) и человек. Дифиллоботриоз – природно-очаговое заболевание, встречается чаще у рыбаков, туристов и людей, употребляющих слабосоленую рыбу и икру домашнего производства. Это опасное заболевание, которое может вызвать как непроходимость кишечника, так и дисбактериоз и анемию.

Диагностика заболевания основана на обнаружении яиц и обрывков зрелых члеников паразита в фекалиях. *Личная профилактика* такая же, как и при других гельминтных заражениях. *Общественная профилактика* – охрана водоемов от фекального загрязнения.

Гельминты, жизненный цикл которых не связан с водной средой, являются более специализированной группой. Их яйца выводятся во внешнюю среду не поодиночке, а внутри зрелых члеников. Примерами таких паразитов являются бычий цепень и свиной цепень, обитающие в тонком кишечнике человека. Большинство из них имеют крупные размеры и мощные органы прикрепления. Человек является основным хозяином, промежуточным хозяином является крупный рогатый скот или домашние и дикie свиньи, а также кошки, собаки.

Бычий цепень – возбудитель тениаринхоза, достигает в длину до 10 м. На головке имеет четыре присоски. Гермафродитные членики квадратной формы, яичник состоит из двух долей. Зрелые членики сильно вытянуты. Матка очень разветвлена, яйца содержат онкосферы, покрытые прозрачной оболочкой.

Лабораторная диагностика основана на обнаружении характерных зрелых члеников в фекалиях. *Личная профилактика* заключается в термической обработке мяса и правилах личной гигиены.

Гельминты, использующие человека как промежуточного хозяина, обитают на стадии финны, поражая ткани внутренней среды: мышцы, кости, печень, почки, головной и спинной мозг, легкие и т.д. Они могут жить в организме хозяина очень долго. При этом финны постоянно растут и даже способны к бесполому размножению путем почкования. Финна эхинококка –

пузырь, достигающий 20 см в диаметре. Он заполнен жидкостью с огромным числом молодых сколексов, постоянно почкующихся от внутренней стенки финны. Окончательный хозяин заражается, поедая пораженные органы промежуточного. *Диагностика* ставится на основании рентгенологических, биохимических и иммунологических исследований. *Личная профилактика* – мытье рук после контактов с пастушьими собаками. *Общественная профилактика* – обследование и дегельминтизация собак.

Примером таких паразитов является эхинококк – возбудитель *эхинококкоза*. Жизненный цикл эхинококка связан с хищными животными (волками, шакалами, собаками), которые являются окончательными хозяевами.

Ленточные черви, проходящие в организме человека весь жизненный цикл, встречаются не часто. Таким паразитом, который способен размножаться в организме хозяина длительное время, не покидая его на стадии яйца, является карликовый цепень – возбудитель *гименолепидоза*. Это небольшой гельминт до 5 см длиной с головкой, снабженной крючьями и присосками. Зрелые членики полностью разрушаются еще в кишечнике, и яйца быстро выходят из них и попадают в фекалии.

Гименолепидоз встречается в странах с жарким и сухим климатом. Этот паразит может существовать в виде личиной формы в ворсинках, так и в половозрелой форме в просвете кишки. Это говорит о способности паразита к аутоинвазии хозяина без выхода во внешнюю среду, что обуславливает длительность заболевания и сложность полного излечения. В то же время возникающий у человека иммунитет против следующих поколений паразита, обеспечивает их отторжение и гибель. После смены нескольких поколений наступает самоизлечение.

Диагностика сводится к обнаружению яиц в фекалиях. *Профилактика* – к выявлению и лечению больных и соблюдению правил личной гигиены, а также борьба с грызунами, у которых встречается этот паразит, и с насекомыми – механическими переносчиками яиц этих гельминтов.

ОСНОВЫ МЕДИЦИНСКОЙ ГЕЛЬМИНТОЛОГИИ. ТИП КРУГЛЫЕ ЧЕРВИ

1. Общая характеристика круглых червей

Круглые гельминты характеризуются удлинённым цилиндрическим телом, не имеющим сегментации, ресничек или жгутиков. Они многочисленны: насчитывается более 10000 видов этих организмов. Круглые черви адаптированы к жизни почти во всех возможных условиях. Свободноживущие круглые черви имеют обычно небольшие размеры и обитают в почве иногда на довольно большой глубине или в донном слое ила водоемов, где условия близки к анаэробным, многие из них способны жить без кислорода. Они обитают также в морских и пресных водах. Многие из них являются паразитами растений, животных и человека.

Кутикула, выполняющая защитные функции, сформировалась еще у свободноживущих почвенных и донных видов, поэтому глубокой дегенерации при переходе к паразитизму они не претерпели. Адаптациями к обитанию в теле хозяина являются хорошо развитая половая система и у некоторых форм – органы фиксации, а также усложнение циклов развития с участием в ряде случаев промежуточных хозяев.

Для гельминтов этого типа, помимо округлой формы и развитой половой системы типично также наличие мышечной, пищеварительной, выделительной, нервной систем. Кишечник круглых червей всегда заканчивается анальным отверстием. Кровеносная и дыхательная системы отсутствуют. Организмы этого типа раздельнополы. Свободноживущие нематоды отличаются большим разнообразием полового размножения.

Тип Круглые черви подразделяют на несколько классов. Медицинское значение имеет класс *Nematoda* (собственно круглые черви). Круглых червей, сохранивших связь с внешней средой, яйца или личинки которых развиваются в почве, называют *геогельминтами*. Более специализированных паразитов, развивающихся с участием промежуточных хозяев, называют *биогельминтами*. С медицинской точки зрения выделяют еще одну группу нематод, неспецифических паразитов человека, которые в его организме осуществляют лишь миграцию, не достигая половой зрелости.

Болезни, вызываемые круглыми червями, называют *нематодозами*.

2. Особенности развития Круглых червей – геогельминтов

Яйца или личинки этих червей обязательно развиваются в поверхностных слоях почвы при доступе кислорода и достаточной влажности. Все гельминты, за исключением острицы, встречаются чаще всего в районах с жарким и влажным климатом. В Арктике и южных приполярных областях геогельминты не встречаются. Самцы и самки этих гельминтов легко

различимы: самцы большинства видов имеют загнутый на брюшную сторону или спирально закрученный задний конец тела, у самок же он прямой.

Геогельминты обитают в просвете кишки и размножаются яйцами, которые выводятся с фекалиями и развиваются далее в почве. Через некоторое время они становятся инвазионными или из них развиваются личинки, ведущие некоторое время свободный образ жизни и позже становящиеся инвазионными. Геогельминты, поражающие человека, не могут паразитировать у животных. Заражение гельминтами происходит при проглатывании яиц или личинок с продуктами, загрязненными почвой.

Диагностика заключается в обнаружении яиц в фекалиях больного. *Профилактика* направлена на предотвращение попадания инвазионных яиц в пищеварительную систему – личная гигиена и гигиена питания. Часть гельминтов, попадая в пищеварительную систему человека, быстро достигают половой зрелости и начинают размножаться в кишечнике, не мигрируя в организме хозяина. Личинки других перед достижением половой зрелости обязательно передвигаются по кровеносным сосудам и дыхательным путям и только после этого развиваются в кишечнике.

К геогельминтам, развивающимся без миграции относятся *Власоглав* – возбудитель *трихоцефалеза*, и *Острица детская* – возбудитель *энтеробиоза*.

У власоглава передний конец тела вытянут. В нем находится только пищевод. Задняя часть утолщена, здесь располагаются кишка и половая система. Общая длина паразита 3-5 см. Яйца светлые, овальные, прозрачные. Власоглав поселяется в слепой и восходящей части толстой кишки, прикрепляясь к стенке передним концом и питаясь кровью и тканевой жидкостью из слоев слизистой оболочки. Яйца, выводимые с фекалиями, в почве достигают инвазионности за 3-4 недели. Половой зрелости паразиты достигают в кишке через несколько недель. Патогенное действие власоглава связано с интоксикацией продуктами жизнедеятельности паразита и с нарушением функции кишечника. Инвазия связана с головными болями, головокружениями и судорогами. В связи с тем, что гельминт плотно прикреплен к стенке кишечника, его выведение из организма человека затруднено.

Острица детская – самый распространенный гельминт, который встречается в основном у детей. Это – мелкий червь с выраженным половым диморфизмом: самка достигает в длину 12 мм, тело ее прямое, сзади заостренное. Самцы мельче (до 5 мм) и свернуты спирально.

Жизненный цикл острицы такой же, как у власоглава, однако яйца достигают инвазионности всего за несколько часов. Обитают острицы в нижнем отделе тонкой кишки, питаясь ее содержимым. Самки со зрелыми яйцами выползают из анального отверстия и откладывают яйца на коже, вызывая при этом сильный зуд. При расчесывании яйца попадают на руки, белье и игрушки. При проглатывании яиц из них быстро развиваются взрослые паразиты, продолжительность жизни которых около 1 мес. Патогенное действие проявляется в нарушении сна, нервном истощении, а также в нарушении стенки кишечника.

Лабораторная диагностика имеет особенности: яйца исследуют в мазке с перианальных складок промежности. *Личная профилактика* – соблюдение правил личной гигиены, тщательное мытье рук после сна, короткая стрижка ногтей.

К геогельминтам, развивающимся с миграцией, относятся *Аскарида человеческая, анкилостомиды, Угрица кишечная*. Особенностью этой группы является то, что, попав в организм человека любым путем, они на стадии личинки проникают в вены большого круга кровообращения, потом попадают в сердце и оттуда в малый круг. В капиллярах легких они выходят из кровеносного русла в альвеолы, поднимаются по бронхам, трахее, гортани. Эти перемещения вызывают кашлевой рефлекс, что способствует к выходу их в глотку и вторичному проглатыванию. Попадая в кишечник, личинки достигают половой зрелости. Фаза миграции сопровождается сильной интоксикацией и аллергией хозяина. Возможны кровоизлияния в легких и пневмонии. Позже возникают симптомы, связанные с локализацией паразита в тонком кишечнике.

Самый крупный гельминт этой группы – *Аскарида человеческая*. Самки достигают 40 см длины, а самцы – 20 см. Зрелые яйца овальные и бугристые, покрыты толстой и многослойной оболочкой. Яйца созревают при высокой влажности почвы и температуре за 2-3 недели. Инвазия большим числом аскарид может привести к закупорке кишечника. При атипичной локализации (в гортани, печени, сердце) необходимо срочное хирургическое вмешательство.

Анкилостомиды (кривоголовка и некатор) распространены в областях с жарким климатом по всему тропическому и субтропическому поясу. Их размеры – около 10 мм. Характерны наличием в ротовой полости хитиновых зубов или широких режущих пластинок. Жизненный цикл анкилостомид своеобразен. Яйца, попадающие в почву, быстро развиваются, из них выходят личинки, которые, становясь инвазионными, попадают в организм человека с загрязненными овощами и фруктами или путем активного внедрения через кожу. Попав в кровь, личинки проделывают путь по сосудам, характерный для всех гельминтов этой группы. Окончательная их локализация – двенадцатиперстная кишка, стенки которой они повреждают, питаясь кровью и клетками слизистой оболочки. Это может вызвать кишечные кровотечения и аллергизацию больных.

Диагностика такая же, как и при всех гельминтозах. *Профилактика* – кроме общих мер, ношение обуви в тех районах, где распространены эти заболевания.

Угрица кишечная – мелкий гельминт, распространенный в основном в странах Юго-Восточной Азии, Южной и Центральной Америке. Паразитические половозрелые угрицы живут в кишечнике человека, вызывая чередующиеся запоры и поносы. Часто паразиты заселяют желчные пути печени, вызывая желтуху. *Диагностика* и *профилактика* те же, что и при анкилостомидозе.

3. Особенности развития Круглых червей - биогельминтов

Все нематоды этой группы, поражающие человека, живородящи и большую часть цикла развития проводят у человека в тканях внутренней среды. Промежуточные хозяева их своеобразны – от циклопов и насекомых до медведей и человека. Окончательными хозяевами могут быть также различные дикие и домашние животные, поэтому заболевания, которые вызывают эти паразиты, относятся к природно-очаговым. Для попадания в места окончательной локализации биогельминты осуществляют миграцию по лимфатическим и кровеносным сосудам. Они тесно связаны с иммунной системой хозяина. Поэтому основными симптомами являются токсико-аллергические реакции. Диагноз биогельминтов часто затруднен.

К биогельминтам, заражение которыми происходит при проглатывании личинок с тканями промежуточного хозяина, относятся *Ришта* – возбудитель *дракункулеза* и *Трихинелла* – возбудитель *трихинеллеза*.

Ришта распространена в тропических и субтропических странах, раньше встречалась и в Средней Азии. Жизненный цикл ришты связан с водной средой. Окончательные хозяева – человек, обезьяны, домашние и дикие млекопитающие, у которых черви локализуются под кожей конечностей в области суставов. Но могут встречаться под серозной оболочкой желудка, под мозговыми оболочками, в стенке пищевода.

Длина самки до 120 см, самца – 2 см. Над передним концом зрелой самки образуется кожный пузырь, заполненный серозной жидкостью. Человек, ощущающий сильный зуд, опускает ноги в воду, в результате чего зуд проходит. В то же время это действие сопровождается разрывом пузыря и рождением живых микроскопических личинок, которые сразу же проглатываются промежуточными хозяевами – циклопами. Через несколько дней личинки достигают инвазионности и при проглатывании с водой таких рачков попадают в кишечник, а затем мигрируют под кожу.

Весь жизненный цикл ришты длится около 1 года. Климатические особенности жарких стран с периодичностью засухи и дождей отразились и на развитии паразита, которое происходит у инвазированных людей синхронно, т.е. рождение паразита происходит одновременно у всех носителей паразита. *Диагностика* при типичной локализации проста: паразит виден под кожей. *Личная профилактика* сводится к кипячению или фильтрации питьевой воды, взятой из открытых водоемов

Трихинелла – мелкий гельминт длиной до 4 мм. Распространен очень широко, на всех континентах и во всех природно-климатических зонах. У этого паразита выработалась биологическая особенность как способность переживать неблагоприятные условия на протяжении десятков лет. Хозяевами трихинеллы могут быть различные хищные и всеядные млекопитающие, а также человек. Распространение трихинелл происходит обычно при поедании животными друг друга. Человек заражается при поедании мяса зараженных животных, чаще всего свиней.

Проглоченные личинки в кишечнике быстро достигают половой зрелости. Оплодотворенные самки рожают живых личинок, которые пробуравливаются через стенки кишечника и по крови проникают в поперечно-полосатые мышцы. Здесь они после разрушения части мышечных волокон спирально скручиваются и превращаются в капсулы. В ослабленном организме возможно резкое увеличение числа паразита, что может привести к смерти. Но и после смерти хозяина личинки трихинелл сохраняют жизнеспособность, даже после разложения его трупа. В пищеварительной системе трупоядных наземных и даже водных животных личинки сохраняют жизнеспособность в течение нескольких дней. Жуки-мертвоеды, почвенные черви, мелкие ракообразные, рыбы, хищные птицы выступают в цикле развития паразитов как транспортные хозяева и способны передавать возбудителя по цепи питания до тех пор, пока личинки не попадут в организм хозяина, в котором возможно нормальное развитие паразита. Все это говорит об очаговом распространении трихинеллеза даже в зоне арктических пустынь.

Известно, что до 67% ездовых собак в Гренландии, 50% белых медведей, а также многие тюлени и некоторые китообразные поражены трихинеллезом. Основной источник питания их – рыба, морские беспозвоночные, яйца и птенцы морских птиц. Эти животные становятся транспортными хозяевами трихинеллы после того, как разлагающиеся трупы и помет птиц оказываются в воде и личинки паразита попадают в организм водных ракообразных, которыми питаются более крупные беспозвоночные и рыбы. Поедая их, млекопитающие постепенно накапливают в организме огромное число трихинелл, становясь опасным источником заражения человека.

Патогенное действие трихинеллы заключается в общеаллергических явлениях, в нарушении функций мышц. *Диагноз* основывается на данных анамнеза – употребление мяса диких животных и не проверенной ветеринарной службой свинины, а также на результатах биопсии мышц. *Личная профилактика* – тщательная термическая обработка свинины и особенно мяса диких животных. *Общественная профилактика* – санитарный надзор в свиноводстве, проверка свинины на торговых точках и на предприятиях общественного питания.

Существует также небольшая группа нематод, для которой характерен трансмиссионный способ передачи. Все паразиты этой группы распространены в тропиках. Они относятся к группе *филярий* и вызывают заболевания – *филяриатозы*. Половозрелые особи, или *филярии*, обитают в разных тканях внутренней среды основного хозяина, а рождаемые или личинки (*микрофилярии*) периодически поступают в кровь и лимфу и некоторое время находятся там. Если в этот момент на хозяина нападают кровососущие насекомые, микрофилярии с кровью поступают в желудок и мышцы переносчика и за одну или несколько недель достигают там инвазивности, переходят в хоботок переносчика, а затем при укусе – в кровь основного хозяина. У некоторых видов *филярий* может быть несколько

основных хозяев (человек, обезьяны, собаки и т.д.). Переносчики же всегда специфичны.

К особенностям биологии филярий относятся адаптации филярий к переносчикам личинок. У филярий, переносчиками которых являются комары, личинки поступают в кровь в вечерние и ночные часы, если же слепни, то выход личинок приурочен к утренним и дневным часам. Поэтому при установлении *диагноза* следует брать кровь у больных в то время, когда наличие микрофилярий в крови наиболее вероятно. *Профилактика* сводится к выявлению и лечению больных, борьба с переносчиками.

ТИП ЧЛЕНИСТОНОГИЕ - *ARTHROPODA*. КЛАСС РАКООБРАЗНЫЕ

1. Характерные признаки членистоногих. Общее строение тела членистоногих

Членистоногие – высший тип беспозвоночных животных. По числу видов этот тип является самым большим и процветающим типом в мире животных. В его состав входит свыше 1,5 млн видов, из которых около 800 тыс. – насекомые. Членистоногие распространены в разнообразных местообитаниях во всех экологических системах, питаются большим числом всевозможных видов пищи, чем представители любого другого типа. Свое название «членистоногие» эти животные получили за характерные для них парные членистые придатки. Эти придатки используются самым различным образом: как органы плавания, как ходильные конечности, как ротовые части или как вспомогательные органы половой системы, служащие для переноса спермы.

Для всех членистоногих характерно сегментированное тело, покрытое кутикулой – твердым наружным покровом, который выделяется лежащим под ним эпителием. Кутикула состоит из воскообразного водонепроницаемого наружного слоя, твердого среднего слоя и гибкого внутреннего слоя – *хитина* (полисахарида, построенного из остатков ацетилглюкозамина). В некоторых местах, например, в сочленениях ног и на границах между сегментами тела, слой хитина тоньше, что позволяет кутикуле сгибаться. Такой покров защищает тело от излишней потери влаги и от нападения врагов и дает необходимую опору подлежащим мягким тканям. Но в некоторых отношениях хитин невыгоден: во-первых, он несколько ограничивает движения животного, а во-вторых, при росте членистоногому приходится периодически сбрасывать наружную оболочку и строить новую, более вместительную. Животное на время линьки оказывается без своего защитного покрова, а, следовательно, становится уязвимым.

Для строения тела этих беспозвоночных характерна билатеральная симметрия. Подобно кольчатым гельминтам они сегментированы и имеют вторичную полость тела. У большинства членистоногих оно дифференцировано на три отдела: *голову*, которая всегда образована 6 сегментами, *грудь* и *брюшко*, которые могут состоять из различного числа сегментов. Но в отличие от большинства кольчатых червей каждое членистоногое имеет строго определенное число сегментов, которое остается неизменным в течение всей его жизни.

В голове сконцентрированы сенсорные органы и внешние нервные центры. Конечности – членистые. К голове примыкают грудные сегменты, в результате чего образуется головогрудь. Для членистоногих свойственно также наличие пищеварительной, дыхательной, выделительной, кровеносной, нервной, эндокринной и половой систем.

Пищеварительная система обычно представляет собой простую трубку, похожую на пищеварительный тракт дождевого червя, разделена на передний, средний и задний отделы. В переднем отделе локализован аппарат для измельчения пищи. В среднем отделе имеются пищеварительные железы, задний отдел заканчивается заднепроходным отверстием.

Дыхательная система у организмов, обитающих в воде (ракообразные), представлена жабрами, с помощью которых утилизируется растворенный в воде кислород, а у наземных организмов – легочными мешками (паукообразные) или трахеями (паукообразные и трахейнодышащие), позволяющими использовать кислород атмосферы.

Выделительная система членистоногих отличается большим разнообразием. Так, у арахнид она представлена видоизмененными метанефридиями – железами, отверстия которых находятся на одной (или более) паре ног, мальпигиевыми сосудами, открывающимися в задней части среднего кишечника. У некоторых ракообразных имеются другие железы, осуществляющие выделительную функцию и замещающие эти коксальные железы. У насекомых мальпигиевы сосуды открываются в пищеварительный канал в начале заднего прохода. Нефридии, типичные для кольчатых червей, отсутствуют. Различны также и выделяемые субстанции. Например, у арахнид это – гуанин, у ракообразных – соли аммония и аммиака, у насекомых – ураты. Продукты обмена выводятся из организма с экскрементами через анальное отверстие.

Кровеносная система членистоногих незамкнутая и состоит из дорсального сосуда, представляющего собой сердце и аорту. Сердце образовано мышечными клетками. Гемолимфа бесцветна или имеет желтый цвет. Кровь ракообразных содержит гемоцианин, в молекулу которого входит медь, а некоторых насекомых – гемоглобин. Кровь в основном выполняет функции транспорта и депонирования воды и пищевых веществ.

Нервная система характеризуется большим числом ганглиев (по сравнению с кольчатыми червями). В нее входят парный надглоточный и подглоточный ганглии, а также брюшная нервная цепочка, составленная парными ганглиями каждого сегмента.

У членистоногих есть разнообразные, хорошо развитые органы чувств. Органы зрения представлены парой сложных фасеточных глаз, разделенных на *омматидии*, каждый из которых различает лишь часть объекта. Рецепторы усиков (антенн), чувствительные к прикосновению и к химическим раздражителям. На поверхности головогруды располагается множество ворсинок, так же выполняющих роль органов чувств и осязания. Орган равновесия парный и состоит из мешочка, в котором имеются чувствительные щетинки, находящиеся под давлением песчинок (статолиты). Нервная система обеспечивает сложные двигательные и поведенческие реакции.

Репродуктивная система и репродуктивный процесс членистоногих характеризуется значительным разнообразием. Членистоногие чаще всего раздельнополы, но встречаются и гермафродиты, главным образом, среди

ракообразных. Довольно обычен партеногенез, особенно среди насекомых, хотя нормальная половая репродукция в определенные периоды встречается даже среди партеногенетических видов. У большинства членистоногих мужские половые клетки переносятся в полость брюшка самок, где позднее они оплодотворяют яйцеклетки.

Рост членистоногих имеет периодический характер, так как происходит во время линек. У ряда членистоногих молодые формы имеют сходство со взрослыми особями, но часто они совершенно непохожи. Например, личинки насекомых сильно отличаются от взрослых форм.

Многие членистоногие играют важную роль в патологии человека, являясь паразитами, переносчиками и хозяевами возбудителей болезней, а также ядовитыми животными.

2. Происхождение и классификация членистоногих

Происхождение членистоногих связывают с кольчатыми червями. Классификация артропод очень сложна, поскольку среди них существует много филогенетических линий. Наиболее простая классификация членистоногих включает в себя три подтипа: жабернодышащих (Branchiata) с классом ракообразных, хелицероносных (Chelicerata) с классом паукообразных и трахейнодышащих (Tracheata) с классами многоножек и насекомых.

Самые примитивные из членистоногих – *трилобиты* – составляют вымершую группу морских форм, процветающих в палеозое. Они вымерли примерно 225 млн. лет назад. По ископаемым остаткам описано около 3900 видов трилобитов. Большая их часть обитала на дне моря, где они ползали по песку или илу или же зарывались в них. Длина тела трилобитов варьировала от 1 мм до почти 1 м. По ископаемым остаткам удалось установить строение не только взрослых форм, но и различных стадий развития. Они проходили три личиночные стадии, на каждой из которых происходило по несколько линек. При каждой линьке к телу добавлялись новые сегменты и строение тела усложнялось. Ряд признаков объединяет трилобитов с ракообразными, а некоторые другие признаки – с паукообразными и мечехвостами.

3. Характеристика и классификация класса Ракообразные

Ракообразные (Crustacea) наиболее многочисленный по числу видов класс, в который входят низшие раки, крабы, омары, креветки и другие членистоногие. В этом классе насчитывают около 25000 видов.

Ракообразные отличаются от насекомых и паукообразных тем, что большинство их являются водными, дышащими жабрами или поверхностью тела животными, имеющими пять пар конечностей, из которых первая пара служит антеннулами (органы осязания и чувств), вторая пара – антеннами (органы чувств), а третья (мандибулы), четвертая и пятая (максимы) – в качестве челюстей.

Ракообразные – единственный класс членистоногих, представители которого обитают главным образом в воде. Большинство ракообразных – морские формы, но некоторые обитают в пресных водах, а несколько видов (например, рак-отшельник с побережья Карибского моря) способны длительное время жить на суше, во влажных местах.

Одни ракообразные являются хищниками, другие питаются мертвыми организмами, третьи процеживают пищу из воды. У них имеются особые придатки, снабженные тонкими волосками, которые действуют как фильтр, задерживая мелкие частицы пищи. Собранные таким способом частицы пищи животное снимает с помощью других волосков и переносит к ротовым частям. Многие из ракообразных составляют часть зоопланктона и сами служат пищей для других животных.

Для ракообразных типичен хитиновый скелет в виде кутикулы, покрывающей тело поверх гиподермы. Характерной чертой является цефализация (превращение передних туловищных сегментов в головные).

Пищеварительная система образована ротовым отверстием, коротким пищеводом, желудком, средней и задней кишками, которые заканчиваются заднепроходным отверстием. Пища перетирается и частично переваривается в желудке. В среднюю кишку открывается проток железы, выполняющей одновременно функцию печени и поджелудочной железы. Секрет этой железы расщепляет белки, углеводы и жиры.

Дыхательная система ракообразных представлена в виде жабр, располагающихся на ножках и ногочелюстях.

Выделительная система состоит из двух пар желез, локализующихся в головном отделе тела (видоизмененные метанефридии).

Кровеносная система незамкнутая; представлена сердцем, полостями (лакунами) и сосудами. Сердце способно к сокращениям. В крови некоторых высших раков содержится гемоцианин, а низших раков – гемоглобин.

Нервная система образована парным надглоточным ганглием, подглоточным ганглием и брюшной нервной цепочкой.

Ракообразные раздельнополы, половой диморфизм хорошо выражен. Самцы часто крупнее самок. Встречаются гермафродитизм и партеногенез. Большинство ракообразных вылупляется из яиц в форме, заметно отличающейся от взрослых особей, и проходит в своем развитии стадию свободноплавающих личинок.

Крабы, омары, креветки и другие ракообразные в процессе развития из личинки во взрослую особь многократно линяют. Омар, например, в первое лето своей жизни линяет 7 раз: с каждой линькой он становится крупнее и все больше напоминает взрослое животное. Затем омар линяет еще несколько раз, что позволяет ему расти, пока он не достигнет размеров взрослой особи. Перед самой линькой железы эпидермиса выделяют особый гормон линьки, содержащий ферменты, которые переваривают хитин и внутренние слои кутикулы. Под старой кутикулой образуется новая мягкая и гибкая кутикула, собранная в складки, некоторые вещества (например, соли кальция) сохраняются и используются повторно. Иногда животное заглатывает воздух

или воду, чтобы быстрее разбухнуть и разорвать прежнюю кутикулу. Оно высвобождается из старой кутикулы, увеличивает свой объем до полного расправления складок новой кутикулы, а затем эпидермис выделяет ферменты, под действием которых кутикула твердеет в результате окисления некоторых веществ и добавления к хитину солей кальция. После этого откладываются новые слои кутикулы.

Ракообразные подразделяют на пять подклассов. Одно из самых известных ракообразных – *омар* – относится к десятиногим ракам. У омара 6 головных и 8 грудных сегментов слиты в головогрудь, покрытую сверху и с боков щитом, который состоит из хитина, пропитанного солями кальция. Две пары антенн служат органами осязания и химического чувства; вторая пара антенн особенно длинная. Жвалы короткие и мощные. Их поверхности смыкаются и служат для растирания и откусывания. Позади жвал находятся две пары добавочных ротовых придатков – челюстей, или максилл. Придатки первых трех сегментов груди представляют собой челюстные ножки; они помогают отделять куски пищи и отправлять их в рот. Четвертый грудной сегмент несет пару крупных хелипед (клешней), а следующие четыре сегмента – по паре ходильных ног. Придатки 1-го брюшного сегмента составляют часть репродуктивной системы и у самца служат для переноса спермы. На следующих четырех сегментах брюшка находятся парные брюшные ножки – небольшие веслообразные придатки, используемые для плавания. Два последних сегмента образуют веерообразный «хвост», с помощью которого животное может плыть назад.

Хотя раки, омары, крабы и креветки – наиболее известные ракообразные, в общей «экономике» природы они не имеют большого значения. Гораздо более важную роль играет бесчисленное множество микроскопических ракообразных, которые буквально кишат в океане, озерах и прудах и служат пищей для многих видов рыб. Главную пищу для некоторых из самых крупных китов составляют морские ракообразные величиной менее 25 мм. Самыми распространенными группами этих ракообразных являются следующие:

Жаброногие – к ним относятся множество мелких форм, главным образом пресноводные. *Ракушковые* – очень мелкие рачки, живущие в море и в пресных водах. Кроме обычной кутикулы, у них имеется защитная раковина с двумя круглыми или овальными створками, похожая на раковину двустворчатого моллюска и пропитанная углекислым кальцием.

Представители еще одной группы мелких ракообразных – *веслоногие* – обитают в море и в пресных водах. Многие виды их паразитируют на других морских или пресноводных животных. Веслоногие играют также важную роль в питании китов и рыб. Для свободноживущих видов характерно короткое цилиндрическое тело.

Усоногие – единственная группа сидячих форм среди ракообразных. По внешнему виду они резко отличаются от подвижных форм. Свободноплавающие личинки усоногих проходят ряд линек, а затем прикрепляются к какому-либо подводному субстрату (скалы, камни, сваи) и

превращаются во взрослую форму. Усоногие живут только в море. Они сами выделяют материал для построения вокруг себя сложной известковой раковины, из которой они не выходят.

Существуют еще две обширные группы мелких ракообразных, внешне похожих на насекомых. Представители этих групп живут в море, в пресной воде или в сырых местах на суше. Это *равноногие*, к которым относятся водяной ослик, морской таракан и мокрицы, и *бокоплавы*. Несмотря на некоторое сходство с насекомыми, это все же ракообразные. У равноногих тело сплющено дорзовентрально, а у бокоплавов – с боков.

Десятиногие раки – самая крупная группа ракообразных, содержащая около 8,5 тыс видов (омары, крабы, речные раки, креветки и др.). Большинство видов живет в морях, но есть и ряд пресноводных форм, например, речной рак, некоторые креветки и несколько видов крабов. У ракообразных вообще, а у десятиногих раков в частности очень ярко выражена специализация и дифференциация гомологичных структур в разных отделах тела. У трилобитов и, вероятно, у самых ранних ракообразных придатки на разных сегментах тела были очень сходны между собой. У омара же среди 19 пар придатков нет даже двух совершенно одинаковых пар, а в разных отделах тела придатки резко различаются по форме и функции.

Значение для медицины имеют представители подкласса низших раков, среди которых циклопы и другие организмы являются промежуточными хозяевами некоторых плоских и круглых червей, а также представители подкласса высших раков, а именно пресноводные раки и крабы – промежуточные хозяева легочного сосальщика. Речные раки, крабы, омары и креветки используются в пищу.

ТИП ЧЛЕНИСТОНОГИЕ – *ARTHROPODA*. КЛАСС НАСЕКОМЫЕ (INSECTA)

1. Общая характеристика насекомых

Класс Насекомые относится к подтипу Трахейнодышащие типа Членистоногие. Представители этого подтипа – наземные членистоногие, способные к воздушному дыханию с помощью трахей и имеющие плотные наружные покровы, препятствующие испарению воды из тела.

Насекомые являются высшими беспозвоночными животными. Это самый многочисленный по числу видов класс животных. На земном шаре насчитывается около 1 млн. видов насекомых.

Насекомые приспособлены к жизни в различных местообитаниях. Особенно много их в тропических странах. Хотя они обитают главным образом на суше, но многие из них проводят часть жизни в воде.

Длина тела насекомых разнообразна: от микроскопических размеров до 20-26 см. Тело насекомых покрыто хитинизированной оболочкой, под которой находится слой эпителия. На поверхности хитиновой кутикулы имеются тонкие волоски, которые могут быть чувствительными, покровными или ядовитыми. Кожа насекомых, кроме того, богата железами – защитными, личиночными, пахучими и другими. Тело подразделяют на голову, грудь и брюшко. Голова не сегментирована, в то время как грудь и брюшко сегментированы. Грудь состоит из трех сегментов, от каждого из которых отходит по одной паре ног. У большинства видов 2- и 3-й сегменты несут по одной паре крыльев. Встречаются также насекомые с редуцированными крыльями или вообще бескрылые (обычно это насекомые, перешедшие к паразитическому образу жизни). У разных видов брюшко может быть образовано 6-12 сегментами и обычно не имеет конечностей.

Пищеварительная система насекомых представлена ртом и кишечником, в который входят передняя, средняя и задняя кишки. У разных видов рот имеет разное строение, в зависимости от способа их питания. Существуют грызущие, лакающие, колющие и сосущие ротовые органы. Насекомые обладают слюнными железами, открывающимися протоками в ротовую полость. Переваривание пищи происходит в средней и задней кишках, последняя заканчивается анальным отверстием.

Дыхательная система состоит из системы трахей, которые открываются наружу отверстиями – дыхальцами. Трахеи разветвляются и подходят ко всем тканям тела.

Кровеносная система развита плохо. Имеется трубчатое сердце и крупный сосуд (аорта), располагающиеся дорсально. В сосудах находится гемолимфа, содержащая фагоциты. Основная функция гемолимфы – передвижение питательных веществ и продуктов метаболизма.

Выделительная система образована мальпигиевыми сосудами, которые представляют собой выросты кишечника. Через эти выросты продукты метаболизма поступают в заднюю кишку. Нервная система представлена надглоточными ганглиями (своеобразным головным мозгом) и брюшной нервной цепочкой. Надглоточный ганглий состоит из трех отделов: переднего, среднего и заднего. Наиболее хорошо развит т.н. «головной мозг» у общественных насекомых (муравьев, пчел, термитов), которые обладают сложными инстинктами.

Органы чувств разнообразны. Главным органом чувств является зрение. Большинство насекомых имеет сложные фасеточные глаза, состоящие из множества глазков, или фасеток. Глаза насекомых приспособлены для зрения на близком расстоянии и могут различать мельчайшие детали предметов. Зрение у насекомых цветное и объемное. Наравне со зрением развиты и другие органы чувств. На голове расположены усики (антенны), служащие для осязания и обоняния. Некоторые насекомые могут различать звук. Имеются также органы вкуса и равновесия. Поведение насекомых очень разнообразно и основано на рефлексах, реакциях на раздражители, а также на наследственно заложенных инстинктах.

Насекомые – раздельнополые животные с выраженным половым диморфизмом. Самцы отличаются от самок по величине, окраске и другим признакам. У большинства видов половые железы парные, имеются яичники, имеющие форму трубок, которые продолжают в яйцеводы. Оба яйцевода сливаются в непарное влагалище, где и происходит оплодотворение. У многих насекомых самка имеет и яйцеклад, при помощи которого она откладывает яйца в землю, под кору деревьев или в тело других животных. Яйца насекомых богаты желтком и покрыты плотной оболочкой. Половая система самца состоит из парных семенников и парных семяпроводов, сливающихся в общий семяизвергательный канал.

Развитие насекомых происходит по трем разным типам: прямое развитие, неполное превращение и полное превращение. Прямое развитие наблюдается у бескрылых насекомых. Выходящее из яйца насекомое в основном похоже на взрослую особь, но отличается от нее меньшими размерами. У крылатых насекомых развитие происходит с метаморфозами: полным (яйцо – личинка – куколка или нимфа – взрослая форма или имаго) или неполным, когда из яйца вылупляется личинка, превращающаяся во взрослую форму или имаго, постепенно после нескольких линек. Неполный метаморфоз происходит у низкоорганизованных крылатых насекомых (тараканов, стрекоз и др.). Полный метаморфоз наблюдается у бабочек, жуков, мух, пчел и др. У некоторых видов наблюдается партеногенез.

2. Происхождение, планетарное и медицинское значение и классификация насекомых

Предполагают, что многочисленные насекомые возникли в докембрии и ведут начало от примитивных кольчатых червей, вышедших на сушу.

Насекомые являются потомками предковых форм многоножек, существовавших еще до девонского периода и не имевших крыльев. Палеонтологические данные свидетельствуют о том, что крылья образовались в качестве латеральных выростов дорсальных пластин грудных сегментов. В эволюции насекомых (как и других членистоногих) большое значение имели ароморфозы, которые привели к развитию плотных хитинизированных покровов, членистого строения конечностей, мышечной системы, сердца, внутреннего оплодотворения, к усовершенствованию нервной системы. Ведущую роль в эволюции сыграло формирование плотного наружного скелета, предупреждающего высыхание тела животных. Развитие членистых конечностей обеспечило устойчивость животных при обитании в разных средах. Кроме того, эволюция лимитировала размеры наземных насекомых, а естественный отбор закрепил периодическую линьку, которая обеспечила изменение формы и размеров животных, замену их покровов (кутикулы) в процессе развития.

Роль насекомых в биосфере огромна, так как они принимают участие в круговороте веществ в природе, почвообразовательных процессах, опылении цветковых растений. Ряд видов насекомых имеет большое хозяйственное значение как опылители многих видов растений (особенно пчелы и шмели). Пчелы – это общественные насекомые, которые живут большими семьями. За год от одной пчелиной семьи можно получить до 300 кг меда, много воска и других ценных пчелопродуктов. Другим одомашненным насекомым является тутовый шелкопряд, которого разводят во многих странах для получения естественного шелка.

Однако многие из насекомых приносят большой вред сельскому хозяйству, являясь вредителями полей, садов, огородов (саранча, майский жук, гусеницы многих насекомых). Они поедают различные части растений, в отдельные годы уничтожая почти весь урожай.

Жизнь многих видов насекомых связана с теплокровными животными и человеком. Многие насекомые являются переносчиками опасных заболеваний человека и животных (например, вши переносят сыпной тиф, блохи – чуму, комнатная муха – дизентерию, мухе це-це – сонную болезнь, комары – малярию и т.д.).

В медицинском отношении интерес представляют насекомые эктопаразиты (из отрядов Вши, Блохи, Клопы), эндопаразиты и кровососущие насекомые (отряд Двукрылые: семейства: Настоящие комары, Москиты, Мошки, Мокрецы, Слепни, Подкожные оводы) и переносчики возбудителей некоторых инфекций, яиц патогенных гельминтов (отряд Таракановые, отряд Двукрылые – семейства: Настоящие мухи и Падальные мухи).

3. Характеристика различных экологических групп насекомых

Различают следующие экологические группы насекомых: 1) насекомые синантропные, не являющиеся паразитами; 2) насекомые – временно

кровососущие паразиты; 3) насекомые – постоянно кровососущие паразиты; 4) насекомые – тканевые и полостные эндопаразиты.

К *первой* группе относятся насекомые, связанные с условиями человеческого жилища, где они находят многочисленные убежища и постоянные источники питания. Это – тараканы, мухи, муравьи и жуки. Большинство из них – теплолюбивые виды тропического и субтропического происхождения из разных отрядов и семейств. Многие являются переносчиками возбудителей инфекционных и паразитарных заболеваний. Вирусы, бактерии, цисты простейших и яйца гельминтов переносятся ими на лапках, поверхности тела или в пищеварительной системе. В организме некоторых видов насекомых развиваются личиночные стадии гельминтов. Основными мерами борьбы с синантропными насекомыми являются благоустройство жилища, поддержание в нем постоянной чистоты, хранение продуктов питания в недоступных для насекомых местах, в закрытой таре.

Тараканы – всеядные насекомые довольно крупных размеров, встречаются как в природе, так и в жилище человека. В составе отряда Таракановые насчитывают свыше 2500 видов. Распространены они повсеместно. В умеренных широтах распространены два вида тараканов – таракан рыжий и таракан черный. Размеры черного таракана (19-26 мм) значительно превышают размеры рыжего таракана (11-12 мм). Тело их плоское, на лапках имеются коготки и присоски, которые помогают таракану ползать по любым поверхностям. Крылья их недоразвиты, они не могут летать. Развитие тараканов происходит с метаморфозами и несколькими линьками.

Мухи – активные механические переносчики возбудителей заболеваний. Семейство Настоящие мухи насчитывает свыше 3000 видов. Медицинское значение имеет муха комнатная – обитатель населенных мест, жилищ человека и помещений для скота. Распространена повсеместно. Размеры тела 6-8 мм, цвет серо-бурый. Ротовой аппарат сосущего типа. Для мух этого вида характерно очень интенсивное размножение. Яйца в больших количествах (около 150) они откладывают в навозные кучи, мусорные ямы, отбросы. Из яиц через сутки выходят личинки, которые через 1-2 недели окукливаются, а еще через месяц из куколок развиваются имаго. Мухи переносят возбудителей холеры, брюшного тифа, дизентерии, цисты простейших и яйца гельминтов. Кроме комнатной мухи такое же значение имеют падальная муха, базарная муха – переносчик заболевания лепры.

Ко *второй* группе относятся насекомые, отличающиеся большой подвижностью. Они обитают в естественной природной среде или в жилище и хозяйственных постройках человека и посещают человека только для питания. Это – временные кровососущие паразиты, которые питаются многократно, часто на разных хозяевах, хотя и предпочитают определенные виды теплокровных животных. Слюна кровососущих насекомых обладает антикоагулянтными свойствами, вызывает зуд и местное раздражение кожи. К временным кровососущим паразитам относят представителей отрядов

Блохи, Полужесткокрылые и Двукрылые. Самыми специализированными являются паразиты из отряда Блохи.

Блохи – это бескрылые, мелкие насекомые длиной от 1 до 5 мм. Тело их сплющено с боков и покрыто множеством щетинок. Ротовой аппарат колюще-сосущий. Задние конечности удлинены и служат для передвижения прыжками. Блохи раздельнополы. Самки крупнее самцов. Развитие идет с полным метаморфозом около 18-20 дней. Самки сбрасывают яйца на землю. Из них вылупляются червеобразные личинки, которые в земле или в мусоре развиваются в куколки, из которых затем выходят имаго.

Распространены блохи повсеместно. Отряд немногочислен. Наиболее известны блоха человеческая и блоха крысиная. Человека блохи посещают ночью. Укусы их болезненны и вызывают сильный зуд. Медицинское значение блох в том, что они являются переносчиками бактерий – возбудителей чумы. Попав в желудок блохи, бактерии чумы размножаются там очень интенсивно, образуя чумной блок. Если блоха питается на здоровом животном или человеке, она, проколов кожу, отгрызает в ранку бактериальный комочек, из которого в кровь поступает огромное количество возбудителей.

Природными носителями чумы являются грызуны: крысы, суслики, сурки и др. Кроме чумы они также являются носителями таких инфекционных заболеваний как туляремия, крысиный сыпной тиф и др. Поэтому блохи могут быть переносчиками и этих заболеваний. Борьба с блохами сводится к содержанию жилых помещений в чистоте, применении инсектицидов и различных средств борьбы с грызунами, к пропитыванию одежды и постельного белья репеллентами.

Клопы (отряд Полужесткокрылые) характеризуются тем, что их передние крылья, превращенные в надкрылья, представляют собой хитинизированные прозрачные перепонки. В отряде насчитывается свыше 30000 разных видов, широко распространенных во всех областях земного шара. Наибольшее число видов обитает в тропических и субтропических областях. У всех клопов имеется колюще-сосущий ротовой аппарат. Они питаются соками растений или кровью животных. Развитие их происходит с неполным метаморфозом. Отряд подразделяется на 50 семейств. Медицинское значение имеют Постельные клопы и Триатомовые клопы.

Постельный клоп приспособлен к паразитическому образу жизни. Это бескрылый эктопаразит, 4,5-6,5 мм длиной. Тело его сплющено в дорсо-вентральном направлении и покрыто сильно растяжимым хитиновым покровом. На человека клопы нападают ночью, а днем укрываются в щелях мебели, под обоями, где и размножаются. Время жизни взрослых особей около 14 месяцев. Хотя известно, что в организме клопов могут длительно сохранять жизнеспособность возбудители таких заболеваний как риккетсии сыпного тифа и спирохеты возвратного тифа, лейшманиоза и чумы, однако доказательств роли клопов в переносе этих заболеваний нет.

Триатомовые клопы (представитель – клоп поцелуйный) нападают на человека ночью. Это – крупное (до 4 см длиной), яркоокрашенное насекомое.

Отличается от постельного клопа хорошо развитыми крыльями. Прокалывая кожу на лице, часто вокруг губ, на шее, руках, вносят в ранки возбудителей американского трипаносомоза.

Отряд *Двукрылые* объединяет насекомых, имеющих одну пару крыльев и насчитывает около 100 тысяч видов. Двукрылые являются обитателями всех областей земного шара. Для них характерны значительная подвижность головы и различная окраска поверхности тела и крыльев. Личинки многих двукрылых развиваются в воде, а некоторых видов-паразитов – на теле или в полостях тела хозяев. Многие из них являются переносчиками возбудителей различных заболеваний человека (желтой лихорадки, энцефалитов, филяриозов, малярийного плазмодия). Из этого отряда интерес представляют семейства: Настоящие комары, Москиты, Мошки, Мокрецы и др.)

Семейство *Настоящие комары* представлено кровососущими насекомыми – комарами, которые имеют характерные признаки: небольшую голову, удлинённое тело, членистые антенны, совершенный кровососущий ротовой аппарат – у самок колюще-сосущий, у самцов – сосущий. Малярийные и немалярийные комары отличаются друг от друга на всех стадиях их жизненного цикла. Но те и другие откладывают яйца в воду или на влажную почву около воды. Для развития яиц необходима кровь. Поэтому после оплодотворения самки приступают к кровососанию, находя хозяина за несколько километров.. После этого в ее организме происходит переваривание крови, а в яичнике образуются яйца – около 200 штук. Личинки и куколки ведут водный образ жизни, а дышат атмосферным воздухом с помощью трахей. Личинки питаются мельчайшими органическими частичками. Летом самцы живут 10-15 дней, самки – 2 месяца.

Москиты – мелкие насекомые длиной около 3,5 мм. Обитают повсеместно, но в основном в странах с теплым климатом. Известно около 500 видов москитов. Ротовой аппарат колющего типа. Цикл развития сходен с комарами.

К комарам близки *Мошки*, т.н. «горбатые комарики», отличающиеся короткими хоботками и ногами. Мошки являются переносчиками возбудителей чумы, туляремии, сибирской язвы, участвуют в биологических циклах некоторых гельминтов.

Мокрецы – так же мелкие комарики (около 1,5 мм длиной), насчитывают около 1000 видов. Медицинское значение то же.

Слепни – крупные кровососущие двукрылые, до 30 мм длиной, похожие на крупных мух. Ротовой аппарат – колюще-сосущего и лижущего типов. В северных широтах являются переносчиками возбудителей сибирской язвы и туляремии. На человека нападают обычно в дневные часы. Цикл развития продолжается в течение 1 года.

К *третьей* группе Постоянных кровососущих насекомых-паразитов относятся только *вши*. Человек для них является единственным хозяином. Характерные черты адаптации вшей к паразитизму выражаются в том, что размеры их невелики, конечности имеют аппарат фиксации к коже, волосам

и одежде, ротовой аппарат колюще-сосущего типа, цикл развития упрощен (развитие с неполным метаморфозом), продолжительностью от 16 до 26 дней. Длительность жизни самок от 17 до 60 дней. Все стадии жизненного цикла обитают и питаются на хозяине. Глаза вшей не фасеточные, а простые, полностью редуцированы крылья, движения медленные, ползающие.

Известно около 200 видов вшей, паразитирующих на разных животных. На человеке паразитируют три вида вшей: платяная вошь, головная вошь и лобковая вошь. Вши вызывают заболевание – педикулез. Они также являются переносчиками возбудителей сыпного и возвратного тифа. Предупреждение педикулеза заключается в соблюдении правил личной гигиены, санитарных мероприятиях, проводимых в банях, парикмахерских, в детских учреждениях и других местах общественного пользования.

К *четвертой* группе относятся представители семейств *Подкожные* и *Желудочные* оводы из отряда Двукрылые. Это группа насекомых, личинки которых развиваются под кожей или в желудке животных. Человек заражается яйцами. Мигрируя, личинки подкожного овода проникают в ткани под кожу, поражают слизистые оболочки глаз, а личинки желудочного овода, попадая в организм человека, могут паразитировать в его желудке, вызывая воспалительные явления. Меры борьбы с оводами те же, что и с мухами.

ТИП ЧЛЕНИСТОНОГИЕ – *ARTHROPODA*. КЛАСС ПАУКООБРАЗНЫЕ

1. Общая характеристика паукообразных

Класс Паукообразные (*Arachnidea*) насчитывает свыше 35000 видов животных (скорпионы, пауки, клещи и др.). Почти все паукообразные являются наземными животными. Они заселяют самые различные территории – от пустынь до влажных лесов.

Для паукообразных характерны хитиновый скелет и сомкнутые конечности. Тело их от 0,1 до 17 см расчленено на два отдела – головогрудь и брюшко. Головогрудь имеет около девяти сегментов, точное число которых трудно определить. На головогрудь расположены шесть пар конечностей: хелицеры, педипальпы и четыре пары ходильных ног. Конечности первых двух пар служат для захвата и пережевывания пищи. У пауков, кроме того, в первой паре содержатся мешки с ядом, а вторая пара функционирует в качестве половых органов. Некоторые клещи имеют меньшее число конечностей (может быть две или три пары).

Брюшко у паукообразных (скорпионы, пауки) состоит из сегментов. Оно может быть удлинённым или укороченным. Брюшко клещей вообще сомкнуто с головогрудью, а у пауков – с ближайшей педикулой.

Пищеварительная система состоит из трех отделов – предкишечника, среднего и заднего кишечника. Средний кишечник покрыт пищеварительным эпителием. Рот ведет в предкишку, передняя часть которой является глоткой. У некоторых пауков часть глотки действует как сосущий орган. В среднем кишечнике происходит переваривание пищи. Задний кишечник заканчивается анусом. Большинство арахнид является плотоядными.

Дыхательная система образована листовидными легкими или трахеями. Легкие паукообразных соответствуют жабрам ракообразных. Трахеи представлены в виде трубочек, которые подходят ко всем органам.

Кровеносная система открытая, с дорсальным сердцем, артериями, венами и синусами.

Выделительная система сложная. У одних она представлена в виде мальпигиевых сосудов, у других – коксальными железами. Железы, продуцирующие паутину, представляют собой модифицированные нефридии.

Нервная система состоит в основном из ганглиев, окружающих переднюю часть пищеварительного тракта, и нервных пучков. Паукообразные обладают многими органами чувств, включая глаза и тактильные волоски. Глаза простые, а не фасеточные.

Паукообразные – раздельнополые животные с выраженным половым диморфизмом. Многие виды выделяются особенными чертами полового поведения. Кроме скорпионов, все паукообразные откладывают яйца.

2. Классификация паукообразных

Класс паукообразных делят на 16 отрядов, пять из которых известны лишь по ископаемым остаткам. Медицинское значение имеют представители отрядов Скорпионов (*Scorpiones*), Пауков (*Aranei*) и Клещей (*Acari*). Все это сухопутные организмы, за исключением нескольких групп, вторично перешедших к жизни в воде.

Предполагают, что паукообразные произошли от ногоротых – вымершей группы *меростомовых*. В палеозое жили многочисленные представители ископаемой группы, родственной паукообразным; некоторые виды достигали 3 м в длину. Эти гигантские морские формы имели сложные глаза, пару хелицер, четыре пары ходильных ног и одну пару крупных придатков, служивших для плавания. Они были хищниками и охотились на первых позвоночных.

Большинство паукообразных - хищники, питающиеся насекомыми и другими мелкими членистоногими, но встречаются и растительноядные, а также сапрофиты и паразиты. Некоторые виды скорпионов и пауков – ядовитые животные. Паразитические виды являются возбудителями кожных или переносчиками болезней

Отряд Скорпионы. Это древнейшие организмы среди наземных членистоногих. Известно около 700 видов скорпионов из 6-ти семейств. Размеры скорпионов обычно 5-10 см до 20 см. Тело их разделено на головогрудь и брюшко. На головогрудях располагаются пара срединных и несколько пар боковых глаз. Хелицеры небольшие, но педипальпы довольно мощные. Брюшко имеет переднюю и заднюю части, в последней членике которой содержатся ядовитые железы и жало. Скорпион захватывает жертву педипальпами и поражает добычу жалом.

В большинстве случаев скорпионы живородящи, но некоторые виды откладывают оплодотворенные яйца, из которых вылупляется молодежь. Половая зрелость у скорпионов наступает через 4-5 лет.

Скорпионы распространены в странах с теплым климатом. Особенно много их, около 80 видов в Индии. В странах Средиземноморья обитает *средиземноморский скорпион*. В Закавказье, Нижнем Поволжье, Средней Азии встречается *пестрый скорпион*. На Черноморском побережье Кавказа – *итальянский скорпион*.

Скорпионы – ядовитые животные. Ужаленный ими человек ощущает сонливость, начинается озноб, отек пораженного места. Обитающие на территории Закавказья, Крыма, Средней Азии скорпионы представляют опасность для детей и для лиц с повышенной чувствительностью к ядам.

Отряд Пауки. Этот отряд самый большой среди всех арахнид. Известно около 28000 видов пауков. Они заселяют всю сушу, начиная от полярных областей до раскаленных пустынь, и живут в почве, лесной подстилке, во мху, под корой, камнями, в норах, жилище человека.

Для них характерно слияние головы и груди в головогрудь, а также наличие лишь шести пар конечностей – хелицер, педипальп и четырех пар ног. На концах хелицер открываются ядовитые железы. Дыхательные органы представлены листовидными легкими или трахеями. Пауки продуцируют несколько типов паутины.

Все пауки являются хищниками. Среди них отсутствуют паразиты. Для человека они представляют опасность как ядовитые животные. На юге европейской части, в Средней Азии, Иране, Афганистане, на Американском континенте обитают различные виды *каракурта*. Его укусы могут быть смертельными для человека. Размеры самцов составляют 4-7 мм, самок – около 10-20 мм. Эти пауки обитают в степных и пустынных районах на полынной целине, пустошах, берегах арыков, склонах оврагов.

Среди пауков медицинское значение имеют *тарантулы*. Эти пауки также обитают в южных странах Западной Европы, в Закавказье, Турции, Иране, Афганистане. Укусы этого паука сопровождаются местной воспалительной реакцией.

Отряд Клеши. Среди других паукообразных значительное место занимают клещи. Это сборная группа, для которой характерно отсутствие ясно выраженного деления тела на сегменты. Ротовой аппарат представлен сложно устроенным хоботком, в состав которого входят хелицеры и гипостом (особое образование). Педипальпы выполняют обонятельную и осязательную функции.

Развитие клещей происходит с метаморфозом. Жизненный цикл клеща состоит из стадий яйца, личинки, нимфы и взрослой стадии (имаго). Из яйца вылупляется личинка, которая имеет 6 ног, за ней следует стадия нимфы, которая превращается во взрослую стадию – имаго. Однако нимфа и взрослая стадия имеет по 4 пары ног. Имаго отличается более крупными размерами и развитой половой системой.

Экология клещей разнообразна. Среди них можно выделить как свободноживущих хищников, так и паразитов растений, животных и человека. Другая группа клещей приобрела приспособления к временному паразитизму, но большую часть времени ведет свободный образ жизни. Небольшое число видов клещей паразитирует на человеке постоянно. У них хорошо выражена адаптация к паразитизму и общая дегенерация.

Клещи широко распространены во многих географических регионах мира, но обитают преимущественно в районах с теплым климатом.

3. Классификация клещей и их медицинское значение

Согласно современной классификации клещей подразделяют на три отряда: акариформных (*Acariformes*), паразитиформных (*Parasitiformes*) и сенокосцев (*Opilioacarina*). К акариформным клещам относят панцирных, хлебных, перьевых, чесоточных, амбарных, паутиных и других клещей. К

паразитиформным – иксодовых, аргасовых и других клещей. К сенокосцам – всех хищных клещей.

Акариформные клещи насчитывают более 15000 видов. Они являются обитателями человеческого жилья. Это очень мелкие животные (около 1 мм). Ротовой аппарат грызущего типа. Питаются пищевыми запасами – зерном, мукой, копченым мясом, рыбой, сушеными овощами и фруктами, а также эпидермальными чешуйками с поверхности кожи человека и спорами плесневых грибов.

Для здоровья человека представляют опасность тем, что портят пищевые продукты и вызывают у человека различные дерматиты. Попадая с пищей в пищеварительную систему человека вызывают тошноту, рвоту, понос. При попадании с пылью в дыхательные пути и легкие эти клещи вызывают акаридоз дыхательной системы. Наиболее известные виды клещей – мучной и сырный клещи.

Особую группу составляют клещи, обитающие в матрацах, коврах, мягкой мебели и в постельном белье. Наиболее известный – домашний клещ. Его размеры около 0,1 мм, а в 1 г домашней пыли обнаружено до 500 клещей этого вида. Они могут вызывать аллергические реакции и приступы бронхиальной астмы.

Основные меры борьбы с клещами этой группы – понижение влажности и температуры в помещениях, где они хранятся. Борьбы также состоит в частых, влажных уборках помещений и использовании постельных принадлежностей из синтетических материалов.

К этому же отряду относятся клещи – *постоянные паразиты* человека, имеющие также мелкие размеры тела (около 0,1 до 0,4 мм), сильную редукцию конечностей, малую подвижность и цикл развития, полностью проходящий на человеке. Представителем этой группы является *чесоточный зудень* – возбудитель чесотки человека. Все тело этого клеща покрыто щетинками, на конечностях имеются присоски, а ротовой аппарат приспособлен к прогрызанию ходов в кожных покровах.

Диагностировать чесотку можно по прямым или извилистым полоскам грязно-белого цвета на пораженной коже. Для профилактики чесотки необходимо соблюдать правила личной гигиены, выявление и лечение больных, дезинфекция белья, одежды.

Паразитиформные клещи насчитывают свыше 10000 видов. Все клещи этой группы, нападающие на человека, характеризуются приспособлениями к эктопаразитизму: ротовой аппарат предназначен для прокалывания кожи и всасывания крови, пищеварительная система и покровы тела сильно растяжимы, что позволяет им питаться редко. Они легко переходят к питанию кровью разных видов животных и человека. Выделяемая в ранку слюна обладает местным раздражающим и общетоксическим действием. Особую опасность представляют не столько укусы клещей (хотя и они могут вызвать различные дерматиты), сколько способность клещей переносить возбудителей природно-очаговых бактериальных, вирусных и других заболеваний. Особенно опасны *иксодовые* и *аргасовые* клещи.

Иксодовые клещи довольно крупные – от нескольких миллиметров до 2 см в состоянии насыщения. На переднем конце тела ротовой аппарат сильно выступает вперед. Хелицеры имеют вид колющих зазубренных стилетов. С их помощью в коже хозяина образуется ранка, в которую клещ вводит хоботок с гипостомом. Насыщение кровью может продолжаться от нескольких часов до 15-20 дней. В средней кишке кровь сохраняется до нескольких лет. После питания самки откладывают до 20000 яиц в лесную подстилку, трещины почвы. Личинки питаются кровью мелких грызунов и пресмыкающихся. Нимфы питаются кровью зайцев, белок, крыс. Взрослый клещ сосет кровь крупных домашних и диких копытных, а также собак и человека. Такой цикл развития называется *треххозяинным*.

Иксодовые клещи переносят возбудителей опасных заболеваний – *клещевой энцефалит*, вирусы которого размножаются в организме клеща и накапливаются в слюнных железах и яичниках. Наиболее опасен таежный клещ, распространенный в таежной зоне Евразии от Дальнего Востока до горных районов Центральной Европы.

Аргазовые клещи отличаются от иксодовых тем, что их ротовой аппарат расположен на вентральной стороне тела и не выступает вперед. Щитка на спинной стороне тела нет, отчего поверхность тела хорошо растяжима. Распространены в странах с теплым или жарким климатом. Обитают в различных биотопах и даже в жилище человека. Являются носителями *спирохет* - возбудителей клещевого возвратного тифа. Переносчиком среднеазиатского возвратного тифа является *поселковый клещ*.

Борьба с кровососущими клещами сводится к методам биологической борьбы. Один из них – использование животных, паразитирующих на клещах и их яйцах, вызывающих их гибель или снижающих жизнеспособность. При работе в эпидемиологически неблагоприятных районах необходимо использовать пропитанные репеллентами костюмы, постоянно осматривать одежду (особенно швы) и тело.

ЯДОВИТЫЕ ЖИВОТНЫЕ

1. Происхождение и эволюция ядовитости

На ранних этапах эволюции в качестве ядов могли выступать нормальные метаболиты, которые выделялись в окружающую среду или накапливались в организме. Эволюционно наиболее примитивная форма ядовитости – накопление токсичных метаболитов в организме (так называемая, первичная пассивная ядовитость). Так, бактерии и плесневые грибы – наиболее древние разносторонние «химики» среди живых организмов – могут продуцировать самые разнообразные соединения – от антибиотиков до смертельных ядов.

У животных, не имеющих иных способов защиты или нападения, в соответствии с правилом прогрессивной специализации могут появляться специализированные структуры, продуцирующие яд: за счет усиления защитной функции покровных клеток (у кольчатых червей, кишечнорастворимых, иглокожих) или за счет активизации работы и расширения функций желез внешней и внутренней секреции. Так, ядовитые железы змей являются преобразованными слюнными железами, а ядовитый аппарат перепончатокрылых насекомых – видоизмененная половая система самок. Пассивная вторичная ядовитость почти не обеспечивает индивидуальной защиты животных, но ценой гибели одной особи повышает эффективность выживания популяции в целом. Использование ядовитости в сочетании с наличием аппарата введения яда является прогрессивным признаком.

Большинство активно ядовитых животных вырабатывают яды, представляющие собой смеси токсических полипептидов и литических ферментов. Таковы яды змей и пауков. Их токсины по происхождению связаны с пищеварительными ферментами слюнных желез, которые обладают повышенной литической активностью. Они действуют только при попадании их в кровь. При введении их в пищеварительную систему они расщепляются и теряют токсический эффект.

Невооруженные активно ядовитые животные в большинстве случаев имеют яды небелковой природы. Поэтому они наиболее эффективно действуют при попадании в пищеварительную систему.

Хищнический образ жизни ядовитых животных сопровождается обычно возникновением вооруженной формы ядовитого аппарата, а токсины обладают нейротропным действием, направленным в первую очередь на обездвиживание жертвы (к таким относятся змеи, скорпионы, осы).

Нередко нейротоксины обладают строгой специфичностью действия, соответствующего пищевой специализации животного. Так, яд наездников парализует лишь гусениц, которыми питаются личинки этих хищников. В

яде скорпионов возникли видоспецифические нейротоксины, избирательно действующие на млекопитающих, насекомых и ракообразных.

У невооруженных ядовитых животных яды в основном обладают отпугивающим действием. Химическая природа их разнообразна, что свидетельствует о разных путях их происхождения. Это стероиды, органические кислоты и др. Такие яды встречаются у амфибий, жуков, некоторых многоножек.

В процессе эволюции ядовитости параллельно с видоизменением токсинов, органов, которые их вырабатывают, и механизмов введения в тело жертвы эволюционируют также и механизмы невосприимчивости животных, вырабатывающих эти токсины, к собственным ядам. Наиболее известный механизм – это особое строение ядопродуцирующих желез, стенки которых препятствуют распространению токсинов по организму.

Нередко яды вырабатываются вместе с их ингибиторами и поэтому в таком виде не проявляют специфической активности. При попадании в организм другого вида концентрация ингибиторов токсинов резко падает, и ферменты активируются. Существуют и гуморальные антитоксические механизмы. Так, в крови некоторых змей циркулируют пептиды, инактивирующие токсическое действие ядов, а у ряда ядовитых амфибий и рыб мембраны клеток не имеют рецепторов к собственным токсинам, при этом клетки становятся нечувствительными к ним.

2. Особенности строения ядовитых органов и действия яда на организм

Ядовитость широко распространена в природе. Ядовитым называют организм, в котором вырабатываются или накапливаются вещества, способные при попадании в другой организм вызывать нарушения его жизнедеятельности или смерть. Среди животных ядовитость встречается у представителей почти всех систематических групп – от простейших до млекопитающих.

Ядовитые вещества животного происхождения называют зоотоксинами. Они служат либо для защиты от нападений хищников, отпугивания или вызывая их гибель, либо для нападения на жертву. Ядовитые животные подразделяются на группы первично- и вторичноядовитых.

Первичноядовитые животные вырабатывают токсины в специализированных железах или накапливают в тканях ядовитые метаболиты. Первичная ядовитость является видовым признаком. Вторичноядовитые животные аккумулируют экзогенные яды из окружающей среды. Токсичность этих животных проявляется только при поедании их другими животными. К ним относятся насекомые, личинки которых питаются на ядовитых растениях, а также двухстворчатые моллюски и рыбы, накапливающие в своем теле токсины синезеленых водорослей.

Первичноядовитые животные по способам применяемого яда делятся на активно- и пассивноядовитых. Активноядовитые имеют специальные органы, вырабатывающие токсины. Если у таких животных есть приспособления для введения яда в тело жертвы, минуя пищеварительный тракт, то их называют вооруженными. Это пауки, ядовитые змеи, жалящие насекомые.

У ядовитых пауков в первой паре конечностей (хелицеры) содержатся мешки с ядом. Вторая пара конечностей – педипальпы, которые служат для захвата и пережевывания пищи. В Средней Азии, в Крыму, в Одесской области, Иране, Афганистане, на Американском континенте встречаются несколько видов каракурта. Их укусы могут быть смертельными для человека. Среди представителей многоножек также есть ядовитые животные – сколопендры.

Среди пауков медицинское значение имеют тарантулы. В Западной Европе и Италии обитает тарантул, укус которого вызывает лихорадочное состояние. В Закавказье, в Турции, Иране, Афганистане распространен русский тарантул. Укусы этого паука сопровождаются местной воспалительной реакцией.

У скорпионов ядовитые железы и жало содержатся в последнем членике задней части брюшка. Захватив жертву педипальпами, скорпион поражает добычу хвостом (жалом). Скорпионы распространены на территориях с теплым климатом. Особенно их много в Индии (более 80 видов). На Черноморском побережье Кавказа встречается итальянский скорпион. Скорпионы представляют опасность для детей и лиц с повышенной чувствительностью к яду. Ужаленный ими человек ощущает сонливость, у него начинается озноб, наблюдается отек пораженного места.

Человек давно обратил внимание на ядовитость змей как на защитное приспособление и на способ добывания пищи. Яд рептилий – это видоизмененная слюна. Слюнные железы всех змей хорошо развиты, и их секреты помогают смачивать крупную добычу, которую в состоянии проглотить огромная пасть животных. У ядовитых змей некоторые слюнные железы преобразовались в продуценты яда. Так, ядовитые железы гадюк находятся позади глаз. Секрет поступает по тонкому каналу вперед, к основанию крупных ядовитых зубов.

Змеиный яд состоит из нескольких активных компонентов, главным образом, белков и ферментов. Некоторые из них действуют преимущественно на сердечно-сосудистую систему, вызывая свертывание кровяных клеток и разрушение стенок капилляров. Такие яды принято называть гемотоксинами или геморрагическими ядами. Яды других змей относят к нейротоксинам, поскольку они поражают в основном нервную систему, вызывая паралич сердечной мышцы или остановку дыхания, или то и другое одновременно. По своим свойствам и силе яды различаются. Так, яд гадюк разрушает главным образом сосудистую систему, и их

жертвы гибнут от тяжелых кровоизлияний и тканевых расстройств. Яд же кобры и родственных ей видов в основном парализует добычу.

Орудия, которыми змеи наносят укол и вводят яд в тело жертвы, представляет собой просто видоизмененные зубы. Яд поступает в бороздки из канавок, куда открываются многочисленные протоки ядовитых желез. У некоторых видов кобр яд поступает в бороздки под давлением, отверстие выводного канала находится у самой вершины ядовитых зубов, и кобра может стрелять (плеваться) ядом, лишь приоткрыв рот.

Кобры вырабатывают яды, относящиеся к категории нейротоксинов, которые они вводят в жертву с помощью неподвижно закрепленных в верхней челюсти ядовитых зубов. Зубы эти короче, чем зубы гадюк, и для эффективного их использования кобра вцепляется в добычу, чтобы нанести несколько ран. Обычно кобра предупреждает о своей смертельной ядовитости, громко шипя, высоко приподнимая переднюю часть тела и расправляя капюшон.

По эффективности системы введения яда гремучая змея превосходит кобру. Ее длинные ядовитые зубы, которые находятся на самом переднем крае верхних челюстей, способны нанести глубокий укол при первом же нападении.

У гадюк каналы в ядовитых зубах полностью замкнуты и не имеют никаких следов бороздок. Сами зубы очень длинные и, чтобы не повреждать нижнюю стенку рта, они складываются назад. Обычно за действующей парой зубов располагаются несколько запасных.

У невооруженных ядовитых животных ядовитые органы лишены ранящих приспособлений. Таковы большинство ядовитых земноводных, некоторые насекомые, рыбы. Ядовитые секреты этих животных обладают как местным контактным действием, раздражая кожные покровы и слизистые оболочки, так и общим эффектом, наступающим после их всасывания в кровь. Так, например, колорадский жук, саламандра огненная, Маринка балхашская, минога европейская и др. Ядовитые метаболиты в организме пассивноядовитых видов накапливаются в различных органах.

3. Использование ядовитых животных и вопросы их охраны

Зоотоксины ряда видов животных используют как ценное сырье для фармацевтической промышленности и применяют для изготовления многих лекарственных препаратов. Некоторые токсины – источники химических реактивов. Важной областью применения является производство сывороток, служащих для лечения отравлений.

Многие зоотоксины применяют в медико-биологических научных исследованиях, в результате которых выявляются их, не известные ранее, свойства. Так, в последние годы стало известно, что некоторые компоненты ядовитых секретов жаб обладают противоопухолевым

свойством, яды иглокожих подавляют синтез нуклеиновых кислот и регулируют активность фермента АТФазы, а также транспорт Ca^{2+} через мембраны клеток.

Некоторые виды ядовитых змей, скорпионов, пауков и насекомых содержатся в специальных заведениях – серпентариях, скорпионариях и инсектариях, где их используют для регулярного получения токсинов. В питомниках проводят токсикологические исследования и изучение биологии ядовитых животных, разрабатывают способы их длительного содержания и размножения в неволе.

Ведутся работы по изучению химического состава ядов, налаживанию химического синтеза наиболее ценных из них, а также по производству их химических аналогов.

Параллельно необходимы работы по сохранению этих видов животных, восстановлению и сохранению природных биогеоценозов, в которых обитают ядовитые животные.

В результате обширной хозяйственной деятельности человека происходит исчезновение большого числа видов животных. В основном это – ядовитые формы, представляющие прямую или косвенную опасность для человека. Они подвергаются прямому уничтожению. Особенно большое значение при этом является разрушение биотопов, в которых они обитают, т.е. обеднение биогеоценозов, членами которых они являются.

Существуют различные факторы, являющиеся причиной вымирания отдельных видов ядовитых животных. Так, сокращение численности змей объясняется их прямым уничтожением, отловом и мелиоративными работами в зонах их обитания. Ядовитые насекомые исчезают за счет широкого применения различных пестицидов в сельском хозяйстве, разработки больших площадей под сельскохозяйственные культуры, сменивших естественные условия их существования.

Ядовитые морские животные обычно не уничтожаются специально, но в массовом количестве гибнут в результате загрязнения прибрежных вод токсичными отходами промышленности и при попадании в сети при промысловой ловле рыбы.

Все ядовитые животные несомненно нуждаются в охране не только как компоненты соответствующих биогеоценозов, устойчивость и эволюция которых зависит и от них, но и как организмы, имеющие огромное медицинское и хозяйственное значение.

СТРАТЕГИЯ БОРЬБЫ ЗА СОХРАНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

1. *О рубежах природопользования*

Возникновение и развитие человеческого общества, вовлечение в техногенез больших потоков вещества и энергии нарушает замкнутость биотического круговорота, вызывает антропогенные экологические кризисы и становится негативным фактором эволюции биосферы. В.И.Вернадский предсказывал, что вскоре под влиянием человеческой деятельности биосфера перейдет в качественно новое состояние – *ноосферу* – сферу разума. К сожалению, настоящее состояние биосферы трудно назвать сферой разума, скорее здесь подходит название – техносфера или экосфера. В настоящее время вся мощь человеческого разума направлена на достижение благополучия ценой разрушения будущего биосферы. В связи с этим возникают глобальные проблемы, связанные с загрязнением атмосферы, почв, вод, деградацией экосистем, уменьшением видового разнообразия и т.д. Неспособность людей объединиться для решения этих важных проблем будет, по-видимому, означать наступление эпохи биосферных катастроф антропогенного происхождения, сопровождающихся грандиозными и небывалыми по массовости человеческими трагедиями

Мы живем в быстроменяющемся мире. В середине XX века началась научно-техническая революция и уже в 70-х годах установились жесткие границы допустимых нагрузок на природопользование.

Мир находится на рубеже развития цивилизации. Каждая ступень развития строится на расширении природопользования, т.н. *экстенсивное* природопользование. В конце концов мы подходим к рубежу, когда далее уже ресурсы нельзя использовать полностью, они уже не удовлетворяют потребностей, ресурсы находятся на пределе.

Истории отношений человека с природой нет. Хотя в истории не раз упоминается о столкновении человека с природой, и получается срыв, проигрывает, как правило, сам человек. Сейчас особенно отяжеляющие обстоятельства в том, что нет уже локальных зон. Равновесие охватило планету в целом. Оно находится в состоянии перегрузки. Но в то же время впервые в истории человечество обладает технически развитым потенциалом в решении задач. Высок также экономический потенциал. Впервые в истории человечество обладает социальным опытом. Проблема очень сложна и усложняется социальными моментами. Необходимо найти общее решение.

Человечество имеет возможность найти выход. Современное производство может увеличить развитие при ограничении и даже уменьшении природных ресурсов. Для выхода из экологического кризиса

человечество должно решить сложный комплекс глобальных проблем, обостряющихся с каждым годом.

2. Стратегия борьбы за сохранение чистоты воды и воздуха

В настоящее время очень остро стоит вопрос о *пресной воде*. Водные ресурсы – основа всего живого и всех технических систем. Ее совсем немного, 2,5% всей влаги планеты. Большая часть воды законсервирована во льдах Арктики и Антарктики – 70%, около 30% - в ледниках высокогорий и лишь 0,006% всей влаги планеты сосредоточено в реках – годовой сток.

Вопрос о состоянии речного стока стоит также очень остро. Сейчас очень многие промышленные зоны мира сталкиваются с дефицитом ресурсов речного стока (Германия, Япония, Италия, а также США, страны Средней Азии и европейская часть России). Наиболее благоприятны в этом отношении Сибирь и Дальний Восток. В лучшем состоянии находятся также Бразилия, Канада и Норвегия.

Чтобы ликвидировать как-то этот дефицит решили строить каналы по перераспределению речных вод во всех странах мира (1-ый путь). Накопленный опыт показывает, что даже незначительное перераспределение несет большие потери. Мы еще неясно представляем последствия. Опыт в США, в Китае и в Западной Сибири о переброске вод вызвал большие дискуссии среди ученых. Америка, Китай, а позже и Россия отказались от этих проектов. Переброс воды не может быть решением этой проблемы.

2-ой путь – использование подземных вод, которые таят в себе большие резервы. Но в целом. Во всем мире это положение ухудшается, резервы быстро уменьшаются, особенно ближе к поверхности горизонта. Сейчас столкнулись с отравлением верхнего горизонта подземных вод гербицидами и ядохимикатами. Отложения минеральных удобрений отравляют воду на глубину до 100 м. В связи с этим восстановление чистой воды возможно в течение 100-200 лет. А сейчас в целом ряде стран испытывается дефицит питьевой воды. Пресную воду продают в бутылках. В Японии, например, она стоит столько же, сколько молоко.

В последнее время качество речного стока немного улучшилось в России, Нидерландах, Франции. Сейчас качество воды – один из параметров здоровья человечества. Многие страдают от дефицита и качества воды. В Германии вынуждены кипятить воду по нескольку дней подряд, чтобы использовать ее для питья.

Ухудшилось состояние закрытых морей. У нас это хорошие примеры Аральского и Каспийского морей. Поэтому мы особенно должны беречь такие водные резервуары кристально чистой воды как озеро Байкал – наше национальное достояние, в котором находится до 20% сверхчистой

воды всех запасов пресной воды на планете для будущего экономического использования.

Вода обладает очень важным свойством самоочищения и самовосстановления. Однако при сильном загрязнении, которое наблюдается сейчас, самоочищения воды не происходит. Основными источниками загрязнения вод являются: сточные воды промышленных предприятий и коммунального хозяйства; поверхностные стоки с полей и других с/х объектов; атмосферные выпадения загрязнителей на поверхность водоемов; просачивание в подземные воды ядовитых веществ с мусорных свалок; захоронение токсичных и радиоактивных отходов; аварии танкеров, перевозящих нефтепродукты и др.

К наиболее распространенным и опасным загрязнителям гидросферы относятся соли тяжелых металлов, фенолы, кислоты, пестициды и нитраты, моющие средства и многие другие. Кроме химического, механического, термического загрязнений существует и биологическое загрязнение. В результате поступления в водоемы азотистых веществ, фосфора, серы и других вместе с бытовыми и промышленными стоками в них начинает бурно развиваться фитопланктон, вызывающий «цветение» воды, что приводит к гибели водных организмов.

Состояние *воздушной среды* испытывает пылевое и химическое загрязнение, накопление углекислого газа в атмосфере. Первое вызывает наибольшее внимание. Масштаб воздушного океана огромен. Но в действительности в атмосфере загрязнители накапливаются и не рассеиваются. Кроме того, они вступают в различные реакции. Так, окиси азота и серы превращаются в атмосфере в азотную и серную кислоты, которые выпадают вместе с осадками на землю, образуя, так называемые «кислые дожди». Были попытки строить на производствах высокие трубы. Но это приводит к загрязнению своего восточного соседа, в связи с вращением земли на запад. Загрязнения перемещаются на огромные расстояния. Концентрация очень высокая. В Норвегии ежегодно оседает до 50-60 тыс. тонн серы. В Скандинавии погибло 20 тыс. озер. Пришли к тому, что нужно не выбрасывать отходы в воздух, а дожигать их. Возникла необходимость перестройки всего производства. В конце 90-х гг. введены квоты на пользование воздушного океана.

Углекислый газ накапливается в атмосфере все больше и больше. Фоновое состояние кислорода снизилось до 20%, против прежнего 20,95%. Идет потепление климата. Одним из факторов является накопление углекислоты в атмосфере. Употребление термальных, солнечных и других экономных ресурсов может в какой-то степени приостановить этот процесс. Состояние озоновой оболочки Земли ухудшилось. Ее разрушение вызывают многие факторы, и одним из них являлось до недавнего прошлого использование фреоновых агрегатов в промышленности и в быту (например, в холодильниках), на первый взгляд безобидных.

В настоящее время ограничено развитие сверхзвуковой авиации из-за разрушения озоновой оболочки. Если бы каждый день летали самолеты типа «конкорд», то озона хватило бы лишь на несколько десятилетий.

Основной причиной загрязнения воздуха городов является использование ископаемого топлива для получения энергии. Существуют и другие источники загрязнения биосферы – выбросы химических, металлургических, цементных и других производств. Одним из основных загрязнителей окружающей среды в большинстве крупных городов является автотранспорт. Около 80% всех вредных веществ, находящихся в городском воздухе, поступает от автомобилей. Воздух в непосредственной близости от автомагистралей насыщен отработанными газами транспортных средств, представляющими собой смесь около 200 веществ.

Таким образом, загрязнение атмосферы вызывает целый ряд глобальных экологических проблем. Если раньше внимание обращали на простые экономические выгоды, то теперь важнейшим параметром является экологическая устойчивость.

3. Стратегия борьбы за сохранение разнообразия форм жизни

Раньше не вставал остро вопрос о состоянии лесов умеренной и тропической зон. Сейчас леса сокращаются в Западной Европе в основном за счет выпадения кислых дождей. Основное внимание привлекают сейчас влажные тропические леса, т.к. примерно 50% кислорода накапливают они, и, кроме того, они составляют основной генетический фонд планеты. Сейчас сведены на нет половина лесов Африки и 2/3 – в Азии. Уничтожаются леса в поймах Амазонки в Южной Америке. Если так будет продолжаться и дальше, то их хватит на 30-40 лет.

Проблема социально сложна. Значительная часть леса идет на дрова, используется огнево-подсечная система земледелия в некоторых странах до сих пор. Большой урон наносит хищническая эксплуатация лесов. Однако практические меры, принимаемые по спасению биоразнообразия, недостаточны. В настоящее время вырабатываются решения на планетарном уровне. Так, в рамках Программы защиты окружающей среды при ООН разработана Концепция о биоразнообразии. Главная ее цель – убедить мировую общественность в том, что биоресурсы уничтожаются такими темпами, какие угрожают существованию самого человечества, а также заложить научные основы эффективной политики в области сохранения биоразнообразия.

Сейчас известно, что сдвиг состояния почвенного покрова Земли – один из последствий хозяйственной деятельности человека. За 20 последних лет потеряны почвы, равные по площади Бразилии. Известно теперь также, что пустыни большей частью антропогенного происхождения – результат неумелого ведения сельского хозяйства. Процесс опустынивания продолжается. Продолжает расти пустыня

Сахара. Деградация почв захватила и развитые страны. За последнее время резко сокращается отношение пахотной земли на душу населения. Причинами являются основные три фактора разрушения – вырубка лесов, перевыпас скота, интенсификация земледелия за счет нарушений нормального севооборота. Вопрос о равновесии стоит очень остро. Отказ от севооборотов привел к нарушению и уменьшению урожаев. Севооборот необходим. Нельзя делать ставку только на химию. Нарушается равновесие.

Также остро стоит вопрос о растительном и животном мире. Если исчезнет вид, то никакая наука и техника не восстановят его. Давление на многообразие форм жизни нарастает. Каждые 10 лет исчезает 1 вид животного. С растениями дело обстоит еще хуже. Давление необратимо. Рост населения Земли (демографический взрыв), рост техники – причины исчезновения животных и растений. Огромное значение в этом играет потребительское отношение к природе: браконьерство, нелегальный бизнес (вывоз экзотических животных, птиц).

Нужна другая культура. Человечество получило большие возможности, но не выработало этики, культуры, новой организации. Нужна другая система охраны лесов. Нужны также и действенные меры, т.к. определенная часть людей не понимают проблем, связанных с нашей собственной экологией.

Необходимо понять, что ничего не выбрасывается, все собирается в мировом океане. Загрязнение идет достаточно быстро: за счет нефти, газа, ртути, свинца и т.д. Состояние сдвигается в сторону уменьшения разнообразия форм жизни. Хуже всего обстоят дела в Северном, Средиземном морях и в районе Аравийского полуострова. Погибло 70% нерестилищ мирового океана. Сейчас предпринимаются большие усилия по очистке вод Средиземного моря.

4. Борьба против вредителей и болезней. Проблемы здоровья населения Земли

В 1945 г. был открыт ДДТ (дуст), и началась эра борьбы против вредителей и насекомых. Нужно сказать, что эту борьбу человек проиграл. Оказалось, что насекомые быстро адаптируются к химическому окружению. Все привело к появлению новых форм насекомых, с которыми мы практически не сможем уже бороться. В конце 70-х гг. было использовано пестицидов до 0,5 кг на каждого жителя Земли. Сейчас наблюдается контрнаступление насекомых и болезнетворных бактерий. Так, саранча проявляет огромную активность, наступает малярия, около 1 млн человек гибнет, наступают также грызуны – крысы, которые уничтожают 1/5 часть всех посевов зерновых. Биологические и химические методы борьбы не дали положительных результатов. Наука еще не предложила конкретных методов борьбы. По-видимому, требуется более комплексно подходить к этому и удерживать равновесие.

Сохранение здоровья населения Земли оставляет желать лучшего. Быстрый рост населения, концентрация населения в городах (13% - в начале 20-го века и до 50% - к концу 90-ых гг.), огромная подвижность (миграция) населения способствуют распространению болезней. Ежегодно мигрирует 1/3 часть населения Земли.

Лекарственная медицина пошла по принципу широкого использования химических средств и также вызвала адаптацию бактерий и вирусов. Применение обезболивающих средств не всегда бывает оправданно. Эти средства ослабляют нервную систему. Необходимо формировать устойчивость организма к болевым ощущениям. У человеческого организма достаточно внутренних ресурсов, чтобы бороться с ощущением боли, преодолеть ее.

Таким образом, стратегия борьбы за сохранение окружающей среды, на первый взгляд, кажется очень сложной, а задачи – неразрешимыми. В настоящее время, когда экологическая ситуация оценивается как катастрофическая, особенно важны совместные усилия и сотрудничество всех государств в деле сохранения биосферы Земли.

Международные конвенции и соглашения по экологическим проблемам проводятся уже с XIX века, однако проблемой устойчивого развития мировое сообщество стало заниматься недавно – с 1992 г. (в Рио-де-Жанейро в этом году прошла конференция ООН по окружающей среде и развитию). Концепция устойчивого развития рассматривает в единстве экологические, экономические, социальные и многие другие процессы в системе «общество-природа». Чтобы обеспечить устойчивое будущее, потребуется изменить мировую экономику, демографическую политику, нынешние стереотипы мышления людей, во многом отказаться от привычного образа жизни. Поскольку биосфера представляет собой единую систему, переход к устойчивому развитию может быть осуществлен только в условиях эффективного международного сотрудничества.

Рекомендуемая литература

Основная

1. *Ярыгин В.Н.* Биология.- М.: Высшая школа, 1997.
2. *Богоявленский Ю.К., Улисова Т.Н., Яровая И.М.* Биология/ Под ред. *В.Н.Ярыгина.*- М., 1984.
3. *Пехов А.П.* Биология и общая генетика. – М., 2013.
4. *Слюсарев А.А.* Биология с общей генетикой.- М., 1979.
5. Руководство к лабораторным занятиям по биологии/ Под ред. *Н.В.Чебышева.*- М., 1996.
6. *Чебышев Н.В., Кузнецов С.В.* Биология клетки.- М., 1992.
7. *Чебышев Н.В., Кузнецов С.В., Демченко А.Н., Зайчикова С.Г.* Генетика и онтогенез.- М., 1992.
8. *Чебышев Н.В., Супряга А.М.* Простейшие.- М., 1992.
9. *Чебышев Н.В., Вальцева И.А.* Ядовитые рептилии отечественной фауны, механизм поражения и меры помощи при укусах.- М., 1992.

Дополнительная

1. *Ленинджер А.* Биохимия.- М., 1974.
2. *Уотсон Д.* Молекулярная биология гена.- М., 1978.
3. *Лобашов М.Е., Инге-Вегтомов С.Н.* Физиологическая генетика.- М., 1976.
4. *Грин Н., Стаут У., Тейлор Д.* Биология.- М., 1990.
5. *Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж., Рефф М., Робертс К., Уотсон Дж.* Молекулярная биология клетки.- М., 1994.
6. *Гилберт С.* Биология развития.- М., 1993.
7. *Кэрролл Р.* Палеонтология и эволюция позвоночных.- М., 1993.
8. *Вронский В.А.* Прикладная экология.- Ростов-на-Дону: изд. Феникс, 1996.
9. *Небел Б.* Наука об окружающей среде.- М., 1993.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ В БИОЛОГИЮ	3
1. Предмет изучения, этапы развития, разделы, задачи и методы исследований	3
2. Свойства живой материи	5
3. Уровни организации живой материи	7
КЛЕТКА – ОСНОВА ЖИЗНИ	9
1. Основные положения клеточной теории. Формы существования живой материи	9
2. Строение типичной эукариотической клетки	9
Цитокинез и кариокинез	
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛЕТКИ	16
1. Неорганические вещества клетки	16
2. Органические вещества клетки	17
3. Химическая природа наследственного материала	20
ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ	21
1. Условия, обеспечивающие обмен веществ между клеткой и окружающей средой	21
2. Особенности пластического и энергетического обмена	22
3. Способы получения энергии	24
РАЗМНОЖЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ	27
1. Общее понятие о бесполом и половом размножении	27
2. Особенности полового размножения	28
3. Развитие половых клеток (гаметогенез)	29
ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ (ОНТОГЕНЕЗ)	32
1. Эмбриональный период развития	32
2. Постэмбриональный период развития	33
3. Биология старения организма	35
ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ПРИЗНАКОВ	37
1. Основные понятия генетики	37
2. Методы изучения и законы наследования признаков Г. Менделя	39
3. Взаимодействие генов (закон Моргана). Генетика пола	42
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ	44
1. Наследственная (генотипическая) изменчивость	44
2. Ненаследственная (фенотипическая) модификационная изменчивость	46
3. Основы селекции	47
ОСНОВЫ МЕДИЦИНСКОЙ ГЕНЕТИКИ	50
1. Генетическая индивидуальность и нормальная наследственность	50
2. Патологическая наследственность, обусловленная мутациями генов и хромосом	51
3. Методы изучения наследственности человека	54

ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА	55
1. Возникновение жизни на Земле	55
2. Факторы, главные направления и закономерности биологической эволюции	58
3. Теории и научное доказательство эволюции	64
ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕЛОВЕКА	67
1. Место человека в системе животного мира	67
2. Основные этапы антропогенеза	68
3. Генотипическое разнообразие человечества	70
ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФИЛОГЕНЕЗА ПОЗВОНОЧНЫХ	73
1. Характеристика типа Хордовые	73
2. Уровни организации подтипа Позвоночные	74
3. Филогенез нервной системы Позвоночных	76
ФИЛОГЕНЕЗ ДЫХАТЕЛЬНОЙ И КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМ ОРГАНОВ ПОЗВОНОЧНЫХ	79
1. Филогенез органов дыхания	79
2. Филогенез кровеносной системы	80
3. Филогенез лимфатической системы	84
ФИЛОГЕНЕЗ ВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ И РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМ ОРГАНОВ ПОЗВОНОЧНЫХ	85
1. Эволюция выделительной системы	85
2. Развитие и функция почки у человека	86
3. Эволюция репродуктивной системы	87
ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ	91
1. Среда и условия существования организмов	91
2. Понятие о биоценозе и биосфере	92
3. Структура и динамика популяций и экосистем	94
4. Циклы и цепи питания	96
ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА. ЧЕЛОВЕК КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР	98
1. Среда обитания человека	98
2. Человек как объект действия экологических факторов	100
3. Роль антропогенных факторов в эволюции видов и биогеоценозов	102
ЧЕЛОВЕК В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ	103
1. Природные экстремальные условия	103
2. Социальные стрессы и их воздействие на человека	105
3. Техногенные аварии и природные катастрофы	106
ОСНОВЫ ПАРАЗИТОЛОГИИ	108
1. Понятие о паразитологии и классификация паразитов	108
2. Особенности морфологии и биологии паразитов	110
3. Взаимоотношения паразита и хозяина	111

ОСНОВЫ МЕДИЦИНСКОЙ ГЕЛЬМИНТОЛОГИИ.	
ТИП ПЛОСКИЕ ЧЕРВИ	113
1. Общая характеристика типа Плоские черви	113
2. Характеристика класса Сосальщикои (<i>Trematoda</i>)	113
3. Характеристика класса Ленточные черви (<i>Cestoidea</i>)	116
ОСНОВЫ МЕДИЦИНСКОЙ ГЕЛЬМИНТОЛОГИИ.	
ТИП КРУГЛЫЕ ЧЕРВИ	120
1. Общая характеристика круглых червей	120
2. Особенности развития Круглых червей – геогельминтов	120
3. Особенности развития Круглых червей – биогельминтов	123
ТИП ЧЛЕНИСТОНОГИЕ – ARTHROPODA.	
КЛАСС РАКООБРАЗНЫЕ	126
1. Характерные признаки членистоногих. Общее строение тела членистоногих	126
2. Происхождение и классификация членистоногих	128
3. Характеристика и классификация класса Ракообразные	128
ТИП ЧЛЕНИСТОНОГИЕ – ARTHROPODA.	
КЛАСС НАСЕКОМЫЕ (INSECTA)	132
1. Общая характеристика насекомых	132
2. Происхождение, планетарное и медицинское значение и классификация насекомых	133
3. Характеристика различных экологических групп насекомых	134
ТИП ЧЛЕНИСТОНОГИЕ – ARTHROPODA.	
КЛАСС ПАУКООБРАЗНЫЕ	139
1. Общая характеристика паукообразных	139
2. Классификация паукообразных	140
3. Классификация клещей и их медицинское значение	141
ЯДОВИТЫЕ ЖИВОТНЫЕ	144
1. Происхождение и эволюция ядовитости	144
2. Особенности строения ядовитых органов и действия яда на организм	145
3. Использование ядовитых животных и вопросы их охраны	147
СТРАТЕГИЯ БОРЬБЫ ЗА СОХРАНЕНИЕ	
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	149
1. О рубежах природопользования	149
2. Стратегия борьбы за сохранение чистоты воды и воздуха	150
3. Стратегия борьбы за сохранение разнообразия форм жизни	152
4. Борьба против вредителей и болезней. Проблемы здоровья населения Земли	153
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	155

В.М. Триль

БИОЛОГИЯ

*Учебное пособие для студентов
фармацевтического факультета*

Подписано в печать 02.02.2014. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Формат бумаги 60x84/16. Печать цифровая. Усл. п. л. 10,0. Тираж 100. Заказ 016.

Отпечатано с готового оригинал-макета на участке оперативной полиграфии ИП Магарин О.Г.
385008, г. Майкоп, ул. 12 Марта, 146. Тел. 8-906-438-28-07. E-mail: olemag@yandex.ru