

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КЕРЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра водных биоресурсов и марикультуры

Золотницкий А.П. Козлова Г.В.

**ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ**

Курс лекций  
для студентов направления подготовки 35.03.08  
Водные биоресурсы и аквакультура  
очной и заочной форм обучения

Керчь, 2018 г.

УДК 639.3.041.2

Составитель: Козлова Г.В., ст. преподаватель кафедры ВБ и МК ФГБОУ ВО «КГМТУ» Г.В. Козлова

Рецензент: Булли Л.И., канд. биол. наук, доцент кафедры ВБ и МК ФГБОУ ВО «КГМТУ»

Л.И. Булли

Курс лекций рассмотрен и одобрен на заседании кафедры ВБ и МК ФГБОУ ВО «КГМТУ», протокол № 6 от 29.05 2018 г.

Зав. кафедрой А.В. Кулиш А.В. Кулиш

Курс лекций утвержден и рекомендован к публикации на заседании методической комиссии ТФ ФГБОУ ВО «КГМТУ», протокол № 1 от 03.09 2018 г.

Курс лекций по дисциплине «Общая биология» составлены в соответствии с учебным планом направления подготовки 35.03.08 «Водные биоресурсы и аквакультура».

Цель освоения дисциплины «Общая биология» состоит в формировании знаний по основным понятиям биологии, а также умений, навыков и свойств биологических объектов при решении профессиональных задач. Результаты освоения дисциплины используются при изучении последующих дисциплин ООП, обеспечивающих дальнейшую подготовку в указанной области: «Генетика и селекция рыб», «Теория эволюции» и других предметов.

Перед дисциплиной «Общая биология» стоят задачи изучения основных биологических понятий, свойства живых систем, уровней организации жизни, разнообразия живых организмов. Кроме того, при изучении данного курса студенты приобретают навыки лабораторного изучения организмов; формирование базовых знаний и умений для практического рационального использования живых объектов.

В результате освоения дисциплины студент должен:

**Знать:**

- основные понятия биологии;
- уровни организации и свойства живых систем;
- особенности многообразных структур живых организмов;
- строение и деление клеток, строение тканей и органов.

**Уметь:**

- использовать свойства биологических систем при решении профессиональных задач;
- ориентироваться в морфологии и анатомии организмов.

**Владеть:**

- навыками анализа биологической информации в области использования живых объектов в качестве продуктов питания;
- навыками проведения экспериментов по заданной методике;
- практическими навыками работы с учебно-методической и научной

литературой.

Курс лекций составлен в соответствии с рабочей программой, разработанной на кафедре «Водные биоресурсы и марикультура» ФГБОУ ВО «КГМТУ».

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Растущая численность населения Земли и необходимость резкого увеличения производства продуктов питания, и, прежде всего, белков животного происхождения заставляют с все большей настойчивостью обращаться к использованию биологических ресурсов морей и океанов. Занимая более 2/3 поверхности нашей планеты, они пока обеспечивает лишь около 5 % рациона человечества и около 25% потребляемых им животных белков. В связи с этим одной из центральных дисциплин, необходимых для студентов кафедры «Водные биоресурсы и марикультура» ФГБОУ ВО «КГМТУ» является предмет «Общая биология».

Дисциплина «Общая биология» относится к одной из фундаментальных естественных наук, изучающих разнообразие ныне существующих и вымерших живых организмов, их строение и функции, закономерности происхождения, существования и взаимоотношения со средой обитания. Разнообразие живых организмов на Земле огромно. К настоящему времени известны более 500 тыс. видов растений, и не менее 2,0 млн. видов животных, сотни тысяч видов грибов и множество прокариот. Таким образом, многие разделы науки о жизни, даже в ее классическом формате, имеют очевидное прикладное значение.

В связи с этим, основными задачами биологии является анализ закономерностей развития живой природы, раскрытие общих свойств живых организмов, объяснение причин их многообразия, выявление связей между строением и условиями их существования. Биология является основой современной экологии и имеет большое значение для развития медицины, сельского хозяйства, включая генную и клеточную инженерию, рациональной эксплуатации водных живых ресурсов и др.

Конспект лекций написан в соответствии с типовой и рабочей программой курса «Биология» и предназначен для студентов кафедры «Водные биоресурсы и марикультура» ФГБОУ ВО «КГМТУ».

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Тема 1. Введение. Предмет и содержание науки</b>	<b>8</b>
1.1. Предмет и содержание биологии	
1.2. Структура биологии как науки	
1.3. Свойства живой материи	
1.4. Уровни интеграции жизни	
<b>Тема 2. Возникновение жизни на Земле</b>	<b>15</b>
2.1. Теории происхождения жизни	
2.2. Концепция абиогенеза	
2.3. Начальные этапы биологической эволюции. Появление про - и эукариот;	
2.4. Теория Геккеля о происхождении многоклеточных организмов.	
<b>Тема 3. Многообразие живых организмов. Разнообразие живого мира.</b>	<b>23</b>
3.1. Принципы и методы классификации организмов;	
3.2. Современная классификация органического мира;	
3.3. Характеристика царства растений;	
3.4. Характеристика царства грибов;	
3.5. Характеристика царства животных.	
<b>Тема 4. Клетка – основная форма организации живой материи.</b>	<b>30</b>
4.1. Основные положения клеточной теории;	
4.2. Структурно-функциональная организация про - и эукариот	
4.3. Деление клетки. Биологическое значение митоза	
<b>Тема 5. Обмен веществ и энергии в организме.</b>	<b>35</b>
5.1. Обмен веществ как основа существования жизни;	
5.2. Фотосинтез и хемосинтез;	
5.3. Аэробный и анаэробный метаболизм.	
<b>Тема 6. Размножение, рост и индивидуальное развитие организма.</b>	<b>40</b>
6.1. Особенности полового и бесполого размножения;	
6.2. Гаметогенез, развитие половых клеток;	

6.3.Оплодотворение.	
<b>Тема 7. Наследственность и изменчивость организма.</b>	<b>49</b>
7.1. Понятие о наследственности и изменчивости;	
7.2. Закономерности наследования признаков;	
7.3. Хромосомное определение пола и наследование признаков;	
7.4. Мутационная изменчивость.	
<b>Тема 8. Учение об эволюции органического мира.</b>	<b>58</b>
8.1. Учение Ч. Дарвина о естественном отборе;	
8.2. Синтетическая теория эволюции;	
8.3. Формы естественного отбора - стабилизирующий, движущий, дизруптивный;	
8.4. Макроэволюция, главные направления прогрессивной эволюции.	
<b>Тема 9. Строение и функции биосферы.</b>	<b>75</b>
9.1. Биосфера, ее строение и границы;	
9.2. Свойства и функции живого вещества;	
9.3. Биогеоценозы и экосистемы как элементарные ячейки биосферы.	
9.4. Ноосфера. Предпосылки создания ноосферы.	
<b>Тема 10. Биологические функции охраны природы и рационального природопользования.</b>	<b>89</b>
10.1 Основные направления охраны природы;	
10.2. Загрязнение биосферы.	
Список использованной и рекомендованной литературы	99

# ТЕМА 1. ВВЕДЕНИЕ. ПРЕДМЕТ И СОДЕРЖАНИЕ НАУКИ

## 1.1. Предмет и содержание биологии

Биология - совокупность наук о живой природе. Её название возникло из сочетания двух греческих слов: *bios* (жизнь) и *logos* (слово, учение). Термин «биология» введён в конце XVIII начале XIX века (1799 - 1802 г.) Т. Рузом и Ж.-Б. Ламарком (1802) для обозначения науки о жизни как особом явлении природы. Наряду с физикой, химией и математикой биология относится к естественным наукам, предметом изучения которой – природа. Эта дисциплина изучает строение, проявления жизнедеятельности, среду обитания и эволюцию всех живых организмов: бактерий, грибов, растений, животных и человека.

Раскрытие общих свойств живых организмов и объяснение причин их многообразия, выявление связей между строением и условиями окружающей среды относятся к основным задачам биологии. Важное место в этой науке занимают вопросы возникновения и законы развития жизни на Земле – эволюционное учение. Понимание этих законов является основой научного мировоззрения и необходимо для решения практических задач.

Предметом изучения биологии являются все проявления жизни: строение и функции живых существ и их природных сообществ, их распространение, происхождение и развитие, связи друг с другом и с неживой природой.

Задача общей биологии состоит в познании общих закономерностей развития живой природы, раскрытия сущности жизни и изучение различных форм жизни.

В процессе поступательного развития и по мере обогащения новыми фактами биология преобразовалась в комплекс наук, исследующих закономерности, свойственные живым существам, с разных сторон. Особенность современной биологии заключается в утверждении принципа единства главных механизмов жизнеобеспечения, осознании роли эволюционного процесса в существовании и изменениях органического мира, который включает и человека, признании первостепенной важности экологических закономерностей с распространением их на человека.

Биология относится к ведущим отраслям естествознания и характеризуется:

- 1.Высокой специализацией.
- 2.Тесным взаимодействием составляющих её наук.



### 3. Интеграцией.

Современная биология представляет комплекс, систему наук. Для уяснения биологических основ развития, жизнедеятельности и экологии конкретных представителей животного и растительного мира неизбежно обращение к общим вопросам сущности жизни, уровням ее организации, механизмам существования жизни во времени и пространстве.

Биология обогатилась фактическим материалом, новыми теориями, обобщениями. Центральной задачей общей биологии является познание законов эволюции. Органический мир не остаётся неизменным с момента появления на земле жизни, он непрерывно развивается в силу естественных материальных причин. Биосфере принадлежит важная роль в формировании лика земли, образованию атмосферы, гидросферы.

#### **1.2. Структура биологии как науки.**

Современная биология — динамичное, меняющееся на глазах знание. В структуре биологического знания сегодня насчитывается более 50 частных наук: ботаника, зоология, генетика, молекулярная биология, анатомия, морфология, цитология, биофизика, биохимия, палеонтология, эмбриология, экология и т.п. Данное многообразие научных дисциплин объясняется, главным образом, сложностью основного объекта биологических исследований — живой материи.

Структуру биологии как науки можно рассматривать с точки зрения объектов, свойств, уровней организации живого, основных этапов и биологических парадигм.

По объектам исследования биологию подразделяют на вирусологию, бактериологию, ботанику, зоологию, антропологию.

По свойствам и проявлениям живого существует следующая классификация биологических дисциплин: эмбриология — наука, изучающая зародышевое (эмбриональное) развитие организмов; физиология — наука о функционировании организмов; морфология — наука о строении живых организмов; молекулярная биология — наука об образе жизни сообществ растительного и животного мира, их взаимосвязях с окружающей средой; генетика — наука о наследственности и изменчивости.

По уровню организации живых организмов выделяют: анатомию — науку о макроскопическом строении животных и человека; гистологию — науку о строении тканей; цитологию — науку о строении живых клеток.

В своем развитии биология прошла длительный путь, включающий в себя три наиболее крупных этапа, принципиально различающихся между собой своей главной идеей: 1) период систематики, 2) эволюционный период и 3) период биологии микромира. Отмеченные периоды не имеют между собой четких временных границ, так же, как и не имеют резких переходов.

В самых разных областях биологии всё больше возрастает значение пограничных дисциплин, связывающих биологию с другими науками – физикой, химией, математикой, кибернетикой и т. д. Так возникли биофизика, биохимия, бионика, радиобиология, космическая биология, социобиология и др.

Достижения биологии последнего времени привели к возникновению принципиально новых направлений в науке, ставших самостоятельными разделами в комплексе биологических дисциплин. Так, раскрытие молекулярного строения структурных единиц наследственности (генов) послужило основой для создания генной инженерии. С помощью её методов создают организмы с новыми, в том числе и с не встречающимися в природе, комбинациями наследственных признаков и свойств. Практическое применение достижений современной биологии уже в настоящее время позволяет получать промышленным путём значительное количество биологически активных веществ. Ещё больших результатов можно ожидать в будущем.

Эта многоплановость комплекса биологических наук обусловлена чрезвычайным многообразием живого мира.

### **1.3 Свойства живой матери**

Важнейшим инструментом дальнейшего познания этого мира служит категория «живого», являющаяся ключевой, исходной для всей системы биологических наук.

Самообновление. Связано с потоком вещества и энергии. Основу обмена веществ составляют сбалансированные и четко взаимосвязанные процессы ассимиляции (анаболизм, синтез, образование новых веществ) и диссимиляции (катаболизм, распад). В результате ассимиляции происходят обновление структур организма и образование новых его частей (клеток, тканей, частей органов). Диссимиляция определяет расщепление органических соединений, обеспечивает клетку пластическим веществом и энергией. Для образования нового нужен постоянный приток необходимых веществ извне, а

в процессе жизнедеятельности (и диссимиляции, в частности) образуются продукты, которые нужно вывести во внешнюю среду. Самовоспроизведение. Обеспечивает преемственность между сменяющимися поколениями биологических систем. Это свойство связано с потоками информации, заложенной в структуре нуклеиновых кислот.

В связи с этим живые структуры постоянно воспроизводятся и обновляются, не теряя при этом сходства с предыдущими поколениями (несмотря на непрерывное обновление вещества). Нуклеиновые кислоты способны хранить, передавать и воспроизводить наследственную информацию, а также реализовывать ее через синтез белков. Информация, хранимая на ДНК, переносится на молекулу белка с помощью молекул РНК;

Саморегуляция. Базируется на совокупности потоков вещества, энергии и информации через живой организм;

Раздражимость. Связана с передачей информации извне в любую биологическую систему и отражает реакцию этой системы на внешний раздражитель. Благодаря раздражимости живые организмы способны избирательно реагировать на условия внешней среды и извлекать из нее только необходимое для своего существования. С раздражимостью связана саморегуляция живых систем по принципу обратной связи: продукты жизнедеятельности способны оказывать тормозящее или стимулирующее воздействие на те ферменты, которые стояли в начале длинной цепи химических реакций;

Поддержание гомеостаза (от гр. *homoios* - «подобный, одинаковый» и *stasis* - «неподвижность, состояние») - относительного динамического постоянства внутренней среды организма, физико-химических параметров существования системы;

Структурная организация - определенная упорядоченность, стройность живой системы. Обнаруживается при исследовании не только отдельных живых организмов, но и их совокупностей в связи с окружающей средой — биогеоценозов. Адаптация - способность живого организма постоянно приспосабливаться к изменяющимся условиям существования в окружающей среде. В ее основе лежат раздражимость и характерные для нее адекватные ответные реакции;

Ауторепродукция (воспроизведение). Так как жизнь существует в виде отдельных (дискретных) живых системы (например, клеток), а существование каждой такой системы строго ограничено во времени, поддержание жизни на

Земле связано с репродукцией живых систем. На молекулярном уровне воспроизведение осуществляется благодаря матричному синтезу, новые молекулы образуются по программе, заложенной в структуре (матрице) ранее существовавших молекул;

Наследственность и изменчивость обеспечивает преемственность между поколениями организмов (на основе потоков информации). Тесно связана с ауторепродукцией жизни на молекулярном, субклеточном и клеточном уровнях. Благодаря наследственности из поколения в поколение передаются признаки, которые обеспечивают приспособление к среде обитания;

Изменчивость- свойство, противоположное наследственности. За счет изменчивости живая система приобретает признаки, ранее ей несвойственные. В первую очередь изменчивость связана с ошибками при репродукции: изменения в структуре нуклеиновых кислот приводят к появлению новой наследственной информации. Появляются новые признаки и свойства. Если они полезны для организма в данной среде обитания, то они подхватываются и закрепляются естественным отбором. Создаются новые формы и виды. Таким образом, изменчивость создает предпосылки для видообразования и эволюции;

Индивидуальное развитие (процесс онтогенеза) — воплощение исходной генетической информации, заложенной в структуре молекул ДНК (т. е. в генотипе), в рабочие структуры организма. В ходе этого процесса проявляется такое свойство, как способность к росту, что выражается в увеличении массы тела и его размеров. Этот процесс базируется на репродукции молекул, размножении, росте и дифференцировке клеток и других структур и др.;

Филогенетическое развитие (его закономерности установлены Ч. Дарвином). Базируется на прогрессивном размножении, наследственности, борьбе за существование и отборе.

В результате эволюции появилось, огромное количество видов. Прогрессивная эволюция прошла ряд ступеней. Это доклеточные, одноклеточные и многоклеточные организмы вплоть до человека. При этом онтогенез человека повторяет филогенез (т. е. индивидуальное развитие проходит те же этапы, что и эволюционный процесс);

Дискретность (прерывистость) и в то же время целостность. Жизнь представлена совокупностью отдельных организмов, или особей.

#### 1.4. Уровни интеграции жизни

Мир живой природы представляет собой совокупность биологических систем разного уровня организации и различной соподчинённости. Они находятся в непрерывном взаимодействии. Учёные-биологи на основании особенностей проявления свойств живого выделяют несколько уровней организации живой материи.

Каждый уровень характеризуется

- элементарной единицей и элементарным явлением.

1. Молекулярный. Любая живая система, как бы сложно она ни была организована, осуществляется на уровне взаимодействия биологических макромолекул: нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов, а также других важных органических веществ. С этого уровня начинаются важнейшие процессы жизнедеятельности организма: обмен веществ и превращение энергии, передача наследственной информации и др.

Элементарная единица- ген.

Элементарное явление- редупликация (самовоспроизведение) - это основа наследственности.

2. Клеточный. Клетка является структурной и функциональной единицей, а также единицей размножения и развития всех живых организмов, обитающих на Земле. Неклеточных форм жизни нет, а существование вирусов лишь подтверждает это правило, так как они могут проявлять свойства живых систем только в клетках.

Элементарная единица- клетка.

Элементарное явление- реакции клеточного метаболизма.

3. Тканево- органный. Ткань представляет собой совокупность сходных по строению клеток и межклеточного вещества, объединённых выполнением общей функции. Органный. Органы – это структурно-функциональные объединения нескольких типов тканей.

Элементарная единица- орган. Элементарное явление- выполнение органом присущих ему функций.

4. Организменный. Многоклеточный организм представляет собой целостную систему органов, способную к самостоятельному существованию, специализированных для выполнения различных функций.

Элементарная единица- особь в ее развитии- от зачатия до естественной смерти.

Элементарное явление- закономерные изменения организма в

индивидуальном развитии- рост организма, дифференциация его частей, специализация тканей, формирование на основе генотипа фенотипа, при участии условий среды.

5. Популяционно-видовой. Совокупность организмов одного и того же вида, объединённая общим местом обитания, создаёт популяцию как систему надорганизменного порядка. В этой системе осуществляются простейшие, элементарные эволюционные преобразования.

Элементарная единица – популяция, т.е. совокупность особей одного вида. Популяция- открытая генетическая система.

Вид- закрытая генетическая система.

Элементарное явление- действие на генофонд популяции элементарных эволюционных факторов. – мутации, колебания численности, изоляции и естественного отбора.

6. Биогеоценотический. Биогеоценоз – совокупность организмов разных видов и различной сложности организации со всеми факторами среды обитания.

БГЦ- элементарная единица этого уровня.

Элементарное явление- круговороты веществ. Ведущая роль в этих круговоротах принадлежит живым организмам.

7. Биосферный. Биосфера – система высшего порядка, охватывающая все явления жизни на нашей планете. На этом уровне происходит круговорот веществ и превращение энергии, связанные с жизнедеятельностью всех живых организмов, обитающих на Земле.

Таким образом, живая природа представляет собой сложно организованную иерархическую систему, которая отражает общую структуру эволюционного процесса, закономерным результатом которого является человек.

Контрольные вопросы:

1. Каков предмет и задачи современной биологии.
2. Назовите основные этапы развития биологии.
3. Охарактеризуйте свойства живой материи.
4. Охарактеризуйте живую природу, как иерархическую организацию жизни.
5. Охарактеризуйте уровни организации жизни.

Литература [1,2,3,4,7].

## ТЕМА 2: ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

### 2.1. Теории происхождения жизни.

К концепциям происхождения жизни относят:

креационизм, утверждающий, что жизнь создана сверхъестественным существом в результате акта творения;

концепцию стационарного состояния, в соответствии с которой жизнь существовала всегда;

концепцию самопроизвольного зарождения жизни, основывающуюся на идее многократного возникновения жизни из неживого вещества;

концепцию панспермии, утверждающую, что жизнь занесена на Землю из космоса;

концепцию случайного однократного происхождения жизни;

концепцию закономерного происхождения жизни путем биохимической эволюции.

Такое разнообразие взглядов вызвано тем обстоятельством, что точно воспроизвести или экспериментально подтвердить процесс зарождения жизни сегодня невозможно. Отмеченные теории преимущественно опираются на умозрительные представления как исследователей естественнонаучного направления, так и исследователей, придерживающихся теологических взглядов.

Концепция креационизма имеет самую длинную историю, так как практически во всех религиях возникновение жизни рассматривается как акт Божественного творения, свидетельством чего является наличие в живых организмах особой силы, которая управляет всеми биологическими процессами. Процесс божественного сотворения мира и живого недоступен для наблюдения, и божественный замысел недоступен человеческому пониманию.

Согласно гипотезе стационарного состояния, Земля никогда не возникала, а существовала вечно; она всегда была способна поддерживать жизнь, а если и изменялась, то очень мало; виды также существовали всегда. Эту гипотезу называют иногда гипотезой этернизма (от лат. *eternus* — вечный). Это представление соответствует концепции вечной несотворенной Вселенной, характерной для восточных религий, таких как индуизм и буддизм. В контексте современных астрономических знаний эта гипотеза не рассматривается как научная.

Гипотеза о появлении жизни на Земле в результате переноса с других планет неких зародышей жизни получила название панспермии (от греч. *pan* — весь, всякий и *sperma* — семя). Эта гипотеза примыкает к гипотезе стационарного состояния. Её приверженцы поддерживают мысль о вечном существовании жизни и выдвигают идею о внеземном ее происхождении. Одним из первых идею о космическом (внеземном) происхождении жизни высказал немецкий ученый Г. Рихтер в 1865 г. Согласно Рихтеру жизнь на Земле не возникла из неорганических веществ, а была занесена с других планет. В связи с этим возникали вопросы, насколько возможно такое перенесение с одной планеты на другую и как это могло быть осуществлено. Ответы искали в первую очередь в физике, и неудивительно, что первыми защитниками этих взглядов выступили представители этой науки, выдающиеся ученые Г. Гельмгольц, С. Аррениус, Дж. Томсон, П.П. Лазарев и др.

Согласно представлениям Томсона и Гельмгольца, споры бактерий и других организмов могли быть занесены на Землю с метеоритами. Лабораторные исследования подтверждают высокую устойчивость живых организмов к неблагоприятным воздействиям, в частности к низким температурам. Например, споры и семена растений не погибали даже при длительном выдерживании в жидком кислороде или азоте.

Современные приверженцы концепции панспермии (в числе которых — лауреат Нобелевской премии английский биофизик Ф. Крик) считают, что жизнь на Землю занесена случайно или преднамеренно космическими пришельцами. К гипотезе панспермии примыкает точка зрения астрономов Ч. Викрамасингха (Шри-Ланка) и Ф. Хойла (Великобритания). Они считают, что в космическом пространстве, в основном в газовых и пылевых облаках, в большом количестве присутствуют микроорганизмы, где они, по мнению ученых, и образуются. Далее эти микроорганизмы захватываются кометами, которые затем, проходя вблизи планет, «сеют зародыши жизни».

Первую научную теорию относительно происхождения живых организмов на Земле создал советский биохимик А.И. Опарин (1894–1980). В 1924 г. он опубликовал работы, в которых изложил представления о том, как могла возникнуть жизнь на Земле. Согласно этой теории, жизнь возникла в специфических условиях древней Земли и рассматривается Опариним как закономерный результат химической эволюции соединений углерода во Вселенной.



По Опарину, процесс, приведший к возникновению жизни на Земле, может быть разделен на три этапа:

- 1) возникновение органических веществ;
- 2) образование из более простых органических веществ биополимеров (белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов, липидов и др.);
- 3) возникновение примитивных самовоспроизводящихся организмов.
- 4)

## **2.2. Концепции абиогенеза.**

Все теории абиогенеза, в основном, являются геоцентрическими химическими: жизнь возникла именно на Земле в результате появления новых химических веществ и новых химических реакций.

Концепция абиогенеза базируется на следующих положениях:

1. Живое отличается от неживого особенностями химического состава биологических систем и обмен веществ. Такие теории происхождения жизни называются биохимическими.

2. Жизнь возникла именно на Земле естественным путем из неорганических веществ с затратой свободной энергии. Жизнь возникла в результате появления новых химических веществ и новых химических реакций, при этом сложные органические соединения образуются из неорганических веществ. Такие теории происхождения жизни называются геоцентрическими.

3. К основным свойствам и признакам жизни относятся: обмен веществ; самовоспроизведение, передача и реализация наследственной информации; изменчивость наследственной информации и её дифференциальное воспроизведение (естественный отбор).

Остальные подходы к определению жизни являются дополняющими, причем, наиболее важную роль играют генетический и эволюционный подходы, а термодинамическому и экологическому – отводится второстепенная роль.

Одна из первых геоцентрических химических теорий была разработана Э. Геккелем (последователем Ч. Дарвина). В XX веке наиболее популярной стала теория Александра Ивановича Опарина (1924), в пользу которой свидетельствовали опыты по абиогенному синтезу органических веществ из неорганических – воды, аммиака, цианидов и других (С. Миллер, А.Г. Пасынский, Т.Е. Павловская).

Теория биохимической эволюции имеет наибольшее количество

сторонников среди современных учёных. Земля возникла около пяти миллиардов лет назад; первоначально температура её поверхности была очень высокой (до нескольких тысяч градусов). По мере её остывания образовались твёрдая поверхность (земная кора — литосфера).

Атмосфера, первоначально состоявшая из лёгких газов (водород, гелий), не могла эффективно удерживаться недостаточно плотной Землёй, и эти газы заменялись более тяжёлыми: водяным паром, углекислым газом, аммиаком и метаном. Когда температура Земли опустилась ниже 100°C, водяной пар начал конденсироваться, образуя мировой океан. В это время, в соответствии с представлениями А.И. Опарина, состоялся абиогенный синтез, то есть в первичных земных океанах, насыщенных разными простыми химическими соединениями, «в первичном бульоне» под влиянием вулканического тепла, разрядов молний, интенсивной ультрафиолетовой радиации и других факторов среды начался синтез более сложных органических соединений, а затем и биополимеров. Образованию органических веществ способствовало отсутствие живых организмов — потребителей органики — и главного окислителя — кислорода. Сложные молекулы аминокислот случайно объединялись в пептиды, которые, в свою очередь, создали первоначальные белки. Из этих белков синтезировались первичные живые существа микроскопических размеров.

Наиболее сложной проблемой в современной теории эволюции является превращение сложных органических веществ в простые живые организмы. Опарин полагал, что решающая роль в превращении неживого в живое принадлежит белкам. По-видимому, белковые молекулы, притягивая молекулы воды, образовывали коллоидные гидрофильные комплексы. Дальнейшее слияние таких комплексов друг с другом приводило к отделению коллоидов от водной среды (коацервация). На границе между коацерватом (от лат. *coacervus* — сгусток, куча) и средой выстраивались молекулы липидов — примитивная клеточная мембрана. Предполагается, что коллоиды могли обмениваться молекулами с окружающей средой (прообраз гетеротрофного питания) и накапливать определённые вещества. Ещё один тип молекул обеспечивал способность к самовоспроизведению. Система взглядов А.И. Опарина получила название «коацерватная гипотеза».

Гипотеза Опарина была лишь первым шагом в развитии биохимических представлений о возникновении жизни. Следующим шагом стали эксперименты Л.С. Миллера, который в 1953 году показал, как из

неорганических составляющих первичной земной атмосферы под воздействием электрических разрядов и ультрафиолетового излучения могут образовываться аминокислоты и другие органические молекулы.

В основе теории А.И. Опарина лежало представление о коацерватах как предшественниках первых клеток; коацерваты – мельчайшие капли концентрированных растворов полимеров (коллоидных растворов), изолированные от внешней среды полупроницаемыми мембранами. В дальнейшем С. Фокс экспериментальным путем получил микросферы – капельки концентрированных растворов искусственно полученных белков (протеиноидов).

Последователи Опарина больше внимания уделяли происхождению матричных процессов, в т.ч. абиогенному происхождению нуклеиновых кислот, белков и нуклеопротеидов (Г. Мёллер, С. Фокс, Г. Корнберг).

### **2.3. Начальные этапы биологической эволюции. Появление про - и эукариот.**

Начальные этапы биологической эволюции рассматриваются в следующей последовательности.

1. Синтез органических мономеров: органических кислот, аминокислот, углеводов, азотистых оснований. Для этого на Земле имелись все условия: обилие воды, метана, аммиака и цианидов, отсутствие кислорода и других окислителей (атмосфера носила восстановительный характер), избыток свободной энергии в виде ультрафиолетового света, электрических разрядов и вулканической деятельности.

2. Синтез органических полимеров из имеющихся мономеров с участием неорганических катализаторов (ионы металлов и неорганические матрицы в виде частиц глины). В присутствии воды образуются коацерваты (или микросферы).

3. Образование нуклеопротеидов (комплексов белков и нуклеиновых кислот), появление реакций матричного типа, появление липидных мембран. Этот этап завершается появлением молекулярно-генетических систем управления и естественного отбора. Вероятно, первичными нуклеиновыми кислотами были различные типы РНК, которые обеспечивали все матричные процессы; ДНК (как основной носитель генетической информации) возникла значительно позже.

4. Появление первых биологических систем – пробионтов. (А.И.

Опарин считал пробионтов еще неживыми существами, но его последователи считают их уже живыми).

Вероятно, пробионты обладали уже всеми свойствами жизни, но системы гомеостаза и гомеореза еще не сформировались.

Пробионты эволюционировали по трем направлениям:

- отбор на повышение каталитической активности белков-ферментов;
- отбор на устойчивость процессов матричного синтеза;
- отбор на устойчивость биологических мембран.

5. Появление архебионтов (по терминологии А.И. Опарина – протобионтов) – предшественников современных организмов. Архебионты характеризовались наличием основных компонентов клетки: плазмалеммы, цитоплазмы и генетического аппарата. Существовали системы обмена веществ (электрон–транспортные цепи) и системы воспроизведения, передачи и реализации наследственной информации (репликация нуклеиновых кислот и биосинтез белка на основании генетического кода).

6. Формирование современных клеток и групп организмов: архебактерий, эубактерий, мезокариот и эукариот.

#### **2.4. Теория Геккеля о происхождении многоклеточных организмов**

Геккель (1874г.), основываясь именно на исследовании колоний, построил гастрейную теорию происхождения многоклеточности. Он утверждал, что отдаленным предком многоклеточных была шаровидная колония простейших. Геккель руководствовался данными эмбриологии, говорящими о том, что в онтогенезе внутренний зародышевый пласт (энтодерма) часто образуется путем впячивания (инвагинации) стенки однослойного зародыша (бластулы), в результате чего получается 2<sup>x</sup> слойная стадия (гаструла).

Геккель полагал, что в процессе эволюции (филогенеза) одна половина шаровидного бластулообразного организма втягивается в другую, и таким образом возникла первичная кишечная полость, открывающаяся наружу ротовым отверстием. И якобы такой двухслойный организм плавал с помощью жгутиков, размножался половым путем и стал предком всех многоклеточных животных.

Первой филогенетической стадией, по Геккелю, был одноклеточный амебообразный организм. От него произошли все ани-мально питающиеся организмы. Колония одинаковых амебоидных клеток дала затем начало «морее» — плотному шарообразному организму, рекапитуляцию которого в

онтогенезе представляет морула. Путем накопления в центре морей жидкости или студенистого вещества, вытеснившего клетки на периферию, постепенно сформировалась свободноплавающая «бластезя» (в онтогенезе ей отвечает бластула). Клетки бластези сперва были покрыты псевдоподиями, которые позднее приобрели способность быстро двигаться и изгибаться и превратились в жгутики, служащие для плавания.

Следующей очень важной стадией была гастрея, образовавшаяся из бластези путем выпячивания (инвагинации) стенки тела на переднем полюсе. Наружный клеточный слой гастреи был снабжен жгутиками и сохранил функцию движения, внутренний слой стал кишечным. В центральной, кишечной, полости, сообщавшейся ртом с наружной средой, происходило переваривание заглоченной добычи.

Два эпителиальных слоя гастреи — эктодерма и энтодерма — представляли собой первичные органы, из которых у потомков гастреи возникли все их органы и ткани.

Современных кишечнополостных и губок Геккель рассматривал как мало изменившихся потомков гастреи, а стадию гастролы — как рекапитуляцию гастреи.

Все многоклеточные, согласно Геккелю, в отличие от простейших имеют монофилетическое происхождение и развились от одной прародительской формы — гастреи, произошедшей, в свою очередь, от одноклеточных предков. От гастреи все Metazoa унаследовали первичный кишечник и два первичных зародышевых листка, их ткани представляют собой дериваты этих двух листков.

Свою гипотезу Геккель характеризовал как попытку улучшить филогенетические основы естественной классификации и выяснить пути развития главных систематических групп животного мира. Действительно, из гипотезы гастреи вытекал ряд существенных выводов для систематики, сравнительной анатомии, эмбриологии и гистологии. Однако самым важным следствием появления гипотезы гастреи было разрушение учения о типах Кювье, все еще господствовавшего в зоологии того времени.

Из гипотезы Геккеля следует, что истинные гомологии органов и их систем возможны у всех потомков гастреи, т. е. у представителей разных типов, тогда как теорией типов эта возможность отрицалась. Так как гастролы у всех Metazoa гомологичны, то гомологичен всегда и кишечник. Гомологичны, далее, у всех Metazoa и кожные покровы, поскольку всегда

имеется слой эпидермиса, служащий источником для развития других кожных слоев — кутикулы, железистых образований и пр. — и отвечающий эктодерме гастреи. Нервная система всегда развивается из эктодермы и гомологична во всех группах животных. Геккель видел также основания для гомологизации выделительных органов, целома и кровеносной системы у тех животных, у которых они имеются.

Для органов чувств, скелета и сердца он считал общую гомологию неприемлемой и полагал, что все эти органы развились в разных группах независимо. Он признавал достоверным различное происхождение ротового отверстия в разных группах многоклеточных. Бластопор гастрюлы, гомологичный рту гастреи, сохраняется во взрослом состоянии у кишечнополостных, у губок (в виде устья) и у низших червей. Рот иглокожих, членистоногих и позвоночных, по Геккелю, есть новообразование.

Таким образом, Геккель признавал широкие возможности конвергентного развития различных важных особенностей в строении животных. Он считал первичной тканью однослойный жгутиковый эпителий, а все прочие ткани — вторичными производными эпителия. Эктодерму и энтодерму Геккель считал первичными зародышевыми листками. Мезодерма же, по его мнению, возникла в процессе эволюции гораздо позднее, так как в онтогенезе она всегда образуется из эктодермы и энтодермы и, по существу, даже не представляет единого листка, а имеет двойственную природу, слагаясь из пластинок, развившихся независимо из кожно-мускульной и кишечномускульной пластинок.

Так как мезодерма всегда развивается из парных зачатков, то, по Геккелю, у разных групп животных она имеет общее происхождение и может считаться гомологичной. Первичные зародышевые листки у низших — губок и кишечнополостных — в отличие от таковых у высших типов сохраняются как первичные органы, подобно тому, как это имело место у гипотетической гастреи.

Гипотеза Геккеля долгое время была господствующей, некоторые крупные зоологи придерживаются ее и теперь. Ее положительная роль в зоологии была чрезвычайно велика, так как она показала единство и общность происхождения всех многоклеточных и тем способствовала прогрессу дарвинизма.

### Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте и проанализируйте основные концепции происхождения жизни.
2. Каковы последовательные этапы абиогенеза.
3. Каковы последовательные этапы появления про- и эукариот.
4. Основные положения теории Геккеля о происхождении многоклеточности.

Литература [1,2,3,4,6,7].

## ТЕМА 3. МНОГООБРАЗИЕ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ. РАЗНООБРАЗИЕ ЖИВОГО МИРА

### 3.1. Принципы и методы классификации организмов.

В настоящее время органический мир Земли насчитывает около 1,5 млн видов животных, 0,5 млн видов растений, около 10 млн микроорганизмов.

Большой вклад в создание систематики живых организмов внес шведский натуралист Карл Линней (1707–1778). В основу классификации организмов он положил принцип иерархии, или соподчиненности, а за наименьшую систематическую единицу принял вид.

Для названия вида была предложена бинарная номенклатура, согласно которой каждый организм идентифицировался (назывался) по его роду и виду. Названия систематических таксонов было предложено давать на латинском языке. Так, например, кошка домашняя имеет систематическое название *Felis domestica*. Основы линнеевской систематики сохранились до настоящего времени.

Современная классификация отражает эволюционные взаимоотношения родственные связи между организмами. Принцип иерархии сохраняется.

Вид – это совокупность особей, сходных по строению, имеющих одинаковый набор хромосом и общее происхождение, свободно скрещивающихся и дающих плодовитое потомство, приспособленных к сходным условиям обитания и занимающих определенный ареал. Вид - это элементарная единица в систематике. В настоящее время в систематике используют 8 основных систематических категорий: империя, царство, тип, класс, отряд, семейство, род, вид.

Помимо перечисленных основных таксономических категорий существуют и промежуточные: подцарства, подотделы, подклассы и т.д.

### **3.2. Современная классификация органического мира.**

Органический мир делится на два надцарства: ядерные (эукариоты) и безъядерные (доядерные, или прокариоты) и четыре царства: Растения, Грибы, Животные, Бактерии и цианобактерии. Основа их классификации — родство, общность происхождения организмов.

Бактерии и сине-зеленые, или цианобактерии — одноклеточные просто-организованные безъядерные организмы, автотрофы или гетеротрофы, посредники между неорганической природой и надцарством ядерных.

Бактерии — разрушители органических веществ, их роль в разложении органических веществ до минеральных. Роль цианобактерии в биосфере — заселение бесплодных субстратов (камни, скалы и др.) и подготовка их для заселения разнообразными организмами.

Грибы — одноклеточные и многоклеточные организмы, обитающие как на суше, так и в воде. Гетеротрофы. Роль грибов в круговороте веществ в природе, в превращении органических веществ в минеральные, в почвообразовательных процессах.

Растения — одноклеточные и многоклеточные организмы, большинство которых в клетках содержит пигмент хлорофилл, придающий растению зеленую окраску. Растения — автотрофы, синтезируют органические вещества из неорганических с использованием энергии солнечного света. Растения — основа для существования всех других групп организмов, кроме сине-зеленых и ряда бактерий, так как растения снабжают их пищей, энергией, кислородом.

Животные — царство организмов, активно передвигающихся в пространстве (исключение составляют некоторые полипы и др.). Гетеротрофы. Роль в круговороте веществ в природе — потребители органического вещества. Транспортная функция животных в биосфере — переносят вещество и энергию.

Примером современной систематики живых организмов может служить следующая система:

#### **А. Надцарство доядерные организмы**

Царство Архебактерии

Царство Бактерии

#### **Б. Надцарство ядерные организмы.**

Царство животные

Царство Грибы

Царство растения



### 3.3. Характеристика царства растений.

Царство Растения подразделяют на два Подцарства: Низшие и Высшие растения. Они связаны общностью происхождения, однако обособились очень рано, и дальнейшая их эволюция шла параллельно в обеих группах.

Все растительные организмы имеют общие черты, как отличающие их от представителей других царств органического мира, так и сближающие с ними. Отличительными признаками царства Растения можно считать следующие:

- относительная неподвижность организма и его связь с субстратом;
- наличие пластид – хлоропластов, хромопластов и лейкопластов в клетках;
  - разветвленность поглощающей поверхности тела;
  - постоянный рост;
  - проявление раздражимости;
  - наличие целлюлозной клеточной оболочки;
  - способность к фотосинтезу – автотрофное питание.

Сближает растительные организмы с представителями других царств живой природы клеточное строение, общие механизмы роста, развития, размножения, обмена веществ.

Растения способны к фотосинтезу благодаря наличию хлорофилла в их зеленых органах, стеблях у молодых и травянистых растений и листьях. Накапливая органические вещества в процессе фотосинтеза, растения создают основной запас биомассы на планете Земля, т.е. являются продуцентами. Кислород, выделяемый растениями в процессе фотосинтеза, служит источником аэробного дыхания и образует озоновый слой атмосферы.

Растения появились на Земле около 2 млрд лет назад. Первоначально развитие растительных организмов происходило в водной среде, что привело к появлению – водорослей. Затем растения стали осваивать сушу. Этому способствовало возникновение следующих ароморфозов:

- возникновение фотосинтеза;
- возникновение эукариотического строения клеток;
- возникновение мейоза и оплодотворения;
- возникновение многоклеточности и дифференциации клеток с образованием тканей и органов;
- возникновение чередования гаплоидного и диплоидного поколений;
- возникновение семени;

– возникновение цветка.

Эволюция растений шла в направлении от споровых к семенным, от низших к высшим. У низших растений нет настоящих тканей и органов. Они занимают водную среду обитания.

Тело высших растений расчленено на вегетативные и генеративные органы; они имеют проводящие ткани и занимают три среды обитания: водную, почвенную и воздушную.

### **3.4. Характеристика царства грибов.**

Грибы — царство живых организмов, которые сочетают в себе признаки растений и животных.

С растениями их сближает:

- 1) наличие хорошо выраженной клеточной стенки;
- 2) неподвижность в вегетативном состоянии;
- 3) размножение спорами;
- 4) способность к синтезу витаминов;
- 5) поглощение пищи путем всасывания (адсорбции).

Общим с животными является:

- 1) гетеротрофность;
- 2) наличие в составе клеточной стенки хитина, характерного для наружного скелета членистоногих;
- 3) отсутствие в клетках хлоропластов и фотосинтезирующих пигментов;
- 4) накопление гликогена, масел и волютина как запасных питательных веществ;
- 5) образование и выделение продукта метаболизма — мочевины.

Кроме этого, для грибов характерен специфический метаболизм, который связан с образованием специфических вторичных метаболитов, например, пенициллина, циклоспорина, гибберилина.

Эти особенности строения и жизнедеятельности грибов позволяют считать их одной из самых древних групп эукариотических организмов, не имеющих прямой эволюционной связи с растениями, как считалось ранее.

Вегетативное тело подавляющего большинства видов грибов — это мицелий, или грибница, состоящая из тонких бесцветных (иногда слегка окрашенных) нитей, или гиф, с неограниченным ростом и боковым ветвлением.

Мицелий обычно дифференцируется на две функционально различные

части: субстратный, служащий для прикрепления к субстрату, поглощения и транспортировки воды и растворенных в ней веществ, и воздушный, поднимающийся над субстратом и образующий органы размножения.

В процессе приспособления к различным наземным условиям обитания у грибов возникают многочисленные видоизменения мицелия: это склероции, столоны, ризоиды, ризоморфы, аппрессории, гаустории и др. Например, с помощью столонов — воздушных дугообразных гиф — гриб быстро распространяется по субстрату. Столоны прикрепляются к субстрату ризоидами. Функцию прикрепления выполняют и аппрессории, имеющие вид плоских утолщений на ветках гиф. Гаустории, характерные для грибов-паразитов, представляют собой специальные выросты мицелия, проникающие в клетки хозяина и поглощающие из них питательные вещества.

Грибы размножаются бесполом и половым способами. Бесполое размножение происходит частями мицелия или отдельными клетками, которые дают начало новому мицелию. Дрожжевые грибы размножаются почкованием.

Бесполое размножение может осуществляться также посредством эндо- и экзогенных спор. Эндогенные споры образуются внутри специализированных клеток — в спорангиях. Экзогенные споры, или конидии, возникают открыто на концах особых специализированных выростов мицелия, называемых конидиеносцами. Попав в благоприятные условия, спора прорастает, и из нее формируется новый мицелий.

Половое размножение у грибов особенно многообразно. У некоторых групп грибов половой процесс происходит путем слияния содержимого двух клеток на концах гиф. У сумчатых грибов при этом наблюдается слияние содержимого антеридия и женского органа полового размножения (архегония), не дифференцированного на гаметы, а у базидиальных грибов — слияние содержимого двух вегетативных клеток, при котором между ними часто образуются выросты, или анастомозы.

По способу питания различают две основные группы грибов: сапротрофы и симбионты. Для последних характерны паразитизм и мутуализм.

К сапротрофам относится большинство шляпочных и плесневых грибов, а также дрожжи. Особенностью сапротрофных грибов является то, что отдельный гриб может за сутки образовать мицелий суммарной длиной гиф более километра. Такой быстрый рост и нитчатое строение мицелия

обуславливает особый тип взаимоотношений грибов с окружающей средой, не характерный для других групп эукариотных организмов. Обширная система ветвящихся гиф позволяет им тесно контактировать с субстратом. Почти все клетки мицелия отделены от субстрата лишь тонкой клеточной стенкой. Пищеварительные ферменты, выделяемые грибами, очень быстро воздействуют на материал субстрата и способствуют его частичному перевариванию вне грибной клетки. Такой полупереваренный материал затем всасывается всей поверхностью клетки.

Шляпочные грибы живут на богатой перегноем лесной почве, на полях и лугах, встречаются на гниющей древесине (опенок летний и зимний, вешенки).

Грибы-паразиты поражают преимущественно растения, что приводит к снижению урожайности многих культур, значительному ущербу сельскохозяйственного производства. У большинства фитопатогенных грибов мицелий развивается внутри тканей корня, стебля, листа и плода, у некоторых (например, мучнисторосяных) — на поверхности органов растения.

Грибы часто связаны мутуалистически с высшими растениями, водорослями, цианобактериями, реже с животными. Примером мутуализма могут быть лишайники, микориза. Микориза — это взаимовыгодное сожительство гриба с корнями высших растений. При этом мицелий гриба оплетает корни растений и проникает только под эпидермис или в клетки паренхимы корня. Микоризный гриб увеличивает всасывающую поверхность корня в 10—14 раз, лучше поглощает фосфор, выделяет витамины и ростовые вещества, которые стимулируют развитие корня. От высшего растения гриб получает безазотистые соединения, кислород и корневые выделения, способствующие прорастанию спор. Микориза обнаружена у большинства растений.

Грибы наряду с бактериями играют важную роль в общем круговороте веществ в биосфере. Разлагая с помощью ферментов органические вещества до простых неорганических соединений, они делают их доступными для автотрофных организмов, участвуют в образовании плодородного слоя почвы — гумуса, выполняют большую санитарную работу по очищению среды.

### **3.5. Характеристика царства животных.**

Основой строения животных является клетка. Клетки ограничены оболочкой, их внутреннее содержимое представлено цитоплазмой. В

цитоплазме находятся: а) одно или несколько ядер, б) органоиды, в) включения. У одноклеточных животных клетка является целостным организмом, у многоклеточных происходит специализация клеток, появляются ткани, органы, системы органов.

Некоторые клетки- нервные и мышечные обладают возбудимостью.

Для животных характерен гетеротрофный тип питания (использование готовых органических веществ). Большинству животных свойственен голозойный способ питания.

Среди одноклеточных животных имеются организмы со смешанным (миксотрофным) типом питания.

Клетка животных отличается отсутствием клеточной стенки. Вакуолярная система в клетках животных практически не развита.

Основным запасным углеводом является гликоген.

Животные выделяют азотосодержащие продукты жизнедеятельности: аммиак, мочевины, мочевую кислоту. У большинства животных имеются специальные органы экскреции.

Подавляющее большинство животных – аэробные организмы (необходим кислород для процессов окисления).

Ведут подвижный образ жизни, что связано с развитием опорно-двигательного аппарата и нервной системы.

Большинство животных обладает нервной и гуморальной системами, обеспечивающими регуляцию и координацию деятельности отдельных клеток, тканей, органов и систем.

Животные характеризуются диффузным ростом. Кроме того, они обладают ограниченным ростом, то есть представляют собой замкнутые ростовые системы.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные признаки царства растений.
2. Перечислите основные признаки царства грибов.
3. Какова роль грибов в биосфере?
4. Перечислите основные признаки царства животных.
5. Каковы принципы современной классификации органического мира.

Литература [1,2,3,4,6,7].

## ТЕМА 4. КЛЕТКА - ОСНОВНАЯ ФОРМА ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОЙ МАТЕРИИ

### 4.1. Основные положения клеточной теории

Одним из самых широких и самых основных обобщений биологии является клеточная теория. Современная клеточная теория утверждает, что все живые организмы: животные, растения и бактерии – состоят из клеток и из продуктов жизнедеятельности клеток, что новые клетки образуются путем деления клеток. Для всех клеток характерно глубокое сходство в химическом составе и обмене веществ и что активность организма как целого складывается из активности и взаимодействия составляющих его самостоятельных клеточных единиц.

Авторами клеточной теории считаются немецкий ботаник Шлейден и зоолог Шванн, которые в 1858 г. Впервые указали, что растения и животные представляют собой скопления клеток, расположенных в соответствии с определенными законами.

Итак, клетка представляет собой структурную и функциональную единицу, лежащую в основе строения и развития организмов.

В многоклеточном организме форма строения клеток в соответствии с выполняемыми ими функциями, очень различны. Однако основные черты их организации свойственны как простейшим, так и многоклеточным животным и растениям.

Сегодняшние достижения цитологии и молекулярной биологии позволяют нам рассматривать клетку, как определенный уровень строения и функции живой системы.

Важную роль в познании клетки сыграла электронная микроскопия. Этот метод позволил установить, что, несмотря на все многообразие клеток, имеется поразительное единство основных ультраструктур у различных в функциональном отношении клеток - это свидетельствует об общности происхождения клеток на путях эволюции жизни.

К 1974 году был накоплен большой фактический материал и за большую серию работ, приведших к открытию структурной и функциональной организации клетки, Нобелевский комитет присудил премию Альберту Клоду, Кристиану Де Дюву, Джорджу Паладе.

Общность структурно-функциональных характеристик различных видов клеток позволяет допустить возможность развития типического

патологического процесса в клетке на действие повреждающего фактора.

Клетки имеет сложную структуру:

а. Плазмолемма - оболочка клетки.

б. Цитоплазма, в которой находится ядро с ядрышками, микротрубочки, филаменты, митохондрии, эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, рибосомы, капельки жира, гликоген и другие включения.

Постепенное объединение биохимии и цитологии на уровне молекулярной биологии, то есть комплексное изучение химического состава биологических структур позволило подойти к пониманию сущности жизни клетки и механизма повреждения клеток при патологических воздействиях на организм.

Современная клеточная теория включает следующие положения:

- Клетка- микроскопическая живая система, имеющая сложное строение.
- Для всех клеток характерно единство клеточного состава и метаболических процессов.
- Новые клетки образуются путем деления ранее существующих.

Независимо от индивидуальных структурно-функциональных особенностей для всех клеток характерно:

- 1) хранение биологической информации;
- 2) редупликация генетического материала с целью его передачи в ряду поколений;
- 3) регуляция обмена веществ.

#### **4.2. Структурно-функциональная организация про- и эукариот.**

Существует два основных типа клеточной организации: прокариотический и эукариотический типы.

Основной генетический материал прокариот (от греч. про – до и карион – ядро) находится в цитоплазме в виде кольцевой молекулы ДНК. Эта молекула (нуклеоид) не окружена ядерной оболочкой, характерной для эукариот, и прикрепляется к плазматической мембране. Таким образом, прокариоты не имеют оформленного ядра. Кроме нуклеоида в прокариотической клетке часто встречается небольшая кольцевая молекула ДНК, называемая плазмидой. Плазмиды могут перемещаться из одной клетки в другую и встраиваться в основную молекулу ДНК.

Некоторые прокариоты имеют выросты плазматической мембраны: мезосомы, ламеллярные тилакоиды, хроматофоры. В них сосредоточены

ферменты, участвующие в фотосинтезе и в процессах дыхания. Кроме того, мезосомы ассоциированы с синтезом ДНК и секрецией белка.

Клетки прокариот имеют небольшие размеры, их диаметр составляет 0,3–5 мкм. С наружной стороны плазматической мембраны всех прокариот (за исключением микоплазм) находится клеточная стенка. Она состоит из комплексов белков и олигосахаридов, уложенных слоями, защищает клетку и поддерживает ее форму. От плазматической мембраны она отделена небольшим межмембранным пространством.

В цитоплазме прокариот обнаруживаются только не мембранные органоиды рибосомы. По структуре рибосомы прокариот и эукариот сходны, однако рибосомы прокариот имеют меньшие размеры и не прикрепляются к мембране, а располагаются прямо в цитоплазме.

Клетка является элементарной саморегулирующейся структурно-функциональной единицей тканей и органов. В ней протекают процессы, лежащие в основе энергетического и пластического обеспечения изменяющихся структур и уровня функционирования тканей и органов.

Главной функцией клетки является осуществление обмена со средой информацией, веществом и энергией, что подчинено в конечном счете задаче сохранения клетки как целого при изменении условий существования.

Под повреждением клетки понимают такие изменения ее функций, структуры, метаболизма, физико-химических свойств, которые ведут к нарушению ее жизнедеятельности.

Специфика функции клетки закодирована в генетическом материале ядра и определяется работой эндоплазматического ретикулума, аппарата Гольджи, рибосом, биохимическими реакциями, протекающими в цитозоле.

Большое значение в интеграции клеток в единую функциональную систему целостного организма принадлежит структуре и функции клеточной мембраны.

Главным строительным материалом биологической мембраны являются амфифильные молекулы фосфолипидов. Соединение амфифильных фосфолипидов образует двухслойную мембрану. Внешняя и внутренняя сторона построена гидрофильной частью молекул, а внутренняя - гидрофобными. Внешняя сторона бислоя структурируется соединениями  $\text{Na}^+$  с жирными кислотами и имеет более плотную консистенцию (а соли ЖК - мыло). Внутренняя сторона бислоя структурируется соединениями  $\text{K}^+$  с ЖК и имеет менее плотную консистенцию ( $\text{K}^+$  соли ЖК - шампуни).



В плазматическую мембрану включено большое количество мембрано-связанных ферментов, обеспечивающих активный транспорт веществ против градиента концентрации из клетки и в клетку. На это расходуется 1/8 часть энергии основного обмена. Затраты энергии на транспортные процессы очень велики, у человека они составляют более трети всей энергии, выделяемой в процессе метаболизма в клетке.

Пассивное движение через липидную мембрану очень затруднено. Липидная фаза гидрофобна, то есть необходим активный процесс дегидратации ионов. Функцию пассивной ионной проводимости осуществляют ионные каналы - специфические липопротеиновые структуры. Они могут находиться в "закрытом" или "открытом" состоянии, а их селективность определяется геометрией канала, электрическим зарядом структур и белковыми субъединицами.

Ионный баланс в клетке обеспечивается системой активного транспорта против градиента концентрации АТФ-зависимыми ферментами. Упрощенно это можно представить таким образом. Во внеклеточной жидкости концентрация  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  во много раз больше, чем в клетке, то есть они входят в клетку пассивно, а выводятся активно с затратой энергии.

На мембранах ЭПС находятся рибосомы, синтезирующие белки, необходимые как пластический материал и выполняющие различные функции. Мембраны ЭПС, не несущие рибосом, в клетках печени выполняют обезвреживание токсических продуктов, лекарственных веществ, гербицидов, пестицидов, циклических ароматических углеводов. Площадь гладкой мембраны в клетке может увеличиваться в 10 раз. Вредные вещества накапливаются на поверхности мембраны, подвергаются химическим превращениям, лишаются токсических свойств и подготавливаются к выведению из организма. При усилении одних ферментативных процессов могут ослабляться другие.

Для клеток эукариот характерны следующие общие черты:

- Наличие систем, обеспечивающих их жизнедеятельность.
- Поступление извне питательных веществ, реакция на внешние раздражители адаптивными изменениями.
- Сходство в строении молекулярных и субклеточных уровней.

### **4.3. Деление клеток. Биологическое значение митоза.**

*Митоз* - это такой тип деления клеток, при котором из одной

диплоидной клетки ( $2n = 46$ ) образуются две диплоидные, генетически равнозначные клетки. Процесс митоза в соматических клетках человека идет стандартно. К концу профазы хромосомы становятся отчетливо видимыми, каждая состоит из двух хроматид. Обе сестринские хроматиды прилежат одна к другой. Центромера в каждой хромосоме удерживает две сестринские хроматиды вместе. Ядрышко исчезает, ядерная оболочка распадается на фрагменты. Хромосомы располагаются в цитоплазме в центральной части клетки, оттесняя все органоиды к периферии.

Во время метафазы центромеры всех хромосом располагаются в экваториальной плоскости между двумя полюсами. Хроматиды каждой хромосомы начинают отделяться одна от другой, оставаясь соединенными только в центромерной области. В районе центромер с противоположных сторон прикреплены нити веретена деления. Их количество может достигать нескольких десятков в районе каждой центромеры.

Анафаза начинается с одновременного разделения всех центромер и расхождения сестринских хроматид каждой хромосомы к противоположным полюсам. Утрата синхронности процесса может привести к неправильному расхождению хромосом. Центромеры с помощью нитей веретена деления увлекают за собой дочерние хроматиды к противоположным полюсам. Анафаза заканчивается с прекращением движения хроматид, которые становятся хромосомами. У каждого полюса клетки должно оказаться по 46 хромосом, состоящих из одной хроматиды.

Телофаза связана с образованием ядерных оболочек вокруг хромосом на двух полюсах клетки и началом перехода хромосом в состояние хроматина. Завершается телофаза образованием перетяжки в центральной части делящейся клетки, которая завершает деление клетки надвое.

Известно, что у эукариот прохождение митоза может быть заблокировано физиологически или экспериментально, что приводит к развитию полиплоидных клеток.

В результате митоза из одной материнской клетки возникают две дочерние с тем же хромосомным набором и количеством ДНК.

Митоз обеспечивает образование генетически равноценных клеток.

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные положения клеточной теории.
2. Назовите особенности строения клеток эукариот.
3. Назовите особенности строения клеток прокариот.

4. Охарактеризуйте фазы митоза.
  5. Каков биологический смысл митоза?
- Литература [1,2,3,4,6,8].

## ТЕМА 5. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ В ОРГАНИЗМЕ

### 5.1. Обмен веществ как основа существования жизни

В живых организмах любой процесс сопровождается передачей энергии. Энергию определяют, как способность совершать работу. Специальный раздел физики, который изучает свойства и превращения энергии в различных системах, называется термодинамикой. Под термодинамической системой понимают совокупность объектов, условно выделенных из окружающего пространства.

Термодинамические системы разделяют на изолированные, закрытые и открытые. Изолированными называют системы, энергия и масса которых не изменяется, т.е. они не обмениваются с окружающей средой ни веществом, ни энергией. Закрытые системы обмениваются с окружающей средой энергией, но не веществом, поэтому их масса остается постоянной. Открытыми системами называют системы, обменивающиеся с окружающей средой веществом и энергией. С точки зрения термодинамики живые организмы относятся к открытым системам, так как главное условие их существования — непрерывный обмен веществ и энергии. В основе процессов жизнедеятельности лежат реакции атомов и молекул, протекающие в соответствии с теми же фундаментальными законами, которые управляют такими же реакциями вне организма.

Согласно 1-му закону термодинамики энергия не исчезает и не возникает вновь, а лишь переходит из одной формы в другую. Второй закон термодинамики утверждает, что вся энергия, в конце концов переходит в тепловую энергию, и организация материи становится полностью неупорядоченной. В более строгой форме 2-й закон формулируется так: энтропия замкнутой системы может только возрастать, а количество полезной энергии (т.е. той, с помощью которой может быть совершена работа) внутри системы может лишь убывать. Под *энтропией* понимают степень неупорядоченности системы.

Неизбежная тенденция к возрастанию энтропии, сопровождаемая столь же неизбежным превращением полезной химической энергии в бесполезную

тепловую, заставляет живые системы захватывать все новые порции энергии (пищи), чтобы поддерживать свое структурное и функциональное состояние. Фактически способность извлекать полезную энергию из окружающей среды является одним из основных свойств, которые отличают живые системы от неживых, т.е. непрерывно идущий обмен веществ и энергии является одним из основных признаков живых существ.

Чтобы противостоять увеличению энтропии, поддерживать свою структуру и функции, живые существа должны получать энергию в доступной для них форме из окружающей среды и возвращать в среду эквивалентное количество энергии в форме, менее пригодной для дальнейшего использования.

Обмен веществ и энергии – это совокупность физических, химических и физиологических процессов превращения веществ и энергии в живых организмах, а также обмен веществами и энергией между организмом и окружающей средой. Обмен веществ у живых организмов заключается в поступлении из внешней среды различных веществ, в превращении и использовании их в процессах жизнедеятельности и в выделении образующихся продуктов распада в окружающую среду.

Все происходящие в организме преобразования вещества и энергии объединены общим названием — *метаболизм* (обмен веществ). На клеточном уровне эти преобразования осуществляются через сложные последовательности реакций, называемые путями метаболизма, и могут включать тысячи разнообразных реакций. Эти реакции протекают не хаотически, а в строго определенной последовательности и регулируются множеством генетических и химических механизмов. Метаболизм можно разделить на два взаимосвязанных, но разнонаправленных процесса: анаболизм (ассимиляция) и катаболизм (диссимиляция).

Анаболизм — это совокупность процессов биосинтеза органических веществ (компонентов клетки и других структур органов и тканей). Он обеспечивает рост, развитие, обновление биологических структур, а также накопление энергии (синтез макроэргов). Анаболизм заключается в химической модификации и перестройке поступающих с пищей молекул в другие более сложные биологические молекулы. Например, включение аминокислот в синтезируемые клеткой белки в соответствии с инструкцией, содержащейся в генетическом материале данной клетки.

Катаболизм — это совокупность процессов расщепления сложных

молекул до более простых веществ с использованием части из них в качестве субстратов для биосинтеза и расщеплением другой части до конечных продуктов метаболизма с образованием энергии. К конечным продуктам метаболизма относятся вода (у человека примерно 350 мл в день), двуокись углерода (около 230 мл/мин), окись углерода (0,007 мл/мин), мочевины (около 30 г/день), а также другие вещества, содержащие азот (примерно 6 г/день). Катаболизм обеспечивает извлечение химической энергии из содержащихся в пище молекул и использование этой энергии на обеспечение необходимых функций.

Например, образование свободных аминокислот в результате расщепления поступающих с пищей белков и последующее окисление этих аминокислот в клетке с образованием  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , что сопровождается высвобождением энергии.

Процессы анаболизма и катаболизма находятся в организме в состоянии динамического равновесия. Преобладание анаболических процессов над катаболическими приводит к росту, накоплению массы тканей, а преобладание катаболических процессов ведет к частичному разрушению тканевых структур.

Состояние равновесного или неравновесного соотношения анаболизма и катаболизма зависит от возраста (в детском возрасте преобладает анаболизм, у взрослых обычно наблюдается равновесие, в старческом возрасте преобладает катаболизм), состояния здоровья, выполняемой организмом физической или психоэмоциональной нагрузки. При этом происходит превращение энергии, переход потенциальной энергии химических соединений, освобождаемой при их расщеплении, в кинетическую, в основном тепловую и механическую, частично электрическую энергию.

Для возмещения энергозатрат организма, сохранения массы тела и удовлетворения потребностей роста необходимо поступление из внешней среды белков, липидов, углеводов, витаминов, минеральных солей и воды. Их количество, свойства и соотношение должны соответствовать состоянию организма и условиям его существования. Это достигается путем питания. Необходимо также, чтобы организм очищался от конечных продуктов распада, которые образуются при расщеплении различных веществ. Это достигается работой органов выделения.

## **Фотосинтез**

Фотосинтез – это процесс образования органических веществ из неорганических за счет использования энергии света.

Происходит при участии пигментов (у растений хлорофиллов). Фотосинтез - один из самых распространенных процессов на Земле, обуславливает круговорот в природе углерода, O<sub>2</sub> и др. элементов. Фотосинтез включает в себя две фазы- темновую и световую.

Хемосинтез – это процесс выработки органических веществ из неорганических веществ за счёт энергии, полученной в результате химической реакции окисления таких соединений, как: сероводород, водород, аммиак и т.д.

Производится он бактериями, не содержащими хлорофиллы. Этот способ получения энергии - своего рода приспособление в тех местах, где солнечный свет, а значит и солнечная энергия, недоступны. Например, проявление хемосинтеза наблюдается на дне водоёма. Хемосинтез был открыт в 1887 году С.Н. Виноградским.

### *Различия и свойства фотосинтеза и хемосинтеза*

Отличительной особенностью хемосинтеза и фотосинтеза является тот факт, что у последнего главным «рычагом» для работы является свет, и выделяемая им энергия. Действующим же стимулом для процесса хемосинтеза являются химические реакции из веществ, находящихся в окружающей среде.

Фотосинтез и хемосинтез очень важны для круговорота природы. С их помощью одни вещества не поглощаются другими и не исчезают. Без процесса фотосинтеза атмосфера не обновлялась бы кислородом, без которого не может жить ни одно живое существо на нашей планете. Процесс фотосинтеза активно влияет на сельскохозяйственные культуры.

При его нарушении или недостаточности, спровоцированной отсутствием солнца, существенно падает урожай. Хемосинтез оказывает своё поистине «сказочное» влияние на среду в зависимости от того, какие соединения берутся в обработку теми или иными бактериями. От состава соединений зависит эффект и результат процесса.

Так, бактерии могут очистить водоём при условии, что там есть соединения серы и сероводород. Бактерии, использующие соединения аммиака и азотной кислоты для хемосинтеза, являются главной причиной плодородия почвы. Бактерии, окисляющие железные соединения, способствуют отложению полезных руд и металлов.

### 5.3. Аэробный и анаэробный метаболизм

Аэробное дыхание- совокупность процессов, обеспечивающих поступление кислорода в клетку и использование его в окислении органических веществ. Дыхание — это процесс, обеспечивающий метаболизм живых организмов из окружающей среды кислородом (O<sub>2</sub>) и отводящий в окружающую среду в газообразном состоянии некоторую часть продуктов метаболизма организма (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и др.). Дыхание - основная форма диссимиляции у человека, животных, растений и многих микроорганизмов. При дыхании богатые химической энергией вещества, принадлежащие организму, окисляются до бедных энергией конечных продуктов (диоксида углерода и воды), используя для этого молекулярный кислород. Под внешним дыханием понимают газообмен между организмом и окружающей средой, включающий поглощение кислорода и выделение углекислого газа, а также транспорт этих газов внутри организма. Клеточное дыхание включает биохимические процессы транспортировки белков через клеточные мембраны; а также собственно окисление в митохондриях, приводящее к преобразованию химической энергии пищи.

У организмов, имеющих большие площади поверхности, контактирующие с внешней средой, дыхание может происходить за счёт диффузии газов непосредственно к клеткам через поры (например, в листьях растений, у полостных животных). При небольшой относительной площади поверхности транспорт газов осуществляется за счёт циркуляции крови (у позвоночных и др.) либо в трахеях (у насекомых). Анаэробное дыхание- это процесс распада белков, липидов и углеводов до конечных продуктов обмена веществ, при котором перечисленные органические вещества окисляются не свободным кислородом, а связанным в виде кислотных остатков. Анаэробный метаболизм встречается у некоторых бактерий.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию метаболизм.
2. Как взаимосвязаны между собой процессы катаболизма и анаболизма?
3. Дайте характеристику световой и темновой фазам фотосинтеза.
4. В чем состоит отличие фотосинтеза от хемосинтеза?
5. Охарактеризуйте особенности аэробного и анаэробного метаболизма.

Литература [1,2,3,4,6,7].

## ТЕМА 6. РАЗМНОЖЕНИЕ И ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ

### 6.1 Особенности полового и бесполого размножения.

Существуют два основных типа размножения - бесполое и половое. Бесполое размножение происходит без образования гамет, и в нем участвует лишь один организм. При бесполом размножении обычно образуются идентичные потомки, а единственным источником генетической изменчивости служат случайные мутации.

Генетическая изменчивость выгодна виду, так как она поставляет «сырье» для естественного отбора, а значит, и для эволюции. Потомки, оказавшиеся наиболее приспособленными к среде, будут обладать преимуществом в конкуренции с другими представителями того же вида и будут иметь больше шансов выжить и передать свои гены следующему поколению. Благодаря этому виды способны изменяться, т. е. возможен процесс видообразования. Повышение изменчивости может быть достигнуто путем смешения генов двух разных особей - процесса, называемого генетической рекомбинацией и составляющего важную особенность полового размножения; в примитивной форме генетическая рекомбинация встречается уже у некоторых бактерий.

При бесполом размножении потомки происходят от одного организма, без слияния гамет. Мейоз в процессе бесполого размножения не участвует (если не говорить о растительных организмах с чередованием поколений), и потомки идентичны родительской особи. Идентичное потомство, происходящее от одной родительской особи, называют клоном. Члены одного клона могут быть генетически различными только в случае возникновения случайной мутации. Высшие животные не способны к бесполому размножению, однако в последнее время было сделано несколько успешных попыток клонировать некоторые виды искусственным образом; мы их рассмотрим в дальнейшем.

Делением размножаются одноклеточные организмы: каждая особь делится на две или большее число дочерних клеток, идентичных родительской клетке. Делению клетки предшествует репликация ДНК, а у эукариот - также деление ядра. В большинстве случаев происходит бинарное деление, при котором образуются две идентичные дочерние клетки. Так делятся бактерии, многие простейшие, такие как амеба или парамеция, и некоторые



одноклеточные водоросли, например, эвглена. При подходящих условиях это приводит к быстрому росту популяции.

Множественное деление, при котором вслед за рядом делений клеточного ядра, происходит деление самой клетки на множество дочерних клеток, наблюдается у споровиков - группы простейших, к которой относится, в частности, возбудитель малярии. Стадия, на которой происходит множественное деление, называется шизонтом, а сам этот процесс - шизогонией. У возбудителя малярии шизогония непосредственно следует за заражением хозяина, когда паразит проникает в печень. При этом получается сразу около тысячи дочерних клеток, каждая из которых способна инвазировать эритроцит и произвести путем шизогонии еще 24 дочерние клетки. Такая высокая плодовитость компенсирует большие потери из-за трудностей успешной передачи паразита от одного хозяина другому, а именно от человека организму-переносчику, т. е. малярийному комару, и в обратном направлении.

Образование спор (споруляция). Спора - это одноклеточная репродуктивная единица обычно микроскопических размеров, состоящая из небольшого количества цитоплазмы и ядра. Образование спор наблюдается у бактерий, простейших, у представителей всех групп зеленых растений и всех групп грибов. Споры могут быть различными по своему типу и функции и часто образуются в специальных структурах.

Нередко споры образуются в больших количествах и имеют ничтожный вес, что облегчает их распространение ветром, а также животными, главным образом насекомыми. Вследствие малых размеров спора обычно содержит лишь минимальные запасы питательных веществ; из-за того, что многие споры не попадают в подходящее место для прорастания, потери спор очень велики. Главное достоинство таких спор-возможность быстрого размножения и расселения видов, в особенности грибов.

Споры бактерий служат, строго говоря, не для размножения, а для того, чтобы выжить при неблагоприятных условиях, поскольку каждая бактерия образует только одну спору. Бактериальные споры относятся к числу наиболее устойчивых: так, например, они нередко выдерживают обработку сильными дезинфицирующими веществами и кипячение в воде.

Почкование. Почкованием называют одну из форм бесполого размножения, при которой новая особь образуется в виде выроста (почки) на теле родительской особи, а затем отделяется от нее, превращаясь в

самостоятельный организм, совершенно идентичный родительскому. Почкование встречается в разных группах организмов, особенно у кишечнополостных, например, у гидры (рис. 1), и у одноклеточных грибов, таких как дрожжи. В последнем случае почкование отличается от деления (которое тоже наблюдается у дрожжей) тем, что две образующиеся части имеют разные размеры.

Размножение фрагментами (фрагментация). Фрагментацией называют разделение особи на две или несколько частей, каждая из которых растет и образует новую особь. Фрагментация происходит, например, у нитчатых водорослей, таких как спирогира. Нить спирогиры может разорваться на две части в любом месте.

Фрагментация наблюдается также у некоторых низших животных, которые в отличие от более высокоорганизованных форм сохраняют значительную способность к регенерации из относительно слабо дифференцированных клеток.

Вегетативное размножение. Вегетативное размножение представляет собой одну из форм бесполого размножения, при которой от растения отделяется относительно большая, обычно дифференцированная, часть и развивается в самостоятельное растение. По существу, вегетативное размножение сходно с почкованием. Нередко растения образуют структуры, специально предназначенные для этой цели: луковицы, клубнелуковицы, корневища, столоны и клубни. Некоторые из этих структур служат также для запаса питательных веществ, что позволяет растению пережить периоды неблагоприятных условий, таких как холода или засуха. Запасающие органы позволяют растению переживать зиму и давать в следующем году цветки и плоды (двулетние растения) или выживать в течение ряда лет (многолетние растения). К таким органам, называемым зимующими, относятся луковицы, клубнелуковицы, корневища и клубни.

В ряде случаев образуются специальные органы, служащие для вегетативного размножения. Таковы видоизмененные части стебля - клубни картофеля, луковицы лука, чеснока, луковички в листовых пазухах мятлики, откидыши молодила и др. Земляника размножается «усами» (рис. 3). В узлах побегов формируются придаточные корни, а из пазушных почек - побеги с листьями. В дальнейшем междоузлия отмирают, а новое растение утрачивает связь с материнским.

В практике сельского хозяйства вегетативное размножение растений

используется довольно широко.

Получение идентичных потомков при помощи бесполого размножения называют клонированием. В начале шестидесятих годов были разработаны методы, позволяющие успешно клонировать некоторые высшие растения и животных. Эти методы возникли в результате попыток доказать, что ядра зрелых клеток, закончивших свое развитие, содержат всю информацию, необходимую для кодирования всех признаков организма, и что специализация клеток обусловлена включением и выключением определенных генов, а не утратой некоторых из них. Первый успех был достигнут проф. Стюардом из Корнельского университета, который показал, что, выращивая отдельные клетки корня моркови (ее съедобной части) в среде, содержащей нужные питательные вещества и гормоны, можно индуцировать процессы клеточного деления, приводящие к образованию новых растений моркови.

Половое размножение. При половом размножении потомство получается в результате слияния генетического материала гаплоидных ядер. Обычно эти ядра содержатся в специализированных половых клетках - гаметах; при оплодотворении гаметы сливаются, образуя диплоидную зиготу, из которой в процессе развития получается зрелый организм. Гаметы гаплоидны - они содержат один набор хромосом, полученный в результате мейоза; они служат связующим звеном между данным поколением и следующим (при половом размножении цветковых растений сливаются не клетки, а ядра, но обычно эти ядра тоже называют гаметами.)

Мейоз - важный этап жизненных циклов, включающих половое размножение, так как он ведет к уменьшению количества генетического материала вдвое. Благодаря этому в ряду поколений, размножающихся половым путем, это количество остается постоянным, хотя при оплодотворении оно каждый раз удваивается. Во время мейоза в результате случайного расхождения хромосом (независимое распределение) и обмена генетическим материалом между гомологичными хромосомами (кроссинговер) возникают новые комбинации генов, попавших в одну гамету, и такая перетасовка повышает генетическое разнообразие. Слияние содержащихся в гаметах гаплоидных ядер называют оплодотворением или сингамией; оно приводит к образованию диплоидной зиготы, т. е. клетки, содержащей по одному хромосомному набору от каждого из родителей. Это объединение в зиготе двух наборов хромосом (генетическая рекомбинация)

представляет собой генетическую основу внутривидовой изменчивости. Зигота растет и развивается в зрелый организм следующего поколения. Таким образом, при половом размножении в жизненном цикле происходит чередование диплоидной и гаплоидной фаз, причем у разных организмов эти фазы принимают различные формы.

Гаметы обычно бывают двух типов - мужские и женские, но некоторые примитивные организмы производят гаметы только одного типа. У организмов, образующих гаметы двух типов, их могут производить соответственно мужские и женские родительские особи, а может быть и так, что у одной и той же особи имеются и мужские, и женские половые органы. Виды, у которых существуют отдельные мужские и женские особи, называются раздельнополыми; таковы большинство животных и человек. Среди цветковых растений тоже есть раздельнополые виды; если у однодомных видов мужские и женские цветки образуются на одном и том же растении, как, например, у огурца и лецины, то у двудомных одни растения несут только мужские, а другие - только женские цветки, как у остролиста или у тиса.

Виды, у которых одна и та же особь способна производить и мужские, и женские гаметы, называют гермафродитными или двуполыми. К их числу относятся многие простейшие, в том числе парамеция, некоторые кишечнополостные, плоские черви, например, солитер, олигохеты, например, дождевой червь, ракообразные, например, морской желудь, такие моллюски, как улитка, некоторые рыбы и ящерицы, а также большинство цветковых растений. Гермафродитизм считается самой примитивной формой полового размножения и свойствен многим примитивным организмам.

Он представляет собой приспособление к сидячему, малоподвижному или паразитическому образу жизни. Одно из преимуществ гермафродитизма состоит в том, что он делает возможным самооплодотворение, а это весьма существенно для некоторых эндопаразитов, таких как солитер, ведущих одиночное существование. Однако у большинства гермафродитных видов в оплодотворении участвуют гаметы, происходящие от разных особей, и у них имеются многочисленные генетические, морфологические и физиологические адаптации, препятствующие самооплодотворению и благоприятствующие перекрестному оплодотворению. Например, у многих простейших самооплодотворение предотвращается генетической несовместимостью, у многих цветковых растений - строением андроеца и гинецея, а у многих

животных-тем, что яйца и спермии образуются у одной и той же особи в разное время.

Партеногенез - одна из модификаций полового размножения, при которой женская гамета развивается в новую особь без оплодотворения мужской гаметой. Партеногенетическое размножение встречается как в царстве животных, так и в царстве растений, и преимущество его состоит в том, что в некоторых случаях оно повышает скорость размножения.

Существует два вида партеногенеза - гаплоидный и диплоидный, в зависимости от числа хромосом в женской гамете. У многих насекомых, в том числе у муравьев, пчел и ос, в результате гаплоидного партеногенеза в пределах данного сообщества возникают различные касты организмов. У этих видов происходит мейоз и образуются гаплоидные гаметы. Некоторые яйцеклетки оплодотворяются, и из них развиваются диплоидные самки, тогда как из неоплодотворенных яйцеклеток развиваются фертильные гаплоидные самцы.

Партеногенез широко распространен у растений, где он принимает различные формы. Одна из них - апомиксис - представляет собой партеногенез, имитирующий половое размножение. Апомиксис наблюдается у некоторых цветковых растений, у которых диплоидная клетка семязачатка-либо клетка нуцеллуса, либо мегаспора - развивается в функциональный зародыш без участия мужской гаметы. Из остального семязачатка образуется семя, а из завязи развивается плод. В других случаях требуется присутствие пыльцевого зерна, которое стимулирует партеногенез, хотя и не прорастает; пыльцевое зерно индуцирует гормональные изменения, необходимые для развития зародыша, и на практике такие случаи трудно отличить от настоящего полового размножения.

## **6.2. Гаметогенез, развитие половых клеток.**

Гаметы обеспечивают передачу наследственной информации между особями разных поколений. Был период в биологии, когда соматические и половые клетки противопоставляли друг другу. В настоящее время экспериментально доказана возможность развития полноценного организма на основе наследственной информации ядра дифференцированной соматической клетки.

Гаметы представляют собой одно из многих направлений дифференцировки клеток многоклеточного организма. Предполагают, что клетки указанной линии возникают из бластомеров, имеющих на

вегетативном полюсе цитоплазму особого рода - богатую РНК. В сравнении с другими линиями соматических клеток гаметы характеризуются рядом отличий. Важнейшее из них - гаплоидный набор хромосом в ядрах, что обеспечивает воспроизведение в зиготе типичного для организма данного вида диплоидного числа хромосом.

Гаметы отличаются необычными для других клеток ядерно-цитоплазматическими отношениями. У яйцеклеток оно снижено благодаря увеличению объема цитоплазмы, в которой размещен питательный материал. У сперматозоидов благодаря малому количеству цитоплазмы ядерно-цитоплазматическое отношение высокое.

Половые клетки отличаются низким уровнем обменных процессов, близким к состоянию анабиоза. Процесс образования половых клеток называется гаметогенез. Гаплоидные клетки образуются из диплоидных в результате мейоза, при котором происходит редукция числа хромосом.

При малом количестве желтка в яйцеклетке он обычно распределен в цитоплазме равномерно и ядро располагается примерно в центре. Такие яйцеклетки называются изолецитальными. У большинства позвоночных желтка много, и он распределен в цитоплазме яйцеклетки неравномерно. Это анизolecитальные яйцеклетки. Основная масса желтка скапливается у одного из полюсов клетки - вегетативного полюса. Такие яйцеклетки называются телolecитальными. Противоположный полюс, к которому оттесняется свободная от желтка активная цитоплазма, называют анимальным.

Зрелая яйцеклетка как правило крупнее любых соматических клеток. В ходе овогенеза в цитоплазме яйцеклетки резервируется большое количество веществ, необходимых для ее созревания и обеспечения раннего эмбриогенеза. Функциональная роль запасных питательных веществ различна.

Во-первых, это компоненты, необходимые для процессов репликации, транскрипции и трансляции, такие как соответствующие ферменты, рибосомы, мРНК, тРНК и их предшественники. Во-вторых, это набор специфических регуляторных веществ, которые обеспечивают координированное функционирование всех запасенных компонентов. В-третьих, это желток, в состав которого входят белки, фосфолипиды, нейтральные жиры, минеральные соли. Желток представляет собой запас питательных веществ и энергетических ресурсов, необходимых для обеспечения эмбрионального периода.

Роль, выполняемая спермием в процессе оплодотворения, была выяснена

только в прошлом столетии. В 1840 году А. фон Келликер описал образование спермиев из клеток семенника. Он пришел к выводу, что спермии являются сильно измененными клетками.

Зрелый сперматозоид имеет головку, среднюю часть (шейку) и хвост.

Цитоплазматические органеллы, структурно модифицируясь, превращаются в различные его структуры, обеспечивающие движение сперматозоида и проникновение его в яйцеклетку. Митохондрии образуют комплекс, расположенный витками, в районе шейки, а элементы аппарата Гольджи – акросому. Акросома содержит ферменты, которые необходимы для проникновения сперматозоида через оболочку яйцеклетки. Цитоплазма в сперматозоиде представлена тонкой оболочкой. В хвосте находятся микротрубочки. С ними связан особый белок - динеин. Этот белок может гидролизовать молекулы АТФ и преобразовывать выделившуюся при этом химическую энергию в механическую, за счет которой осуществляется движение спермия.

### **6.3. Оплодотворение и его биологический смысл.**

Общая характеристика процесса оплодотворения и его биологический смысл. Осеменение внешнее и внутреннее. Оплодотворение представляет собой процесс слияния двух половых клеток (гамет) друг с другом, в результате чего возникает новая особь, генетические потенции которой берут начало от обоих родителей.

Оплодотворение осуществляет две различные функции: половую (комбинирование генов двух родителей) и репродуктивную (создание нового организма). Образующаяся в результате оплодотворения диплоидная клетка-зигота - представляет собой начальный этап развития нового организма.

Конкретные особенности оплодотворения очень сильно варьируют у различных видов, но происходящие при этом события обычно сводятся к четырем основным процессам.

1. Контакт половых клеток, их взаимное узнавание. Это этап качественного контроля. Спермий и яйцо должны принадлежать одному и тому же виду.

2. Регуляция проникновения спермия в яйцо. Это этап количественного контроля. Только один спермий должен, в конечном счете, оплодотворить яйцо. Все остальные спермии должны быть элиминированы.

3. Слияние генетического материала половых клеток.

4. Активация метаболизма яйцеклетки для ее вступления на путь развития.

Процесс оплодотворения складывается из трех последовательных фаз: сближения гамет, активации яйцеклетки, слияния гамет или сингамии. Сближение сперматозоида и яйцеклетки обеспечивается совокупностью неспецифических факторов, повышающих вероятность их встречи.

К ним относятся скоординированность наступления готовности к оплодотворению, избыточную продукцию сперматозоидов, крупные размеры яйцеклетки.

Дистантное взаимодействие гамет. Нахождение яйцеклетки сперматозоидом и их взаимодействие обеспечивается специальными веществами: гамонами, вырабатываемыми половыми клетками. Эти вещества с одной стороны способствуют и активируют движение сперматозоидов, а с другой стороны – их склеивание.

Контактное взаимодействие гамет. В момент контакта сперматозоида и яйцеклетки происходит акросомная реакция, во время которой под действием протеолитических ферментов акросомы яйцевые оболочки растворяются. В результате контакта сперматозоида и яйцеклетки происходит ее активация.

Она заключается в сложных структурных и физико-химических изменениях. Ионы натрия начинают поступать внутрь яйцеклетки, изменяя мембранный потенциал клетки. Растворяются кортикальные гранулы. Выделяемые при этом специфические ферменты способствуют отслойке желточной оболочки, она затвердевает. Все описанные процессы представляют собой кортикальную реакцию.

Контрольные вопросы:

1. Назовите особенности и биологический смысл полового и бесполого размножения.
2. Перечислите стадии сперматогенеза и оогенеза.
3. Каковы специфические особенности гамет?
4. Каковы ядерно-цитоплазматические отношения в гаметах?
5. В чем состоит биологический смысл оплодотворения.
6. Дайте характеристику контактному и дистантному взаимоотношению гамет.

Литература [2,3,4,5,7].



## ТЕМА 7. НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОРГАНИЗМА

### 7.1. Понятие о наследственности и изменчивости.

**Генетика** - наука о наследственности и изменчивости живых организмов. В ее основу легли закономерности наследственности, установленные выдающимся чешским ученым Грегором Менделем (1822—1884) при скрещивании различных сортов гороха. Генетика- это наука про две универсальные закономерности живых организмов - наследственность и изменчивость.

Генетика является базой следующих наук:

- селекции
- медицины
- генной инженерии
- эволюции
- экологии

**Наследственность** - это неотъемлемое свойство всех живых существ сохранять и передавать в ряду поколений характерные для вида или популяции особенности строения, функционирования и развития. Наследственность обеспечивает постоянство и многообразие форм жизни и лежит в основе передачи наследственных задатков, ответственных за формирование признаков и свойств организма. Благодаря наследственности некоторые виды (например, кистеперая рыба латимерия, жившая в девонском периоде) оставались почти неизменными на протяжении сотен миллионов лет, воспроизводя за это время огромное количество поколений.

**Изменчивость** - способность организмов в процессе онтогенеза приобретать новые признаки и терять старые. Изменчивость выражается в том, что в любом поколении отдельные особи чем-то отличаются и друг от друга, и от своих родителей. Причиной этого является то, что признаки и свойства любого организма есть результат взаимодействия двух факторов: наследственной информации, полученной от родителей, и конкретных условий внешней среды, в которых шло индивидуальное развитие каждой особи. Поскольку условия среды никогда не бывают одинаковыми даже для особей одного вида или сорта (породы), становится понятным, почему организмы, имеющие одинаковые генотипы, часто заметно отличаются друг от друга по фенотипу, т. е. по внешним признакам. Таким образом, наследственность, будучи консервативной, обеспечивает сохранение

признаков и свойств организмов на протяжении многих поколений, а изменчивость обуславливает формирование новых признаков в результате изменения генетической информации или условий внешней среды. 1865 г. Грегор Мендель открыл закономерности наследственности. Заслуги Менделя:

- сформулировал законы наследственности.
- использовал математические методы в биологии
- применил метод гибридологического анализа.

## 7.2. Закономерности наследования признаков

Первый и второй законы Менделя.

Моногибридное скрещивание включает анализ наследования признаков, определяемых одной парой аллельных генов. При скрещивании гомозиготных особей, отличающихся фенотипически одним признаком, все потомство будет единообразно по фенотипу и генотипу:

На основании классических опытов по моногибридному скрещиванию Г. Мендель сформулировал закономерности, которые были названы законами Менделя.

Первый закон Менделя (закон единообразия гибридов первого поколения): при скрещивании генетически однородных форм, которые отличаются по одному признаку, все гибриды первого поколения будут единообразны.

Рассмотрим ситуацию, при котором скрещиваются организмы, различающиеся по одной паре признаков. Тогда, один родитель будет иметь генотип **AA**, а второй – **aa**. Такие организмы называются гомозиготными по данной паре генов. В первом поколении у потомства будет одинаковый генотип **Aa**. Аллель **a** в фенотипе не проявляется. Такие аллели получили название рецессивных. Аллель **A** называется доминантным.

Второй закон Менделя (закон расщепления): при скрещивании гибридов первого поколения между собой (**Aa x Aa**) во втором поколении появляются особи, как с доминантными, так и с рецессивными признаками в среднем соотношении 3:1.

Анализ результатов расщепления показывает, что при полном доминировании наблюдается расщепление по генотипу на 3 класса (1AA: 2Aa: 1aa), а по фенотипу на два фенотипических класса (A - и aa, в соотношении 3A-: 1aa), т.к. гетерозиготы и доминантные гомозиготы имеют одинаковый фенотип.

Закономерности расщепления имеют статистический характер. Это означает, что они наблюдаются только при большом количестве наследуемых объектов.

В своей работе Мендель использовал метод скрещивания и последующий анализ потомства (гибридологический метод), которым широко пользовались с давних времен практики-селекционеры при выведении культурных сортов растений и пород домашних животных.

Мендель впервые применил этот прием как метод научного исследования.

Изучая моногибридные скрещивания, Мендель разработал разные типы скрещиваний, в том числе, анализирующее, которое позволяет выявить генотип особи с доминантным признаком. Такая особь может быть гомозиготной (AA) или гетерозиготной (Aa). Чтобы выявить генотип такой особи, необходимо проанализировать расщепление в скрещивании с гомозиготным рецессивом (aa). Если анализируемая особь гомозиготна, все ее потомки будут единообразны:

Если анализируемая особь гетерозиготна, то среди потомков должно быть расщепление на два фенотипических класса в соотношении 1:1.

Третий закон Менделя.

Ди- и полигибридные скрещивания.

Если родители отличаются двумя парами генов, то такое скрещивание называется дигибридным. Закон единообразия гибридов первого поколения справедлив для любого количества анализируемых признаков:

Расщепление по фенотипу во втором поколении при дигибридном скрещивании при условии полного доминирования по двум генам происходит не на 2, а на 4 фенотипических класса в соотношении: 9A-B - : 3A-bb : 3aaB- : 1aabb.

Цитологическая основа образования гамет при дигибридном скрещивании - процесс мейоза.

Анализ дигибридного скрещивания, предполагает, что гены A, a и B, b находятся в разных парах гомологичных хромосом. Если в профазе первого мейоза образуется два разных бивалента A//a и B//b, тогда в анафазе к противоположным полюсам клетки расходятся хромосомы A/B/ и a/b/ или A/b/ и a/B/. Таким образом, образуются 4 типа гамет: AB, aB, Ab, ab.

Суммируя результаты, получаем: 9A-B -, 3A-bb, 3aaB-, 1aabb. Это соответствует четырём фенотипическим классам. В первом классе (A-B-) проявятся два доминантных гена (как у родителей). Во втором классе (A-bb)

первый признак фенотипически будет соответствовать такому же признаку у родителей, а второй признак выявится как новый. Он проявится за счет нового сочетания двух рецессивных генов (bb), имеющих у родителей в скрытом виде. В третьем фенотипическом классе (aaB -), наоборот, первый признак рецессивный новый, не выявляемый у родителей, а второй признак — доминантный, имеющийся у обоих родителей. Четвертый фенотипический класс представлен двумя рецессивными признаками (aabb).

Перекомбинирование генов, имеющих у родителей, лежит в основе комбинативной изменчивости. За счет комбинативной изменчивости у потомков проявляются признаки, отсутствующие у родителей и определяемые рецессивными генами, которые находятся в скрытом виде.

Если рассматривать потомство, полученное на основе дигибридного скрещивания, отдельно по каждому признаку, то для каждой пары альтернативных признаков расщепление будет на два фенотипических класса в соотношении 3:1, как для моногибридного скрещивания. Это наблюдение лежит в основе закона независимого наследования признаков.

Третий закон Менделя формулируется для ди- и полигибридных скрещиваний следующим образом: если признаки определяются генами, локализованными в разных парах гомологичных хромосом, то они наследуются независимо друг от друга. Для каждой пары альтернативных признаков при скрещивании гетерозигот и полном доминировании выявляется расщепление на два фенотипических класса в соотношении 3:1, а в анализирующем скрещивании 1:1.

Основываясь на законе независимого наследования признаков, Г. Мендель вывел цифровые закономерности для полигибридного скрещивания, когда анализируются закономерности наследования более двух пар альтернативных признаков, и каждая пара признаков ведет себя по законам моногибридного скрещивания.

Если скрещиваются между собой две полигетерозиготы, то число разных сортов гамет, образуемых каждым гибридом, составляет  $2^n$ ; число фенотипических классов - также  $2^n$ ; число генотипических классов —  $3^n$ ; число возможных комбинаций гамет, соответствующее количеству ячеек в решетке Пеннета, —  $4^n$ , а формула расщепления по фенотипу при полном доминировании  $(3:1)^n$ , где  $n$  — число аллелей в гетерозиготном состоянии.

Закон независимого наследования признаков имеет большое значение при решении генетических задач. Наследование какого угодно числа

признаков можно рассматривать независимо друг от друга. В сложных задачах на полигибридное скрещивание обычно рассматривают закономерности наследования сначала одного признака, затем другого, потом третьего и так далее. Если необходимо определить вероятность рождения ребенка с той или иной комбинацией признаков, то находят вероятность для каждого признака, а затем их перемножают.

Решая задачи, необходимо учитывать, что у человека обычно не бывает большого количества потомков, а законы Менделя имеют статистический характер, они рассчитаны на большую выборку. Следовательно, если в семье двое детей с альтернативными признаками, например, с голубыми и карими глазами, то это не значит, что расщепление 1:1. Необходимо посмотреть, какие фенотипы у родителей. Если оба родителя кареглазые, а в потомстве проявился рецессивный признак (голубые глаза), то оба родителя гетерозиготные, и при большом количестве детей можно ожидать расщепления 3:1.

Таким образом, для человека, как и для всех эукариот, известны все типы взаимодействия аллельных генов и большое количество менделирующих признаков, основанных на этих взаимодействиях. Используя законы наследования менделирующих признаков, можно рассчитать вероятность рождения детей с теми или иными признаками.

### **7.3. Хромосомное определение пола и наследование признаков**

Существует три типа определения пола в природе: эпигамный, прогамный и сингамный.

В первом случае пол определяется после оплодотворения, во втором – до оплодотворения, а в третьем – в момент оплодотворения.

Примером эпигамного оплодотворения является оплодотворение у морского червя боннелии. У боннелии очень мелкие самцы обитают в матке гораздо более крупных самок (рис. 3.1). Бесполоя свободно плавающая личинка боннелии при попадании на хоботок самки под влиянием выделяемых этим хоботком веществ превращается в самца, мигрирующего затем в половые органы самки. Если же личинка не встречает самку, то прикрепляется ко дну и превращается в самку.

В редких случаях эпигамное определение пола встречается у двудомных растений. Так у японской ариземы растения, выросшие из крупных клубней, образуют женские цветки. Из шуплых клубней развиваются растения, дающие

мужские цветки. У некоторых животных (крокодил, черепаха) пол потомка определяется температурой, при которой идет формирование зародыша в яйце, зарытом в песке.

У некоторых червей и коловраток наблюдается прогамное определение пола. Самки откладывают неоплодотворенные яйца двух сортов: крупные, богатые цитоплазмой, и мелкие, относительно бедные ею. После оплодотворения первые развиваются в самок, а вторые – в самцов

У самок млекопитающих в диплоидном наборе хромосом выделяют пару одинаковых по форме хромосом (половых хромосом), обозначаемых XX-хромосомами.

Самцы в кариотипе содержат X - и Y-хромосомы.

Самки птиц содержат две разные (XY), а самцы одинаковые (XX) половые хромосомы. В период редукционного деления (мейоза) у самок млекопитающих образуется один тип гамет с X-хромосомой, поэтому женский пол называют гомогаметным. У самцов образуется два типа гамет с X - и Y-хромосомами, поэтому мужской пол называют гетерогаметным. Определение пола млекопитающих зависит от того, каким спермием будет оплодотворена яйцеклетка. Если яйцеклетка оплодотворена спермием, содержащим X-хромосому, то происходит закладка особи женского пола, если спермий несет Y-хромосому — закладывается особь мужского пола.

Самки птиц, некоторых насекомых – бабочек, содержат две разные (XY), а самцы одинаковые (XX) половые хромосомы.

#### **7.4. Мутационная изменчивость**

По изменению наследственного аппарата мутации делятся на генные, хромосомные и геномные.

##### Генные мутации

Генные мутации представляют собой молекулярные, не видимые в световом микроскопе изменения структуры ДНК. К мутациям генов относятся любые изменения молекулярной структуры ДНК, независимо от их локализации и влияния на жизнеспособность. Некоторые мутации не оказывают никакого влияния на структуру и функцию соответствующего белка. Другая (большая) часть генных мутаций приводит к синтезу дефектного белка, не способного выполнять свойственную ему функцию.

По типу молекулярных изменений выделяют:

- делеции (от латинского *deletio* – уничтожение), т.е. утрата сегмента ДНК от одного нуклеотида до гена;
- дубликации (от латинского *duplicatio* удвоение), т.е. удвоение или повторное дублирование сегмента ДНК от одного нуклеотида до целых генов;
- инверсии (от латинского *inversio* – перевертывание), т.е. поворот на 180° сегмента ДНК размерами от двух нуклеотидов до фрагмента, включающего несколько генов;
- инсерции (от латинского *insertio* – прикрепление), т.е. вставка фрагментов ДНК размером от одного нуклеотида до целого гена.

Именно генные мутации обуславливают развитие большинства наследственных форм патологии. Болезни, обусловленные подобными мутациями, называют генными, или моногенными болезнями, т.е. заболеваниями, развитие которых детерминировано мутацией одного гена.

В настоящее время насчитывается более 4500 моногенных заболеваний. Наиболее частыми из них являются: муковисцидоз, фенилкетонурия, миопатии Дюшенна-Беккера и ряд других заболеваний. Клинически они проявляются признаками нарушения обмена веществ (метаболизма) в организме.

#### Хромосомные мутации

Хромосомные мутации являются причинами возникновения хромосомных болезней.

Хромосомные мутации – это структурные изменения отдельных хромосом, как правило, видимые в световом микроскопе. В хромосомную мутацию вовлекается большое число (от десятков до нескольких сотен) генов, что приводит к изменению нормального диплоидного набора. Несмотря на то, что хромосомные абберации, как правило, не изменяют последовательность ДНК в специфических генах, изменение числа копий генов в геноме приводит к генетическому дисбалансу вследствие недостатка или избытка генетического материала. Различают две большие группы хромосомных мутаций: внутривхромосомные и межхромосомные

Внутривхромосомные мутации – это абберации в пределах одной хромосомы. К ним относятся:

- делеции (от латинского *deletio* – уничтожение) – утрата одного из участков хромосомы, внутреннего или терминального. Это может обусловить нарушение эмбриогенеза и формирование множественных аномалий развития (например, делеция в регионе короткого плеча 5-й хромосомы, обозначаемая

как 5p-, приводит к недоразвитию гортани, порокам сердца, отставанию умственного развития. Этот симптомокомплекс известен как синдром "кошачьего крика", поскольку у больных детей из-за аномалии гортани плач напоминает кошачье мяуканье);

- инверсии (от латинского *inversio* – перевертывание). В результате двух точек разрывов хромосомы образовавшийся фрагмент встраивается на прежнее место после поворота на 180°. В результате нарушается только порядок расположения генов;

- дупликации (от латинского *duplicatio* – удвоение) – удвоение (или умножение) какого-либо участка хромосомы (например, трисомия по короткому плечу 9-й хромосомы обуславливает множественные пороки, включая микроцефалию, задержку физического, психического и интеллектуального развития).

Межхромосомные мутации, или мутации перестройки – обмен фрагментами между негомологичными хромосомами. Такие мутации получили название транслокации (от латинских *trans* – за, через и *locus* – место). Это:

- реципрокная транслокация – две хромосомы обмениваются своими фрагментами;

- не реципрокная транслокация – фрагмент одной хромосомы транспортируется на другую;

- "центрическое" слияние (робертсоновская транслокация) – соединение двух акроцентрических хромосом в районе их центромер с потерей коротких плеч.

При поперечном разрыве хроматид через центромеры "сестринские" хроматиды становятся "зеркальными" плечами двух разных хромосом, содержащих одинаковые наборы генов. Такие хромосомы называются изохромосомами.

Транслокации и инверсии, являющиеся сбалансированными хромосомными перестройками, не имеют фенотипических проявлений, но в результате сегрегации перестроенных хромосом в мейозе могут образовать несбалансированные гаметы, что повлечет за собой возникновение потомства с хромосомными аномалиями.

#### Геномные мутации

Геномные мутации, как и хромосомные, являются причинами возникновения хромосомных болезней.



К геномным мутациям относятся анеуплоидии и изменения ploидности структурно неизмененных хромосом. Геномные мутации выявляются цитогенетическими методами.

Анеуплоидия – изменение (уменьшение – моносомия, увеличение – трисомия) числа хромосом в диплоидном наборе, не кратное гаплоидному ( $2n+1$ ,  $2n-1$  и т.д.).

Полиплоидия – увеличение числа наборов хромосом, кратное гаплоидному ( $3n$ ,  $4n$ ,  $5n$  и т.д.).

У человека полиплоидия, а также большинство анеуплоидий являются летальными мутациями.

К наиболее частым геномным мутациям относятся:

– трисомия – наличие трех гомологичных хромосом в кариотипе (например, по 21-й паре при болезни Дауна, по 18-й паре при синдроме Эдвардса, по 13-й паре при синдроме Патау; по половым хромосомам: XXX, XXY, XYY);

– моносомия – наличие только одной из двух гомологических хромосом. При моносомии по любой из аутосом нормальное развитие эмбриона невозможно. Единственная моносомия у человека, совместимая с жизнью – моносомия по X-хромосоме – приводит к синдрому Шерешевского-Тернера ( $45, X$ ).

Причиной, приводящей к анеуплоидии, является нерасхождение хромосом во время клеточного деления при образовании половых клеток или утрата хромосом в результате анафазного отставания, когда во время движения к полюсу одна из гомологичных хромосом может отстать от других негомологичных хромосом.

Термин нерасхождение означает отсутствие разделения хромосом или хроматид в мейозе или митозе.

Нерасхождение хромосом наиболее часто наблюдается во время мейоза. Хромосомы, которые в норме должны делиться во время мейоза, остаются соединенными вместе и в анафазе отходят к одному полюсу клетки, таким образом, возникают две гаметы, одна из которых имеет добавочную хромосому, а другая – не имеет этой хромосомы. При оплодотворении гаметы с нормальным набором хромосом гаметой с лишней хромосомой возникает трисомия (т.е. в клетке присутствует три гомологичные хромосомы), при оплодотворении гаметой без одной хромосомы возникает зигота с моносомией. Если моносомная зигота образуется по какой-либо аутосомной

хромосоме, то развитие организма прекращается на самых ранних стадиях развития.

Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте закономерности генетики, открытые Г. Менделем.
2. Дайте определение понятиям: сингамное, прогамное и эпигамное определение пола.
3. Охарактеризуйте генные мутации.
4. Охарактеризуйте хромосомные мутации.
5. Охарактеризуйте геномные мутации.
6. Каково значение мутаций для эволюции?

Литература [ 2,3,4,6,7].

## **ТЕМА 8. УЧЕНИЕ ОБ ЭВОЛЮЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА**

### **8.1. Учение Ч. Дарвина о естественном отборе.**

Чарлз Роберт Дарвин родился 12 февраля 1809 г. в английском городке Шрусбери в семье врача. Умер великий ученый 19 апреля 1882 г. и был погребен в Вестминстерском аббатстве рядом с могилой Ньютона.

Вначале своего обучения в университетах Эдинбурга и Кембриджа, он готовился стать медиком, позже священником.

Осенью 1831 года ему предложили совершить кругосветное путешествие на корабле «Бигль» ("Ищейка") или гончая собака в качестве натуралиста.

Путешествие на "Бигле" (1831-1836) стало самым значительным событием в жизни Ч. Дарвина, определившим весь его жизненный путь. "Бигль" отправился в кругосветное плавание, основной задачей экспедиции была съемка восточных и западных берегов Южной Америки и прилегающих островов для составления, подробных морских карт.

Вторая задача - проведение серии хронометрических измерений вокруг Земли, почему и было предпринято кругосветное путешествие. Задачей Дарвина в этом путешествии было в качестве натуралиста подробно изучить геологию, флору - растительность и фауну - животный мир Южной Америки и других стран на пути. Во время путешествия Дарвин собирает огромные коллекции - зоологические, ботанические, палеонтологические, минералогические и при первой возможности отправляет их в Англию.

"Бигль" - королевский десятипушечный бриг, деревянное парусное

судно водоизмещением 235 тонн. В Латинской Америке он собирает богатейшую коллекцию ископаемых, в частности, остатки девяти видов гигантских млекопитающих (мегетерия, мкроухении, токсозона и др.).

5 сентября 1835 г. "Бигль" взял курс на Галапагосский архипелаг (галапагос в переводе с исп. черепаха). Дарвин очень подробно изучает флору и фауну островов архипелага, убеждается, что большинство видов - эндемики, т. е. нигде больше не встречаются. Объяснение этому факту он нашел в характере морских течений, которые препятствовали обмену флорой и фауной между островами, а сильных ветров здесь никогда не бывает. Во время пребывания на этих островах Дарвин даже катался на черепахах. Он описывает двадцать шесть видов птиц, много пресмыкающихся, пятнадцать видов морских рыб, шестнадцать видов сухопутных моллюсков, 25 видов жуков, 193 вида растений. Подобным образом он описывает все те места, где ему довелось побывать.

Путешествие на корабле Бигль стало последней дальней поездкой Дарвина. Серьезная болезнь навсегда лишила ученого возможности покинуть Великобританию.

В 1939 г Ч. Дарвин написал «Путешествие натуралиста вокруг света на корабле «Бигль»».

В 1854 году Ч. Дарвин вплотную приступает к работе над эволюционной теорией, собирает материал для книги. В 1854 году Ч. Дарвин получает рукопись своего соотечественника, молодого ученого Альфреда Уоллеса, в которой тот независимо от Дарвина формулирует принцип естественного отбора. Оба ученых на заседании зоологического общества в Лондоне делают доклады и вместе опубликовывают их в 1858 году.

В 1859 году был издан главный труд всей жизни Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора или выживание благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь».

При жизни Дарвина эта книга выдерживает шесть английских, три американских, пять немецких, три русских, три французских издания.

В 1886 г. Ч. Дарвин публикует второй капитальный труд – «Изменение домашних животных и культурных растений», эта работа закладывает теоретические основы селекции.

Основные положения теории эволюции Ч. Дарвина:

1. Человек создает сорта и породы на основе наследственной изменчивости и искусственного отбора. Из поколения в поколение человек

отбирал и оставлял особей с какими-либо наследственными изменениями и устранил других особей от размножения. В результате получены породы и сорта, их признаки соответствуют интересам человека. Причиной, аналогичными творчеству человека, ведущего естественный отбор, в природе является борьба за существование и естественный отбор.

2. Борьба за существование - сложные и многообразные отношения организмов между собой и с условиями внешней среды. Неизбежность борьбы за существование вытекает из противоречия между способностью организмов к неограниченному размножению и ограниченностью жизненных ресурсов, что приводит к конкуренции за пищу, за сходные условия обитания и размножения. Возможность дожить до половозрелого состояния выпадает на долю лишь немногих особей. Например, одна самка сельди выметывает в среднем 40 000 икринок, осетра — 2 000 000.

Ч. Дарвин исходил из того, что в процессе размножения численность особей увеличивается в геометрической прогрессии, если условия благоприятствуют выживанию всех потомков: «Не существует ни одного исключения из правила, по которому любое органическое существо размножается столь быстро, что, не подвергаясь оно истреблению, потомство одной пары очень скоро бы заняло всю Землю». Ч. Дарвин проиллюстрировал это положение следующим примером: пара слонов дает за весь период размножения не более 6 детенышей, но за 750 лет общая численность ее потомства достигла бы 19 млн. особей. [В дальнейшем стремление организмов к неограниченному увеличению своей биомассы и численности В.И.Вернадский назвал давлением жизни].

3. Следствием борьбы за существование является естественный отбор – выживание наиболее приспособленных особей. Естественный отбор сохраняет особей с полезными в данных условиях среды наследственными изменениями. Эти особи оставляют плодовитое потомство и их численность возрастает.

4. Из поколения в поколение в результате взаимосвязи действия наследственной изменчивости, борьбы за существование и естественного отбора виды изменяются в направлении все большей приспособленности к условиям среды.

5. Приспособленность организмов не абсолютна, она носит относительный характер.

6. Естественный отбор вызывает дивергенцию- расхождение признаков внутри вида и может привести к видообразованию.

7. Способность организмов выживать в борьбе за существование не обязательно связана с более высокой организацией, поэтому наряду с высокоорганизованными формами жизни существуют и низкоорганизованные.

## 8.2. Синтетическая теория эволюции.

Современная теория эволюции основана на прочном фундаменте корпускулярной наследственности, выдвинутой Г. Менделем.

В 1930-40-е годы быстро произошел широкий синтез генетики и дарвинизма. Генетические идеи проникли в систематику, палеонтологию, эмбриологию, биогеографию. Термин «современный» или «эволюционный синтез» происходит из названия книги Джулиана Хаксли «Evolution: The Modern synthesis» (1942). Выражение «синтетическая теория эволюции» в точном приложении к данной теории впервые было использовано Дж. Симпсоном в 1949 году.

Название «синтетическая» удачно характеризует две существенные особенности эволюционизма XX века. С одной стороны, современная теория эволюции сложилась как обобщение, синтез результатов, полученных в области различных биологических наук: достижения генетики, сравнительной анатомии, систематики, палеонтологии, экологии и эмбриологии.

С другой стороны, термин «синтетическая» соответствует коллективному характеру многих выдающихся ученых разных стран. В этом аспекте синтетическая теория эволюции весьма занимательна, демонстрируя коллективность научного творчества. В разработку теории эволюции внесли свой вклад такие ученые, как Т. Морган, А.Н. Северцов, С.С. Четвериков, И.И. Шмальгаузен, Н.В. Тимофеев-Ресовский и многие другие.

Главной особенностью СТЭ является признание в качестве элементарной единицы эволюции не организма, а популяции, тем самым развитие популяционно-центрического мышления. В настоящее время эволюционный процесс делится на микроэволюционные и макроэволюционные события.

*Микроэволюция*- процесс адаптивного преобразования популяций и образование новых видов.

*Макроэволюция*- эволюция надвидовых таксонов (родов, семейств, отрядов).

Термины "микроэволюция" и "макроэволюция" были предложены Ю. А. Филипченко (1927— 29), хотя само разграничение двух этих категорий

эволюционных процессов восходит к концепциям американского палеонтолога Э. Копа (1887).

Существенный вклад в становление СТЭ внес российский ученый Н.В. Тимофеев-Ресовский. Он сформулировал положение об элементарных явлениях и факторах эволюции. По его мнению:

- элементарной эволюционной структурой является популяция;
- элементарным эволюционным явлением является изменение генотипического состава популяции;
- элементарным наследственным материалом является генофонд популяции;
- элементарными эволюционными факторами являются мутационный процесс, «волны жизни», изоляция и естественный отбор.

Исходя из сказанного выше, основные положения синтетической теории эволюции сводятся к четырем утверждениям:

1) главным фактором эволюции является естественный отбор, интегрирующий и регулирующий действие всех остальных факторов (мутагенеза, гибридизации, миграции, изоляции и др.)

2) эволюция протекает дивергентно, постепенно, посредством отбора случайных мутаций, а новые формы образуются через наследственные изменения;

3) эволюционные изменения случайны и ненаправленны; исходным материалом для них являются мутации; исходные организации популяции и изменения внешних условий ограничивают и направляют наследственные изменения;

3) макроэволюция, ведущая к образованию надвидовых групп, осуществляется только посредством процессов микроэволюции, и каких-либо специфических механизмов возникновения новых форм жизни не существует.

Синтетическая теория эволюции не является застывшей и завершенной концепцией. У нее есть ряд трудностей, на которых основываются недарвиновские концепции эволюции, как уже упоминающихся выше, так и недавно возникшие. Так, она допускает возможность изменения геномов организмов в результате мутаций. Но геном любого организма содержит огромное количество нуклеотидов, поэтому мутации не могут повлиять на него так, чтобы получился другой геном. Скорее всего, изменение генома одной клетки или нескольких клеток приведет к рассогласованию в поведении клеток, и популяции клеток не сформируется.

По мнению ряда, ученых, приспособленность организмов, естественный отбор и мутации действуют в живой природе, но они не работают в тех масштабах, которые необходимы для образования новых форм.

### **8.3. Формы естественного отбора- стабилизирующий, движущий, дизруптивный.**

Естественный отбор – это совокупность биологических процессов, обеспечивающих дифференциальное воспроизведение генотипов в популяциях

Движущий отбор). Описали Дарвин и Уоллес.

Характеристика движущей формы естественного отбора.

- Действует при направленном изменении условий внешней среды.

- В этом случае особи с признаками, которые отклоняются в определённую сторону от среднего значения, получают преимущества.

- При этом иные вариации признака (его отклонения в противоположную сторону от среднего значения) подвергаются отрицательному отбору.

В результате в популяции из поколения к поколению происходит сдвиг средней величины признака в определённом направлении. При смене условий обитания благодаря этой форме отбора в популяции закрепляется фенотип, более соответствующий среде.

Такой отбор способствует закреплению новой формы взамен старой.

Классическим примером действия движущего отбора в природе служит так называемый индустриальный меланизм. В районах, не подвергавшихся индустриализации, у бабочки березовой пяденицы белая окраска соответствует светлой березовой коре. Среди светлых бабочек на стволах берез встречались и темные, но они были хорошо заметны и склевывались птицами. Развитие промышленности привело к загрязнению воздуха, и белые березы покрылись слоем копоти. Теперь на темных стволах птицы гораздо легче замечали не темных, и типичных светлых бабочек. Постепенно в загрязненных районах частота встречаемости темных (мутантных) особей резко возросли, и они стали преобладающими, хотя еще сравнительно недавно встречались исключительно редко.

Убедительный пример движущего отбора - выработка у микроорганизмов, насекомых, мышевидных грызунов устойчивости к антибиотикам и ядохимикатам. Многочисленными исследованиями

установлено, что воздействие на микроорганизмы различными антибиотиками обуславливает за относительно короткий срок устойчивость к дозам, во много раз превышающим исходную. Это объясняется тем, что антибиотики выступают в качестве фактора отбора, способствующего выживанию устойчивых к нему мутантных форм.

Благодаря быстрому размножению микроорганизмов мутантные особи увеличиваются в числе и образуют новые популяции, невосприимчивые к действию антибиотиков. Увеличение дозы или применение более сильных препаратов вновь создает условия для действия движущего отбора, в результате которого образуются все более и более устойчивые популяции микроорганизмов. Вот почему в медицине неуклонно идет поиск новых форм антибиотиков, к которым еще не приобрели устойчивости патогенные микробы.

В странах с передовой сельскохозяйственной культурой все чаще отказываются от химических средств защиты растений от вредителей (насекомых, грибков), поскольку через ограниченное число поколений движущим отбором фиксируются у вредителей мутации устойчивости к химическим веществам. Вместо химической обработки признано целесообразным через 10-12 лет заменять старый сорт новым, которого еще "не нашли" вредители.

Стабилизирующий отбор. Понятие стабилизирующего отбора ввел в науку и проанализировал И. И. Шмальгаузен.

Характеристика стабилизирующей формы естественного отбора.

- Наблюдается в том случае, если условия внешней среды длительное время остаются достаточно постоянными.

- В относительно неизменной среде преимущественно обладают типичные, хорошо приспособленные к ней особи со средним вариантом фенотипа, со средним выражением признака,

- Он устраняет из репродуктивного процесса фенотипы, уклоняющиеся от сложившейся адаптивной нормы, отличающиеся от типичных особей мутантные формы погибают.

Действие стабилизирующего отбора направлено против особей, имеющих крайние отклонения от средней нормы, в пользу особей со средней выраженностью признака.

Стабилизирующий отбор ведет к большой фенотипической однородности популяции. Если он действует длительное время, то создается



впечатление, что популяция или вид не изменяются. Однако эта неизменность кажущаяся и касается лишь внешнего облика популяции, генофонд же ее продолжает изменяться на основе появления мутаций, при этом в результате действия стабилизирующей формы отбора мутации широкой нормой реакции замещаются мутациями с тем же значением средней, но более узкой нормой реакции.

Стабилизирующая форма отбора оберегает вид от существенных изменений, т.е. стабилизирующий отбор консервативен.

Известно много примеров стабилизирующего отбора. Так, после снегопада и сильных ветров в Северной Америке было найдено 136 оглушенных, полуживых домовых воробьев, 72 из них выжили, а 64 погибли. Погибшие птицы имели или очень длинные, или очень короткие крылья. Особи со средними, "нормальными", крыльями оказались более выносливыми.

В результате действия стабилизирующей формы отбора мутации широкой нормой реакции замещаются мутациями с тем же значением средней, но более узкой нормой реакции.

Стабилизирующая форма отбора характерна и для человека. Известно, что нарушения по самым мелким 21-22-й парам хромосом ведут к наследственному заболеванию - синдрому Дауна. Если возникнут отклонения в числе и форме более крупных хромосом, это приведет к гибели оплодотворенных яйцеклеток. Самопроизвольные (спонтанные) аборт часто вызваны гибелью эмбрионов с ненормальностями в хромосомах средних размеров.

Стабилизирующий отбор в течение сотен тысяч поколений оберегает виды от существенных изменений, от разрушающего влияния мутационного процесса, выбраковывая мутантные формы. Без стабилизирующего отбора не было бы устойчивости (стабильности) в живой природе.

Напротив, стабилизирующий отбор в некоторых случаях как бы "консервирует" фенотипический облик отдельных видов организмов в течение длительного времени.

В некоторых местообитаниях абиотические условия относительно мало изменялись или даже оставались в целом стабильными в течение многих миллионов лет (таковы, например, определенные зоны морского дна). В таких условиях некоторые виды организмов могут сохранять свой фенотипический облик практически неизменным в течение значительных периодов времени. Это так называемые персистирующие формы ("живые ископаемые").

Широко известными примерами таких организмов являются равноногие рачки-щитки *Triops*, организация которых не подвергалась заметным изменениям с триасового периода (более 200 млн. лет); двустворчатые моллюски *Leda*, *Nucula*, *Modiolus*, существующие с каменноугольного периода (около 300 млн. лет); плеченогие (брахиоподы) *Lingula*, не претерпевшие изменений с девонского периода (около 380 млн. лет).

Известно, что реликтовое растение гинкго и потомок первоящеров гаттерия, а также кистеперая рыба - латимерия существует почти без изменения миллионы лет.

Характеристика дизруптивной формы естественного отбора.

- Действует при наличии разнообразия условий, одновременно встречающихся на одной территории. Одна из возможных в природе ситуаций, в которой вступает в действие дизруптивный отбор, — когда полиморфная популяция занимает неоднородное местообитание. При этом разные формы приспособляются к различным экологическим нишам или субнишам.

Благоприятствует более чем одному фенотипу, благоприятствуют двум или нескольким крайним вариантам (направлениям) изменчивости,

- Направлен против особей со средним и промежуточным характером признаков и ведет к разрыву популяции на несколько групп (по данному признаку).

В результате может появиться несколько новых форм из одной исходной. Дарвин описывал действие дизруптивного отбора, считая, что он лежит в основе дивергенции, хотя и не мог привести доказательств его существования в природе.

Дизруптивный отбор способствует возникновению и поддержанию полиморфизма популяций, а в некоторых случаях может служить причиной видообразования.

Примером дизруптивного отбора является образование двух рас у погремка большого на сенокосных лугах. В нормальных условиях сроки цветения и созревания семян у этого растения покрывают всё лето. Но на сенокосных лугах семена дают преимущественно те растения, которые успевают отцвести и созреть либо до периода покоса, либо цветут в конце лета, после покоса. В результате образуются две расы погремка — ранне- и позднецветущая.

Дизруптивный отбор осуществлялся искусственно в экспериментах с дрозофилами. Отбор проводился по числу щетинок, оставались только особи

с малым и большим количеством щетинок. В результате примерно с 30-го поколения две линии разошлись очень сильно, несмотря на то, что мухи продолжали скрещиваться между собой, осуществляя обмен генами.

#### **8.4. Макроэволюция, главные направления прогрессивной эволюции.**

Термины "микроэволюция" и "макроэволюция" были предложены Ю. А. Филипченко (1927— 29), хотя само разграничение двух этих категорий эволюционных процессов восходит к концепциям американского палеонтолога Э. Копа (1887).

Все разнообразие взглядов по происхождению надвидовых таксонов сводят к трем группам концепций: сальтационной, редуccionистской и системной.

##### *Сальтационная концепция макроэволюции*

Сальтационисты рассматривают микроэволюцию и макроэволюцию как качественно различные процессы, не имеющие между собой ничего общего. Новые крупные таксоны возникают посредством особых механизмов. Макроэволюция - результат крупных скачкообразных преобразований отдельных особей, происходящих посредством макромутаций (сальтаций), а также путем "горизонтального переноса" генетической информации от одного вида к другому.

В результате скачкообразно возникают новые виды, резко отличающиеся от родительских форм. Они же дают начало новым надвидовым таксонам. Эта концепция опирается на прерывистость палеонтологической летописи — на отсутствие во многих случаях промежуточных форм.

Наиболее давнее и уважаемое макроэволюционное учение на основе скачкообразных преобразований плана строения и организации — это учение А. Н. Северцова об ароморфозах. Концепция сальтаций неубедительна. Во-первых, всякая целостная система есть не просто собранием определенных структурных элементов, но результатом их интеграции, т. е. объединения, при котором свойства системы не равнозначны сумме свойств ее элементов.

Поэтому организмы макромутанты часто нежизнеспособны из-за нарушений корреляции органов.

Во-вторых, макромутанты мало приспособлены к среде.

##### *Редуccionистская концепция макроэволюции*

Согласно этой концепции, макроэволюция не имеет никаких собственных механизмов и полностью сводится к микроэволюционным процессам. Макроэволюция есть интегрированное выражение микроэволюционных процессов, т.е. является их суммой.

Возникновение высших категорий — не что иное, как экстраполяция процессов видообразования.

По мнению редуccionистов, накапливаясь, микроэволюционные процессы получают внешнее выражение в макроэволюционных явлениях. Логично, по мнению редуccionистов, применять термин "макроэволюция" к процессам внезапного видообразования (полиплоидное, гибридное), в результате которых сразу возникают организмы нового таксона.

#### Системная концепция макроэволюции

По этой концепции макроэволюционные преобразования складываются из микроэволюционных изменений, но не сводятся к простой сумме последних. Эволюция - это необратимое историческое развитие живой природы во времени, сопровождающееся изменением генетического состава популяций, возрастанием разнообразия организмов, формированием адаптации, образованием и вымиранием видов, преобразованием экосистем и биосферы в целом.

#### Прогресс и его роль в эволюции.

На протяжении всей истории живой природы ее развитие осуществляется от более простого к более сложному, от менее совершенного к более совершенному, т.е. эволюция носит прогрессивный характер. Таким образом, общий путь развития живой природы — от простого к сложному, от примитивного к более совершенному. Именно этот путь развития живой природы и обозначают термином «прогресс». Однако всегда закономерно возникает вопрос: почему же в современной фауне и флоре одновременно с высокоорганизованными существуют низкоорганизованные формы?

Когда подобная проблема встала перед Ж.Б. Ламарком, он вынужден был прийти к признанию постоянного самозарождения простых организмов из неорганической материи. Ч. Дарвин же считал, что существование высших и низших форм не представляет затруднений для объяснения, так как естественный отбор, или выживание наиболее приспособленных, не предполагает обязательного прогрессивного развития — он только дает преимущество тем изменениям, которые благоприятны для обладающего ими существа в сложных условиях жизни. А если от этого нет никакой пользы, то

естественный отбор или не будет вовсе совершенствовать эти формы, или усовершенствует их в очень слабой степени, так что они сохранятся на бесконечные времена на их современной низкой ступени организации.

К этой проблеме в начале 20-х гг. 20 в. обратился А.Н. Северцов. Учение о прогрессе в эволюции было в дальнейшем развито его учеником И.И. Шмальгаузенем, а также А.А. Парамоновым, А.Л. Тахтаджяном, Дж. Хаксли.

Процесс эволюции идет непрерывно в направлении максимального приспособления живых организмов к условиям окружающей среды (т. е. происходит возрастание приспособленности потомков по сравнению с предками). Такое возрастание приспособленности организмов к окружающей среде А.Н. Северцов назвал биологическим прогрессом. Постоянное возрастание приспособленности организмов обеспечивает увеличение численности, более широкое распространение данного вида (или группы видов) в пространстве и разделение на подчиненные группы.

Критериями биологического прогресса являются:

увеличение численности особей;

расширение ареала;

прогрессивная дифференциация — увеличение числа систематических групп, составляющих данный таксон.

Эволюционный смысл выделенных критериев заключается в следующем. Возникновение новых приспособлений снижает элиминацию особей, в результате средний уровень численности вида возрастает. Стойкое повышение численности потомков по сравнению с предками приводит к увеличению плотности населения, что, в свою очередь, через обострение внутривидовой конкуренции вызывает расширение ареала; этому же способствует и возрастание приспособленности. Расширение ареала приводит к тому, что вид при расселении сталкивается с новыми факторами среды, к которым необходимо приспособляться. Так происходит дифференциация вида, усиливается дивергенция, что ведет к увеличению дочерних таксонов. Таким образом, биологический прогресс — это наиболее общий путь биологической эволюции.

В работах по теории эволюции иногда встречается термин «морфофизиологический прогресс». Под морфофизиологическим прогрессом понимают усложнение и совершенствование организации живых организмов.

Регресс и его роль в эволюции. Биологический регресс — явление, противоположное биологическому прогрессу. Он характеризуется снижением

численности особей вследствие превышения смертности над рождаемостью, сужением или разрушением целостности ареала, постепенным или быстрым уменьшением видового многообразия группы. Биологический регресс может привести вид к вымиранию. Общая причина биологического регресса — отставание темпов эволюции группы от скорости изменения внешней среды. Эволюционные факторы действуют непрерывно, в результате чего происходит совершенствование приспособлений к изменяющимся условиям среды. Однако, когда условия изменяются очень резко (очень часто из-за непродуманной деятельности человека), виды не успевают сформировать соответствующие приспособления. Это приводит к сокращению численности видов, сужению их ареалов, угрозе вымирания. В состоянии биологического регресса находятся многие виды. Среди животных это, например, крупные млекопитающие, такие как уссурийский тигр, гепард, белый медведь, среди растений — гинкговые, представленные в современной флоре одним видом — гинкго двулопастным.

Морфофизиологический регресс — это упрощение в строении организмов того или иного вида в результате мутаций. Приспособления, формирующиеся на базе таких мутаций, могут при соответствующих условиях вывести группу на путь биологического прогресса, если она попадает в более узкую среду обитания. Таким путем достигли биологического прогресса многие паразитические формы.

Происхождение и развитие крупных групп организмов (типов, отделов, классов) называется макроэволюцией. Развитие живой природы от более простых форм к более сложным называется прогрессом. Выделяют биологический и морфофизиологический прогресс. Биологический прогресс характеризуется увеличением численности особей, расширением ареала, прогрессивной дифференциацией группы. Явление, противоположное прогрессу, называется регрессом. Биологический регресс может привести к вымиранию группы в целом или большей части ее видов.

Регресс часто связан с узкой специализацией и дегенеративными явлениями. В настоящее время регрессу способствует изменение среды под воздействием антропогенных факторов — настолько быстрое, что популяции не успевают изменять свою генетическую структуру.

Нужно подчеркнуть, что биологический регресс не является фатальной неизбежностью: не существует биологических законов, ограничивающих время существования таксонов.

Как уже отмечалось, А.Н. Северцов назвал эволюционные преобразования организации, ведущие к морфофизиологическому прогрессу, ароморфозами. Согласно ему, ароморфозы — это такие изменения строения и функций органов, которые имеют общее значение для организма в целом и поднимают энергию его жизнедеятельности на новый качественный уровень. Как следует из приведенных самим А. Н. Северцовым примеров, конкретное содержание ароморфозов не сводится лишь к энергетическому аспекту совершенствования организации, но охватывает любые морфофизиологические преобразования, соответствующие указанным основным критериям ароморфоза (дифференциации, интеграции, рационализации и оптимизации, интенсификации функций, повышению уровня гомеостаза, возрастанию усваиваемой информации и усовершенствованию ее обработки в организме).

Так, несомненными ароморфозами в эволюции позвоночных животных были: развитие механизма активной вентиляции жабер (жаберного насоса) у древнейших позвоночных посредством движений висцерального жаберного скелета, приобретение челюстного аппарата (с перестройкой передних жаберных дуг), интенсификация вентиляции жабер при развитии жаберной крышки у костных рыб, приобретение последними плавательного пузыря — гидростатического аппарата, позволяющего рыбам регулировать свою плавучесть; развитие у предков высших наземных позвоночных — амниот зародышевых оболочек (амниона, серо-зы, аллантаоиса), обеспечивающих возможность откладки яиц на суше; развитие мощного всасывающего (разрезающего) дыхательного насоса грудной клетки у рептилий; формирование летательного аппарата у птиц; развитие живорождения и выкармливания детенышей молоком у млекопитающих; совершенствование головного мозга у птиц, млекопитающих и человека.

Ароморфозы имеют очень высокое общее приспособительное значение, повышая независимость организма от внешней среды. В связи с этим ароморфозы ставят организмы в качественно новые отношения с внешней средой, позволяя осваивать ее ресурсы на новом уровне. Поэтому ароморфозы сохраняются в филогенезе длительное время, становясь признаками крупных таксонов. Возникающие при этом частные приспособления различных видов не затрагивают общих ароморфных признаков.

Поскольку развитие ароморфозов открывает новые возможности для освоения ресурсов внешней среды, некоторые ученые пытались, так сказать,

экологизировать концепцию арогенеза, т. е. придать ароморфозам экологическое истолкование или найти экологические критерии арогенеза. В современной научной и учебной литературе можно встретить определения ароморфозов как таких изменений организации, которые позволяют освоить новую адаптивную зону (т. е. новую среду обитания или новый способ использования ее ресурсов). Иногда при этом подчеркивают, что новая адаптивная зона должна быть шире, чем у предковой группы. Однако при таком подходе, в сущности, искажается сущность концепции А. Н. Северцова, согласно которой ароморфозы - это прежде всего морфофизиологические усовершенствования, повышающие общий уровень организации, т. е. ведущие к морфофизиологическому прогрессу. В предыдущей главе было показано, что освоение новых адаптивных зон, в том числе и более широких, чем исходные, отнюдь не обязательно связано с ароморфозом и может быть достигнуто также на пути эпектогенеза или даже катагенеза.

Между разными типами изменений организмов, связанных с различными направлениями эволюционного процесса, нет резких границ. Более того, преобразования общего значения (т. е. аро-и эпектоморфозы) обычно развиваются в филогенезе из частных приспособительных изменений — алломорфозов. Так, одним из важнейших ароморфозов в эволюции позвоночных было развитие легких - органа воздушного дыхания, позволившего освоить сушу как среду обитания и (у высших наземных позвоночных) резко повысить уровень метаболизма, вплоть до достижения гомойотермии. Напомним, однако, что легкие возникли у древних хоановых рыб как дополнительный орган дыхания, который позволяет компенсировать дефицит растворенного в воде кислорода, периодически возникавший в специфических местообитаниях этих рыб.

В этих условиях легкие сформировались как типичный алломорфоз. У потомков древних кистеперых рыб — примитивных амфибий, начавших осваивать сушу как среду обитания, легкие стали основным органом дыхания. Для земноводных усложнение строения легких и преобразования подъязычного аппарата в роли дыхательного насоса приобрели значение эпектоморфоза. Эти преобразования оказали глубокое влияние на всю организацию земноводных и открыли для них доступ в новую обширную адаптивную зону, но не привели к существенным изменениям общего уровня организации, который у земноводных по всем основным критериям в целом не выше, чем у высших костных рыб.



Наконец, для высших наземных позвоночных — амниот — высокая степень дифференциации легких и дыхательных путей и возникновение механизма всасывающего дыхательного насоса грудной клетки стали важным ароморфозом, способствовавшим значительной интенсификации газообмена и общему повышению уровня организации. Таким образом, как показал Б.С.Матвеев, один и тот же орган может иметь значение и частной адаптации, и адаптации общего значения — в зависимости от степени своего развития и общей роли в организме. В эволюции алломорфоз может преобразоваться в эпектоморфоз, а этот последний — в ароморфоз.

Идиоадаптация – представляет собой мелкие эволюционные изменения, которые повышают приспособленность организмов к определенным условиям среды обитания. В противоположность ароморфозу идиоадаптация не сопровождается изменением основных черт организации, общим подъемом ее уровня и повышением интенсивности жизнедеятельности организма. Обычно мелкие систематические группы – виды, роды, семейства – в процессе эволюции возникают путем идиоадаптации.

Идиоадаптация, также как и ароморфоз, приводит к увеличению численности вида, расширению ареала, ускорению видообразования, то есть к биологическому прогрессу.

Типичные идиоадаптации у животных – особенности строения конечностей (например, у крота, копытных, ластоногих), особенности клюва (у хищных птиц, куликов, попугаев), приспособления придонных рыб (у скатов, камбаловых), покровительственная окраска у насекомых. Примерами идиоадаптаций у растений могут служить многообразные приспособления к опылению, распространению плодов и семян.

Общая дегенерация – представляет собой эволюционные изменения, которые ведут к упрощению организации, к утрате ряда систем и органов. Дегенерация часто связана с переходом к пещерному, к сидячему или паразитическому образу жизни. Упрощение организации обычно сопровождается возникновением различных приспособлений к специфическим условиям жизни. Например, у видов, обитающих в пещерах, происходит редукция органов зрения, депигментация, снижается активность передвижения.

Примерами дегенерации является также возникновение паразитических форм. У свиного цепня, лентеца широкого и др. ленточных червей – паразитов человека и животных, нет кишечника, слабо развита нервная система. Однако

они отличаются огромной плодовитостью благодаря сильно развитым органам размножения, обладают присосками и крючками, при помощи которых держатся на стенках кишечника своего хозяина.

Общая дегенерация не исключает процветание вида. Многие группы паразитов процветают, хотя организация их претерпевает значительное упрощение. Следовательно, и дегенерация может приводить к биологическому прогрессу.

С развитием цивилизации человека причины биологического прогресса и биологического регресса все чаще связаны с изменениями, которые человек вносит в ландшафты Земли, нарушая связи живых существ со средой, сложившиеся в процессе эволюции.

Деятельность человека является мощным фактором прогресса одних видов, нередко вредных для него, и биологического регресса других, нужных и полезных ему. Например, появление насекомых, устойчивых к ядохимикатам, болезнетворных микробов, устойчивых к действию лекарств, бурное развитие сине – зеленых водорослей в сточных водах. При посевах человек вторгается в живую природу, уничтожает на больших площадях множество диких популяций, заменяя их искусственными. Усиленное истребление человеком многих видов ведет к их биологическому регрессу, который грозит им вымирание.

#### Контрольные вопросы:

1. Каковы основные предпосылки создания эволюционной теории Дарвина?
2. Каковы основные положения теории эволюции Ч.Дарвина.
3. Охарактеризуйте такие формы естественного отбора, как стабилизирующий, разрывающий, движущий.
4. Назовите основные положения синтетической теории эволюции.
5. Каковы основные пути достижения биологического прогресса?

Литература [2,3,4,6,7, 10, 11].

## ТЕМА 9. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ БИОСФЕРЫ

### 9.1. Биосфера, ее строение и границы.

В системе современного естествознания понятие биосферы занимает ключевое место и поэтому разработка учения о биосфере имеет длительную историю. Начало ее изучению положил Ж.Б. Ла-марк, который в своей книге «Гидрогеология» одним из первых обосновал идею о влиянии живых организмов на геологические процессы. Затем учению о живой природе был посвящен многотомный труд А. Гумбольдта «Космос», в котором он ввел понятие жизненной среды, понимая под ним оболочку Земли, куда входят атмосферные, морские и континентальные процессы и весь органический мир.

Сам термин «биосфера» был впервые введен в науку австрийским геологом и палеонтологом Э. Зюссом в 1875 г. Он подразумевал под биосферой самостоятельную сферу, пересекающуюся с другими земными сферами, в которой на Земле существует жизнь. Он дал определение биосферы как совокупности организмов, ограниченной в пространстве и времени и обитающей на поверхности Земли. Таким образом, первоначально понятием «биосфера» обозначалась совокупность только живых организмов. Связь живой и неживой природы трактовалась односторонне: отмечалась только зависимость живых организмов от химических, физических, геологических и других факторов, однако обратное воздействие оставалось вне поля зрения ученых.

Впервые идею о геологических функциях живого вещества, представление о совокупности всего органического мира как единого нераздельного целого высказал русский ученый В.И. Вернадский. Целью, которую поставил перед собой ученый, стало изучение влияния живых организмов на окружающую среду. Этим вопросом, в отличие от изучения воздействия среды на живые организмы, до того не занимался никто. Разумеется, заметить такое воздействие со стороны отдельного организма практически невозможно. Оно становится заметным только при рассмотрении большого числа живых существ.

Поэтому Вернадский ввел понятие живого вещества как совокупности всех живых организмов планеты, включая человека.

Биосферой называют совокупность всех живых организмов нашей планеты и те области геологических оболочек Земли, которые заселены живыми существами и подвергались в течение геологической истории их

воздействию.

### Границы биосферы.

Живые организмы неравномерно распространены в геологических оболочках Земли: литосфере, гидросфере и атмосфере (рис. 1). Поэтому биосфера сейчас включает верхнюю часть литосферы, всю гидросферу и нижнюю часть атмосферы.

Литосфера - это верхняя твердая оболочка Земли. Ее толщина колеблется в пределах 50–200 км. Распространение жизни в ней ограничено и резко уменьшается с глубиной. Подавляющее количество видов сосредоточено в верхнем слое, имеющем толщину в несколько десятков сантиметров. Некоторые виды проникают в глубину на несколько метров или десятков метров (роющие животные — кроты, черви; бактерии; корни растений). Наибольшая глубина, на которой были обнаружены некоторые виды бактерий, составляет 3–4 км (в подземных водах и нефтеносных горизонтах). Распространению жизни в глубь литосферы препятствуют различные факторы. Проникновение растений невозможно из-за отсутствия света. Для всех форм жизни существенными препонами служат и возрастающие с глубиной плотность среды и температура. В среднем температурный прирост составляет около 3 °С на каждые 100 м. Именно поэтому нижней границей распространения жизни в литосфере считают трехкилометровую глубину, (где температура достигает около +100 °С).

Гидросфера — водная оболочка Земли, представляет собой совокупность океанов, морей, озер и рек. В отличие от литосферы и атмосферы она полностью освоена живыми организмами. Даже на дне Мирового океана, на глубинах около 12 км, были обнаружены разнообразные виды живых существ (животные, бактерии). Однако основная масса видов обитает в гидросфере в пределах 150–200 м от поверхности. Это связано с тем, что до такой глубины проникает свет. Следовательно, в более низких горизонтах невозможно существование растений и многих видов, зависящих в питании от растений. Распространение организмов на больших глубинах обеспечивается за счет постоянного «дождя» экскрементов, остатков мертвых организмов, падающих из верхних слоев, а также хищничества. Гидробионты обитают как в пресной, так и в соленой воде и по месту обитания делятся на 3 группы:

1) планктон — организмы, живущие на поверхности водоемов и пассивно передвигающиеся за счет движения воды;

- 2) нектон — активно передвигающиеся в толще воды;
- 3) бентос — организмы, обитающие на дне водоемов или зарывающиеся в ил.

Атмосфера — газовая оболочка Земли, имеющая определенный химический состав: около 78 % азота, 21 — кислорода, 1 — аргона и 0,03 % углекислого газа. В биосферу входят лишь самые нижние слои атмосферы. Жизнь в них не может существовать без непосредственной связи с литосферой и гидросферой. Крупные древесные растения достигают нескольких десятков метров в высоту, располагая вверх свои кроны. На сотни метров поднимаются летающие животные — насекомые, птицы, летучие мыши. Некоторые виды хищных птиц поднимаются на 3–5 км над поверхностью Земли, высматривая свою добычу. Наконец, восходящими воздушными потоками пассивно заносятся на десятки километров вверх бактерии, споры растений, грибов, семена. Однако все перечисленные летающие организмы или занесенные бактерии лишь временно находятся в атмосфере. Нет организмов, постоянно живущих в воздухе.

Верхней границей биосферы принято считать озоновый слой, располагающийся на высоте от 30 до 50 км над поверхностью Земли. Он защищает все живое на нашей планете от мощного ультрафиолетового солнечного излучения, в значительной мере поглощая эти лучи. Выше озонового слоя существование жизни невозможно.

Таким образом, основная часть видов живых организмов сосредоточена на границах атмосферы и литосферы, атмосферы и гидросферы, образуя относительно «тонкую пленку жизни» на поверхности нашей планеты.

Биосфера — это глобальная экологическая система, состоящая из множества экосистем более низкого ранга, биогеоценозов, взаимодействием которых друг с другом и обусловлена ее целостность. Действительно, биогеоценозы существуют не изолированно — между ними существуют непосредственные связи и отношения. Например, в водные биогеоценозы ветром, дождями, талыми водами выносятся из наземных экосистем минеральные и органические вещества. Может происходить перемещение организмов из одного биогеоценоза в другой (например, сезонные миграции животных). И наконец, всех объединяет атмосфера Земли, служащая общим резервуаром для живых существ.

В нее поступают кислород (выделяемый растениями в процессе фотосинтеза) и углекислый газ (образуемый в процессе дыхания аэробных

организмов). Из атмосферы же растения всех экосистем черпают углекислый газ, необходимый им в процессе фотосинтеза, а все дышащие организмы получают кислород. Строение и функционирование биосферы. Биосфера — это глобальная экологическая система, состоящая из множества экосистем более низкого ранга, биогеоценозов, взаимодействием которых друг с другом и обусловлена ее целостность. Действительно, биогеоценозы существуют не изолированно — между ними существуют непосредственные связи и отношения. Например, в водные биогеоценозы ветром, дождями, тальмими водами выносятся из наземных экосистем минеральные и органические вещества. Может происходить перемещение организмов из одного биогеоценоза в другой (например, сезонные миграции животных). И наконец, всех объединяет атмосфера Земли, служащая общим резервуаром для живых существ. В нее поступают кислород (выделяемый растениями в процессе фотосинтеза) и углекислый газ (образуемый в процессе дыхания аэробных организмов). Из атмосферы же растения всех экосистем черпают углекислый газ, необходимый им в процессе фотосинтеза, а все дышащие организмы получают кислород.

## **9.2. Свойства и функции живого вещества.**

Термин живое вещество введен в литературу В. И. Вернадским. Под ним он понимал совокупность всех живых организмов, выраженную через массу, энергию и химический состав.

Вещества неживой природы относятся к косным (например, минералы). В природе, кроме этого, довольно широко представлены биокосные вещества, образование и сложение которых обуславливается живыми и косными составляющими (например, почвы, воды).

Живое вещество - основа биосферы, хотя и составляет крайне незначительную ее часть. Если его выделить в чистом виде и распределить равномерно по поверхности Земли, то это будет слой около 2 см или крайне незначительная доля от объема всей биосферы, толща которой измеряется десятками километров. В чем же причина столь высокой химической активности и геологической роли живого вещества?

Прежде всего это связано с тем, что живые организмы, благодаря биологическим катализаторам (ферментам), совершают, по выражению академика Л. С. Берга, с физико-химической точки зрения что-то невероятное. Например, они способны фиксировать в своем теле молекулярный азот атмосферы при обычных для природной среды значениях температуры и

давления. В промышленных условиях связывание атмосферного азота до аммиака требует температуры порядка  $500^{\circ}\text{C}$  и давления 300-500 атмосфер.

В живых организмах на порядок или несколько порядков увеличиваются скорости химических реакций в процессе обмена веществ. В. И. Вернадский в связи с этим живое вещество назвал чрезвычайно активизированной материей.

Свойства живого вещества. К основным уникальным особенностям живого вещества, обуславливающим его крайне высокую средообразующую деятельность, можно отнести следующие:

1. Способность быстро занимать (осваивать) все свободное пространство. В. И. Вернадский назвал это «всюдностью» жизни. Данное свойство дало основание В. И. Вернадскому сделать вывод, что для определенных геологических периодов количество живого вещества было примерно постоянным (константой). Способность быстрого освоения пространства связана как с интенсивным размножением (некоторые простейшие формы организмов могли бы освоить весь земной шар за несколько часов или дней, если бы не было факторов, сдерживающих их потенциальные возможности размножения), так и со способностью организмов интенсивно увеличивать поверхность своего тела или образуемых ими сообществ. Например, площадь листьев растений, произрастающих на 1 га, составляет 8-10 га и более. То же относится к корневым системам.

2. Движение не только пассивное (под действием силы тяжести, гравитационных сил и т. п.), но и активное. Например, против течения воды, силы тяжести, движения воздушных потоков и т. п.

3. Устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти (включение в круговороты), сохраняя при этом высокую физико-химическую активность.

4. Высокая приспособительная способность (адаптация) к различным условиям и в связи с этим освоение не только всех сред жизни (водной, наземно-воздушной, почвенной, организменной), но и крайне трудных по физико-химическим параметрам условий. Например, некоторые организмы выносят температуры, близкие к значениям абсолютного нуля -  $273^{\circ}\text{C}$ , микроорганизмы встречаются в термальных источниках с температурами до  $140^{\circ}\text{C}$ , в водах атомных реакторов, в бескислородной среде, в ледовых панцирях и т. п.

5. Феноменально высокая скорость протекания реакций. Она на несколько порядков (в сотни, тысячи раз) значительно превышает, чем в неживом

веществе. Об этом свойстве можно судить по скорости переработки вещества организмами в процессе жизнедеятельности. Например, гусеницы некоторых насекомых потребляют за день количество пищи, которое в 100-200 раз больше веса их тела. Особенно активны организмы-грунтоеды. Дождевые черви (масса их тел примерно в 10 раз больше биомассы всего человечества) за 150-200 лет пропускают через свои организмы весь однометровый слой почвы. Такие же явления имеют место в донных отложениях океана. Слой донных отложений здесь может быть представлен продуктами жизнедеятельности кольчатых червей (полихет) и достигать нескольких метров. Колоссальную роль по преобразованию вещества выполняют организмы, для которых характерен фильтрационный тип питания. Они освобождают водные массы от взвесей, склеивая их в небольшие агрегаты и осаждая на дно.

Впечатляют примеры чисто механической деятельности некоторых организмов, например, роющих животных (сурков, сусликов и др.), которые в результате переработки больших масс грунта создают своеобразный ландшафт. По представлениям В. И. Вернадского, практически все осадочные породы, а это слой до 3 км, на 95-99% переработаны живыми организмами. Даже такие колоссальные запасы воды, которые имеются в биосфере, разлагаются в процессе фотосинтеза за 5-6 млн. лет, углекислота же проходит через живые организмы в процессе фотосинтеза каждые 6-7 лет.

6. Высокая скорость обновления живого вещества. Подсчитано, что в среднем для биосферы она составляет 8 лет, при этом для суши - 14 лет, а для океана, где преобладают организмы с коротким периодом жизни (например, планктон), - 33 дня. В результате высокой скорости обновления за всю историю существования жизни общая масса живого вещества, прошедшего через биосферу, примерно в 12 раз превышает массу Земли. Только небольшая часть его (доли процента) законсервирована в виде органических остатков (по выражению В. И. Вернадского, «ушла в геологию»), остальная же включилась в процессы круговорота.

Все перечисленные и другие свойства живого вещества обуславливаются концентрацией в нем больших запасов энергии. Согласно В. И. Вернадскому, по энергетической насыщенности с живым веществом может соперничать только лава, образующаяся при извержении вулканов.

Средообразующие функции живого вещества. Вся деятельность живых организмов в биосфере можно, с определенной долей условности, свести к



нескольким основополагающим функциям, которые позволяют значительно дополнить представление об их преобразующей биосферно-геологической роли.

В. И. Вернадский выделял девять функций живого вещества: газовую, кислородную, окислительную, кальциевую, восстановительную, концентрационную и другие. В настоящее время название этих функций несколько изменено, некоторые из них объединены. Мы приводим их в соответствии с классификацией А. В. Лапо (1987).

1. Энергетическая. Связана с запасанием энергии в процессе фотосинтеза, передачей ее по цепям питания, рассеиванием. Эта функция - одна из важнейших и будет подробнее рассмотрена в разделе IV.4 - энергетика экосистем.

Энергетическая функция живого вещества нашла отражение в двух биогеохимических принципах, сформулированных В.И.Вернадским. В соответствии с первым из них геохимическая биогенная энергия стремится в биосфере к максимальному проявлению. Вторым принципом гласит, что в процессе эволюции выживают те организмы, которые своей жизнью увеличивают геохимическую энергию.

2. Газовая - способность изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом. В частности, включение углерода в процессы фотосинтеза, а затем в цепи питания обуславливало аккумуляцию его в биогенном веществе (органические остатки, известняки и т. п.) В результате этого шло постепенное уменьшение содержания углерода и его соединений, прежде всего двуокиси ( $\text{CO}_2$ ) в атмосфере с десятков процентов до современных 0,03%. Это же относится к накоплению в атмосфере кислорода, синтезу озона и другим процессам.

С газовой функцией в настоящее время связывают два переломных периода (точки) в развитии биосферы. Первая из них относится ко времени, когда содержание кислорода в атмосфере достигло примерно 1% от современного уровня (первая точка Пастера). Это обусловило появление первых аэробных организмов (способных жить только в среде, содержащей кислород). С этого времени восстановительные процессы в биосфере стали дополняться окислительными. Это произошло примерно 1,2 млрд. лет назад. Вторым переломным периодом в содержании кислорода связывают со временем, когда концентрация его достигла примерно 10% от современной (вторая точка Пастера). Это создало условия для синтеза озона и образования озонового

экрана в верхних слоях атмосферы, что обусловило возможность освоения организмами суши (до этого функцию защиты организмов от губительных ультрафиолетовых лучей выполняла вода, под слоем которой возможна была жизнь).

3. Окислительно-восстановительная. Связана с интенсификацией под влиянием живого вещества процессов как окисления, благодаря обогащению среды кислородом, так и восстановления прежде всего в тех случаях, когда идет разложение органических веществ при дефиците кислорода. Восстановительные процессы обычно сопровождаются образованием и накоплением сероводорода, а также метана. Это, в частности, делает практически безжизненными глубинные слои болот, а также значительные придонные толщи воды (например, в Черном море). Данный процесс в связи с деятельностью человека прогрессирует.

4. Концентрационная - способность организмов концентрировать в своем теле рассеянные химические элементы, повышая их содержание по сравнению с окружающей организмы средой на несколько порядков (по марганцу, например, в теле отдельных организмов - в миллионы раз). Результат концентрационной деятельности - залежи горючих ископаемых, известняки, рудные месторождения и т. п. Эту функцию живого вещества всесторонне изучает наука биоминералогия. Организмы-концентраторы используются для решения конкретных прикладных вопросов, например, для обогащения руд интересующими человека химическими элементами или соединениями.

5. Деструктивная - разрушение организмами и продуктами их жизнедеятельности как самих остатков органического вещества, так и косных веществ. Основной механизм этой функции связан с круговоротом веществ. Наиболее существенную роль в этом отношении выполняют низшие формы жизни - грибы, бактерии (деструкторы, редуценты).

6. Транспортная - перенос вещества и энергии в результате активной формы движения организмов. Часто такой перенос осуществляется на колоссальные расстояния, например, при миграциях и кочевках животных. С транспортной функцией в значительной мере связана концентрационная роль сообществ организмов, например, в местах их скопления (птичьи базары и другие колониальные поселения).

7. Средообразующая. Эта функция является в значительной мере интегративной (результат совместного действия других функций). С ней в

конечном счете связано преобразование физико-химических параметров среды. Эту функцию можно рассматривать в широком и более узком планах.

В широком понимании результатом данной функции является вся природная среда. Она создана живыми организмами, они же и поддерживают в относительно стабильном состоянии ее параметры практически во всех геосферах.

В более узком плане средообразующая функция живого вещества проявляется, например, в образовании почв. В. И. Вернадский, как отмечалось выше, почву называл биокосным телом, подчеркивая тем самым большую роль живых организмов в ее создании и существовании. Роль живых организмов в образовании почв убедительно показал Ч. Дарвин в работе «Образование растительного слоя земли деятельностью дождевых червей». Известный ученый В. В. Докучаев назвал почву «зеркалом ландшафта», подчеркивая тем самым, что она продукт основного ландшафтообразующего элемента - биоценозов и, прежде всего, растительного покрова.

Локальная средообразующая деятельность живых организмов и особенно их сообществ проявляется также в трансформации ими метеорологических параметров среды. Это прежде всего относится к сообществам с большой массой органического вещества (биомассой). Например, в лесных сообществах микроклимат существенно отличается от открытых (полевых) пространств. Здесь меньше суточные и годовые колебания температур, выше влажность воздуха, ниже содержание углекислоты в атмосфере на уровне полога, насыщенного листьями (результат фотосинтеза), и повышенное ее количество в припочвенном слое (следствие интенсивно идущих процессов разложения органического вещества на почве и в верхних горизонтах почвы).

8. Наряду с концентрационной функцией живого вещества выделяется противоположная ей по результатам - рассеивающая. Она проявляется через трофическую (питательную) и транспортную деятельность организмов. Например, рассеивание вещества при выделении организмами экскрементов, гибели организмов при разного рода перемещениях в пространстве, смене покровов. Железо гемоглобина крови рассеивается, например, кровососущими насекомыми и т. п.

Важна также информационная функция живого вещества, выражающаяся в том, что живые организмы и их сообщества накапливают определенную информацию, закрепляют ее в наследственных структурах и

затем передают последующим поколениям. Это одно из проявлений адаптационных механизмов.

В обобщающем виде роль живого вещества сформулирована геохимиком А. Н. Перельманом в виде «Закона биогенной миграции атомов» (В. И. Вернадского): «Миграция химических элементов на земной поверхности и в биосфере в целом осуществляется или при непосредственном участии живого вещества, или же она протекает в среде, геохимические особенности которой обусловлены живым веществом...» В соответствии с этим законом понимание процессов, протекающих в биосфере, невозможно без учета биотических и биогенных факторов. Воздействуя на живое население Земли, люди тем самым изменяют условия миграции атомов, а, следовательно, воздействуют на основополагающие геологические процессы.

### **9.3. Биогеоценозы и экосистемы как элементарные ячейки биосферы**

Биогеоценозом называют однородную участок земной поверхности с определенным составом организмов, населяющих ее (бактерий, растений, животных, грибов), и комплексом абиотических компонентов (почвой, воздухом, солнечной энергией и другими), которые связываются обменом вещества и энергии в единую природную систему. Составляющие биогеоценоза - это биотоп - однородный по абиотическим факторам среды пространство - и биоценоз - совокупность всех представленных в рамках данного биотопа организмов. Функциональные составляющие биоценоза: совокупность всех продуцентов данного биотопа (высшие растения, водоросли, автотрофные бактерии) - так называемый фитоценоз; совокупность животных-консументов - зооценоз; совокупность редуцентов (бактерий и грибов-сапротрофы) - микробиоценозах. Границы биогеоценоза определяются границами фитоценоза, т.е. контуру однородной растительности, поскольку именно растения-продуценты являются первым звеном трофических цепей биогеоценоза. Биогеоценозы водоемов называют также биогидроценозами.

составом организмов, населяющих ее (бактерий, растений, животных, грибов), и комплексом абиотических компонентов (почвой, воздухом, солнечной энергией и другими), которые связываются обменом вещества и энергии в единую природную систему. Составляющие биогеоценоза - это биотоп - однородный по абиотическим факторам среды пространство - и биоценоз - совокупность всех представленных в рамках данного биотопа организмов. Функциональные составляющие биоценоза: совокупность всех продуцентов

данного биотопа (высшие растения, водоросли, автотрофные бактерии) - так называемый фитоценоз; совокупность животных-консументов - зооценоз; совокупность редуцентов (бактерий и грибов-сапротрофы) - микробиоценозах. Границы биогеоценоза определяются границами фитоценоза, т.е. контуры однородной растительности, поскольку именно растения-продуценты являются первым звеном трофических цепей биогеоценоза. Биогеоценозы водоемов называют также биогидроценозами.

Размеры конкретных биогеоценозов колеблются в довольно широких пределах: В пустынях площадь биогеоценоза составляет сотни тысяч квадратных метров (например, такыры и барханные пески площадь одного лесного биогеоценоза - обычно от нескольких сотен до нескольких десятков тысяч квадратных метров (например, березовая роща в дубовом лесу);

Луговые и степные биогеоценозы еще меньше - до нескольких десятков, изредка - сотен квадратных метров.

Каждый биогеоценоз характеризуется биомассой и производительностью, имеет свою определенную пространственную и видовую структуры, определенную совокупность цепей питания, которые связываются потоками вещества и энергии в специфическую для данного биогеоценоза трофическую сеть и определяют его информативность.

Биомасса и продуктивность биогеоценоза.

Биомассой называют количество живого вещества на единицу площади в момент наблюдения. Это один из важнейших статических показателей биогеоценоза. Общая биомасса определяется суммой биомасс всех популяций, населяющих данный биогеоценоз. Чаще единицу биомассы берут 1 г сухого (реже - сырой) органического вещества на 1 м<sup>2</sup>.

Биомасса биогеоценозов различных типов колеблется в широких пределах. Производительностью называют способность живого вещества создавать, преобразовывать и накапливать органическое вещество (биомасса). В отличие от биомассы - это динамический показатель биогеоценоза.

В хорошо сформированных, стабильных биогеоценозах, таких как старые дубовые леса, ковыльные степи, лишайниковые тундры, органическое вещество почти не аккумулируется. Здесь первичная продукция практически равна деструкции, т.е. все, что синтезируется растениями, вполне потребляется животными, грибами, бактериями и разлагается до минеральных веществ, которые вновь используются продуцентами и возвращаются к биологическому круговороту.

В биогеоценозах, находящихся на стадии развития (так называемые сукцесийных биогеоценозы, например, песчаные речные косы, зарастают), первичная продукция превышает деструкцию, т.е. происходит аккумуляция органического вещества. В процессе накопления органического вещества первые, примитивные биогеоценозы заменяются более сложными, устойчивыми и продуктивными (например, песчаные речные косы со временем превращаются в пойменные луга). Когда наконец биогеоценоз достигает стабильного (климаксного) состояния, деструкция уравнивает первичную продукцию, и аккумуляция органического вещества почти прекращается.

Однако, когда человек занимает земли под агроценозы, она начинает с урожаем изымать из биотопа биогенные элементы, которые были накоплены в гумусе предыдущим «диким» биогеоценозом, а затем использованы культурными растениями. Это нарушает сбалансированный круговорот - питательные вещества, связанные в виде органического вещества урожая, в экосистему уже не возвращаются, и через их недостаток почва начинает терять плодородие. Производительность агроценоза уменьшается. Для компенсации выноса элементов минерального питания в почвы агроценозов необходимо вносить минеральные удобрения, причем в том количестве, которое равняется количеству изъятых с урожаем биогенных элементов

#### **9.4. Ноосфера. Предпосылки создания ноосферы**

Современная биосфера является результатом длительной эволюции всего органического мира и неживой природы нашей планеты. В ее эволюции принимает участие и сам человек, воздействие которого на природу постоянно усиливается и по своим масштабам сегодня превосходит действие геологических процессов. Биосфера Земли все больше становится управляемой человеческим разумом, постепенно превращаясь в ноосферу.

Еще в 1920—1930 гг. В.И. Вернадский, размышляя о геологической роли человека, вооруженного научной мыслью (разумом), пришел к выводу, что геохимическая роль человека определяется не его массой (хотя численность человечества постоянно растет), а производственной деятельностью. Это значит, что важнейшим фактором, от которого зависит жизнь на нашей планете, становится разумная коллективная деятельность человека.

Для Вернадского было очевидным, что биосфера под влиянием разумной человеческой деятельности переходит в качественно новое состояние.

Это новое состояние биосферы, преобразованной человеческой мыслью и трудом, Вернадский назвал ноосферой.

Существенной характеристикой ноосферы является поддержание глобального равновесия системы на основе оптимального сочетания социально-исторических и естественно-природных законов.

Сам термин «ноосфера» (от греч. слова *noos* — разум в прямом переводе означает «сфера разума»). В широкий научный обиход этот термин был введен французскими учеными и философами Э. Леруа и П. Тейяром де Шарденом, которые, по их собственному признанию, впервые использовали его после парижских лекций В.И. Вернадского 1922—1926 гг. Вернадский, знакомый с ними, тоже стал использовать данный термин. Однако если французские ученые понимали под ноосферой некий «мыслящий пласт», который устанавливается в земной жизни, в жизни людей под влиянием «Центра-Омеги» (Бога), то Вернадский подходил к идее ноосферы с сугубо материалистических позиций. Концепция ноосферы Вернадского явилась логическим завершением многолетней работы ученого над проблемами живого вещества и биосферы.

С появлением человека на Земле начинается процесс ноосферогенеза - превращения биосферы в ноосферу. По мнению Вернадского, появление и существование человека в биосфере определяет высшую ступень ее развития. Само появление человека представляет собой переход от простого биологического приспособления живых организмов к разумному поведению и целенаправленному изменению окружающей среды разумными существами. Живое вещество планеты при этом активно приспосабливается к новым условиям существования. Происходит взаимное совместное влияние природы на человека и человека на природу, и человек теперь несет ответственность за эволюцию жизни.

#### Необходимые предпосылки для создания ноосферы

Развивая свои представления и идеи о взаимосвязи биосферы и человека, Вернадский выделил необходимые предпосылки для создания ноосферы.

Человечество стало единым целым, заселив при этом всю планету. В начале XXI в. события, произошедшие в захолустном уголке любой точки

любого континента или океана, отражаются и имеют следствия — большие и малые — в ряде других мест, всюду на поверхности Земли. Можно отметить, что данное условие выполнено. На Земле не осталось ни одного уголка, не подвергнувшегося в той или иной степени воздействию человека. Более того, человек вышел в космос, расширив верхнюю границу биосферы.

Появились различные международные организации, которые обеспечивают сотрудничество разных государств в различных сферах деятельности. Это способствует сближению взглядов народов разных стран на пути развития всего человечества. Преобразование средств связи и обмена информацией, которые сегодня обеспечивают мгновенную ее передачу. С помощью радио, телевидения, системы Интернет мы моментально узнаем о событиях в любой точке земного шара. Таким образом, данное условие также можно считать выполненным.

Развитие энергетики, открытие и использование новых видов энергии, необходимых для подъема уровня жизни. Это условие выполняется. В XX в. человек стал использовать в качестве источника энергии не только воду, ветер, уголь, нефть и газ, но и ядерную энергию. Кроме того, есть электростанции, использующие энергию приливов и геотермальных (подземных горячих) вод, идет работа по созданию термоядерных электростанций.

Исключение войн из жизни общества. Это условие Вернадский считал очень важным для создания ноосферы. К сожалению, пока человечество не может обходиться без войн. В XX в. мы пережили две мировые войны и долгое время балансировали на грани третьей мировой войны — глобального ядерного конфликта. В настоящее время эта угроза отодвинулась, хотя полностью исключить такую возможность нельзя. Не обходится человечество и без локальных войн, которые постоянно идут в разных уголках земного шара, и в этих войнах каждый день гибнут люди.

Таким образом, мы видим, что часть предпосылок, перечисленных Вернадским, уже существует, но некоторые проблемы нам еще предстоит решить. Важно отметить, что создание предпосылок перехода к ноосфере стало возможным только в результате взрыва научной мысли в XX в.

Поэтому ноосферу следует рассматривать как высшую стадию развития биосферы, связанную с возникновением и развитием в ней человеческого общества, которое, познавая законы природы, становится крупнейшей планетарной силой, превышающей по своим масштабам все известные



геологические процессы. Становление ноосферы теснейшим образом связано с овладением всеми формами движения материи и созданием новых живых организмов с помощью методов и средств биотехнологии и генной инженерии.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятия биосфера.
2. Как развивались представления о биосфере?
3. Охарактеризуйте функции живого вещества в биосфере.
4. Дайте определение понятию биогеоценоз. Как определяются границы биогеоценоза?
5. Каковы представления Вернадского о ноосфере?

Литература [2,3,4,6,7].

## **ТЕМА 10. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

### **10.1. Основные направления охраны природы.**

Рациональное природопользование представляет собой возможность управления природными экосистемами с целью:

- обеспечения и дальнейшего улучшения существования человеческого общества;
- максимального использования всех необходимых природных ресурсов;
- предотвращения, снижения и уничтожения возможных негативных последствий человеческой деятельности.

Важнейшим условием рационального природопользования является осуществление охраны природы — комплекса мероприятий, направленных на рациональное использование, воспроизводство и сохранение природных ресурсов Земли и космического пространства.

Основные направления охраны природы и рационального природопользования

Основные направления охраны природы:

охрана природы в процессе ее использования — необходима в связи с тем, что природа и общество едины, а значит, использование и охрана природы взаимосвязаны;

комплексный подход к использованию природных ресурсов — их использование сразу в нескольких целях;

рациональный подход к природным ресурсам — ориентация на особенности конкретного региона при их использовании;

экологический подход — учет всех взаимосвязей в экосистемах как при использовании, так и при охране природных ресурсов.

Рациональное использование природных ресурсов и природоохранные мероприятия специфичны для каждого вида ресурсов — воды, воздуха, земли, недр, растительного и животного мира. Все они сегодня закреплены в соответствующих разделах международного права и законодательствах отдельных государств. Тем не менее, этого мало. Необходимы меры воспитательного характера, чтобы каждый человек осознал свою личную ответственность перед потомками за состояние оставленной им среды обитания.

#### Рациональное использование и охрана земель.

Рациональное использование и охрана земель, прежде всего, предусматривает охрану почвы. В систему мероприятий по ее защите входят:

защита почв от эрозии, которая требует проведения правильно выбранных агротехнических мероприятий (способа обработки земель), создания ветроустойчивого поверхностного слоя, снегозадержания, лесомелиорации и гидротехнических сооружений;

охрана почв от засоления и заболачивания, которая предусматривает дренаж территории, создание лесополос по каналам и трехъярусной вспашки земель;

защита почв от загрязнения отходами животноводства, удобрениями, бытовыми и промышленными стоками и отходами. Для этого требуется установка очистных сооружений и разумное использование химикатов при обработке почв;

закрепление и освоение песков;

- рекультивация земель — восстановление разрушенных земель.

Помимо перечисленных мероприятий очень важным является повышение плодородия почвы, что предусматривает внесение в нее удобрений, прежде всего, минеральных — калийных, фосфорных, азотных удобрений, а также микроэлементов.

До недавнего времени внесение удобрений производилось «на глазок», что часто было неэффективным, а также приводило к загрязнению почвы химикатами. При таком подходе также было возможно отравление людей химикатами, сохранявшимися в продуктах сельского хозяйства. Сегодня дозы

вносимых удобрений и сроки их внесения рассчитываются на основе биохимического анализа почвы с учетом специфики выращиваемой культуры, погодных и климатических условий и т.п. При этом практически исключено загрязнение окружающей среды и опасное накопление химических соединений в продукции. Напротив, оптимальное количество удобрений, внесенное в нужные сроки, служит основой выращивания высококачественной сельскохозяйственной продукции. Не следует забывать, что сегодня более трети населения Земли питается за счет урожая, выращиваемого с применением минеральных удобрений.

#### Рациональное использование и охрана недр.

Рациональное использование и охрана недр связана с тем, что минеральные ресурсы относятся к разряду исчерпаемых. Кроме того, разработка месторождений полезных ископаемых влияет на другие природные ресурсы — почвы, воды, леса и т.д. В этом направлении должны проводиться следующие мероприятия:

комплексное применение полезных ископаемых (большинство руд кроме основного компонента содержат другие ценные соединения, которые необходимо использовать);

правильно выбранный способ транспортировки и переработки сырья, дающий минимальные потери;

утилизация отходов продуктов переработки (при этом извлекается дополнительное количество ценных компонентов, например, цветные металлы из шлаков. Помимо получения дополнительного сырья это предотвращает загрязнение окружающей среды).

#### Рациональное использование и охрана водных ресурсов.

Как уже было отмечено выше, запасы пресной воды, которая в основном используется для бытовых и промышленных нужд, не безграничны. Поэтому здесь предусматриваются следующие мероприятия:

создание замкнутых циклов, позволяющих многократно использовать воду, не загрязняя при этом окружающую среду. Замкнутые циклы позволяют в десятки раз сократить количество воды, необходимое для промышленных целей;

создание эффективных систем очистки воды, как промышленных, так и бытовых стоков. Сегодня проводится механическая (с помощью фильтров), физико-химическая (хлорирование или озонирование воды) и биологическая очистка воды. Перспективным направлением считается биологическая очистка

вод, представляющая собой разрушение органических веществ микроорганизмами, содержащимися, например, в активном иле. Помимо этого, очистка сточных вод позволяет получить ценные компоненты, которые можно использовать в производстве;

- экономия воды — избежание ее потерь из-за неисправности труб, оборудования, а также создание нового оборудования, которому требуется меньшее количество воды для обслуживания.

#### Рациональное использование и охрана воздушной среды.

Основными источниками загрязнения воздуха являются промышленная деятельность человека и автотранспорт (соединениями серы, фтора, углекислым и угарным газами. Содержание вредных веществ в атмосфере оценивается по предельно допустимым концентрациям (ПДК), которые установлены законодательно. Для избежания превышения ПДК требуются:

установка фильтров на промышленных трубах, которые не только препятствуют загрязнению воздуха, но и позволяют экономить сырье и возвращать в производство многие ценные продукты, полученные при фильтрации;

улучшение существующих и внедрение новых технологий — разработка мероприятий по правильному сжиганию топлива, переход на газифицированное центральное отопление и новые производства, дающие меньшее количество отходов, разработка электромобилей и т.д.;

улучшение состава топлива;

рациональное размещение источников вредных выбросов (с учетом розы ветров, расположения жилых построек и т.п.);

правильная планировка городов и зеленых насаждений — деревья очищают воздух от взвешенных в нем жидких и твердых частиц (аэрозолей), поглощают вредные газы. Например, сернистый газ хорошо поглощается тополем, липой, кленом, конским каштаном; фенолы — сиренью, шелковицей, бузиной и т.д. Кроме того, зеленые насаждения и правильно спланированные постройки поглощают до 20% шумов, которые также являются факторами, загрязняющими окружающую среду, и вызывают раздражение нервной системы, расстройство слуха и т.д.

Рациональное использование и охрана растительности

Существование животных и человека невозможно без растений, дающих кислород и пищу. Поэтому охрана растений является одной из основных задач

рационального природопользования, которое осуществляется в следующих направлениях:

борьба с лесными пожарами — леса представляют собой сложнейшие экосистемы, оказывающие влияние на климат, улучшающие его. Леса дают 60% биологически активного кислорода, способствуют сохранению водных ресурсов, поэтому так важно сохранять леса и преумножать их;

борьба с вредителями и болезнями леса;

защитное лесоразведение;

охрана природных сенокосов и пастбищ;

охрана отдельных видов растений — этому способствует создание заповедников, а также запрещение сбора редких и исчезающих видов растений, занесенных в Красную книгу.

Новые способы защиты растений, используемых человеком в качестве пищи и промышленного сырья, — это, по сути дела, проблема увеличения продовольственных ресурсов, так как традиционные способы ее решения, связанные с совершенствованием технологии производства и хранения продукции, уже исчерпаны.

Наиболее перспективным направлением являются исследования в области молекулярной биологии, в результате которых созданы новые средства контроля за размножением вредителей сельского хозяйства и получены питательные вещества нового типа. Еще недавно основное внимание уделялось поиску химических соединений для уничтожения вредных насекомых, при этом ученые мирились с тем, что эти вещества нарушают природный биологический баланс и засоряют окружающую среду. Сегодня же основное внимание уделяется таким способам контроля (а не уничтожения) за вредителями, которые не опасны для природы даже при длительном применении. С этой целью активно используется генная инженерия.

Результатом подобных исследований стало создание регуляторов роста (гормонов) — химических соединений, в небольших количествах, влияющих на размер, внешний вид и форму растений и животных. Так, на основе синтеза гормона ауксина было налажено производство гербицидов. Синтезированы гормоны, стимулирующие быстрое развитие цветочных букетов (гиббереллин), ускоряющие прорастание семян и препятствующие процессу старения (цитокинин).

Поскольку многие насекомые наносят существенный вред сельскому

хозяйству, очень важным направлением исследований является изучение биохимических процессов, управляющих ростом насекомых. Это позволяет организовать борьбу с вредителями, не прибегая к их полному уничтожению. Учеными были выделены, изучены, а затем синтезированы гормоны, вызывающие задержку в развитии насекомых на ранней стадии. Созданные таким образом вещества широко применяются для уничтожения личинок блох, мух и moskitov.

Кроме того, были изучены вещества, которые вырабатываются самими растениями для защиты от насекомых, бактерий, грибов и вирусов, и на их основе созданы вещества-антифиданты, даже очень малые концентрации которых заставляют насекомых отказываться от пищи. Таков, например, препарат азадирактин, применяемый против саранчи.

Также были изучены феромоны — выделяемые в организме насекомых вещества, провоцирующие специфическое поведение: спаривание, поведение при опасности и т.д. Результатом этих исследований стало создание специальных ловушек с феромонами, которые были установлены в лесах Норвегии и Швеции. В них ежегодно попадало около 4 млрд. особей жучков, паразитирующих на коре хвойных деревьев.

Создаются учеными и новые виды пестицидов — веществ, применяемых для увеличения производства продуктов питания, волокна и профилактики против распространения насекомыми болезней человека и домашнего скота. Среди них — инсектициды, применяемые для борьбы с вредителями. Они представляют собой природные вещества, воздействующие на нервную систему насекомых. Получены также новые гербициды, применяющиеся для борьбы с сорняками. Есть вещества, препятствующие прорастанию семян, и вещества, блокирующие процесс фотосинтеза у сорняков. И, наконец, создаются фунгициды — средства для борьбы с болезнями растений, вызванными грибковыми и бактериальными микроорганизмами.

Следует отметить, что применение пестицидов регламентируется законодательством многих стран. Многие люди сегодня опасаются применять эти вещества. Но следует помнить, что пестициды опасны только при их нерациональном использовании в завышенных дозах. К сожалению, многие пестициды, применяемые до сих пор, опасны для здоровья человека и животных. Поэтому одним из основных направлений исследований ученых является создание таких средств борьбы с вредителями и болезнями растений, которые безопасны для биосферы и человека.

## Рациональное использование и охрана животных

Охрана животных тесно связана с охраной растительности, почв, воздушной и водной среды. Вымирание видов животных обусловлено загрязнением среды, прямым истреблением, изменением ландшафта и т.п. Поэтому для охраны животных создаются заповедники, питомники для разведения исчезающих видов, устанавливаются нормы отлова и отстрела и т.д. Все перечисленные меры нужно решать каждый день, совместными усилиями всех стран и народов. Это невозможно без научного предвидения результатов природообразующей и социальной деятельности человека, а также без создания налаженной системы управления и контроля проведения подобных мероприятий.

Сегодня очевидно, что биосфера Земли — сложнейшая система — находится в сильно неравновесном состоянии. Мы знаем, что из таких состояний самоорганизующиеся системы, к числу которых принадлежит и биосфера, выходят скачком. Мы подходим к точке бифуркации, за которой лежат несколько возможных вариантов будущего. Среди них — возможность экологической катастрофы, полное исчезновение жизни на Земле или, по крайней мере, существование жизни, но уже без человечества. Наиболее благоприятным выходом из этой ситуации было бы образование ноосферы. Присутствие разума в системе, находящейся в ситуации перехода, меняет эту ситуацию. Предотвратить переходный процесс в биосфере человек не в силах, но есть возможность свести к минимуму или совсем устранить те неблагоприятные флуктуации, которые подталкивают неустойчивую систему к нежелательным для человека вариантам перехода.

### **10.2. Загрязнение биосферы**

Загрязнение биосферы — это поступление в природную среду веществ, биологических агентов и различных видов энергии в количествах и концентрациях, превышающих естественный для нее уровень. К загрязняющим факторам относятся все тела и воздействия на биосферу, которые не включаются в естественные трофические цепи и не свойственны живой природе.

Различают два основных вида загрязнений: природное и антропогенное загрязнения. Природное загрязнение возникает в результате естественных причин - извержения вулканов, землетрясений, катастрофических наводнений и пожаров.

Антропогенное загрязнение - результат деятельности человека.

По источникам и видам загрязняющих веществ загрязнения делятся на механические, физические, химические, биологические и биотические.

Загрязнение биосферы угрожает здоровью человека, состоянию окружающей среды, ограничивает возможности дальнейшего развития человеческого общества. Практически все стороны современной деятельности человека влекут те или иные формы Загрязнение биосферы.

Исходные причины Загрязнение биосферы— стихийный рост промышленности, энергетики, транспорта, широкая химизация сельского хозяйства и быта, быстрый рост народонаселения и урбанизация планеты.

Ежегодно из недр Земли извлекается более 100 млрд. т различных пород, сжигается около млрд. тонн условного топлива, выбрасывается в атмосферу около 20 млрд. тонн  $\text{CO}_2$ , около 300 млн. тонн  $\text{CO}$ , 50 млн. тонн  $\text{NO}^*$ , 150 млн. тонн  $\text{SO}_2$ , 4—5 млн. тонн  $\text{H}_2\text{S}$  и другое вредных газов, более 400 млн. тонн частиц золы, сажи, пыли; сбрасывается в гидросферу около 600 млрд. тонн промышленных и бытовых стоков, около 10 млн. тонн нефти и нефтепродуктов; на разбавление сточных вод расходуется 40% объёма мировых ресурсов устойчивого речного стока; вносится в почву около 100 млн. тонн минеральных удобрений.

В биосферу поступает около 50% извлечённых из недр металлов, 30% химического сырья, до 67% тепла, вырабатываемого теплоэлектростанциями. Ежегодно создаются сотни тысяч тонн, не встречавшихся ранее в биосфере химических соединений (ксенобиотиков и другое), многие из которых не поддаются биологический и физическому разрушению. Масштабы Загрязнения биосферы столь велики, что естественные процессы метаболизма и разбавляющая способность атмосферы и гидросферы в ряде районов мира не в состоянии нейтрализовать вредное влияние хозяйственная деятельности человека.

Накопление так называемых персистентных (стойких) загрязняющих веществ, которые почти не разрушаются в природе (некоторые пестициды, полихлорбифенилы и другие), а также веществ, имеющих естественных механизмы разложения или усвоения (удобрения, тяжёлые металлы и другое), в количествах, превышающих способность биосферы к их переработке, нарушает сложившиеся в ходе длительной эволюции природные системы и связи в биосфере, подрывает способность природных комплексов к саморегуляции.



Экологические нарушения проявляются в сокращении численности и видового разнообразия растений и животных, в снижении продуктивности лесов и сельскохозяйственных угодий, деградации экосистем.

Введение в круговорот веществ биосферы млн. тонн хлорорганических соединений, в том числе пестицидов, приводит к тому, что, с одной стороны, сокращается численность многих видов животных (особенно рыб и птиц), разрушаются сложившиеся в ходе эволюции трофические цепи, и, следовательно, биоценозы, а с другой — происходит неконтролируемое размножение организмов, легко вырабатывающих устойчивые формы (некоторые насекомые, микроорганизмы).

Загрязнение таких жизненно важных для человека природных ресурсов, как атмосферный воздух, пресная вода, плодородная почва, запасы которых на планете ограничены, приобретает глобальный характер.

Использование древесины и ископаемого топлива (уголь, нефть) как источника энергии является основным причиной загрязнения атмосферы вредными газами ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}^*$  и другими) и пылью. Глобальный характер загрязнения атмосферы находит выражение в её общей запылённости, в увеличении концентрации  $\text{CO}_2$  в воздухе (ежегодный прирост на 0,2% ) и другое загрязняющих веществ, что может привести к нарушению озонового экрана, изменению климата Земли. При сжигании топлива, в том числе бензина, в биогеохимические циклы включаются не только дополнительные массы окислов углерода, соединений серы, азота, но и большие количества таких загрязняющих биосферу элементов, как ртуть, свинец, мышьяк и других.

Вовлечение в промышленность и сельскохозяйственное производство тяжёлых металлов значительно превосходит те количества, которые находились в биосферном круговороте за всю предшествующую историю человечества. Соединение окислов азота и серы с водой приводит к выпадению так называемых кислотных дождей, изменяющих рН среды и приводящих к гибели живые организмы. Загрязнение континентальных и океанических вод углеводородами, возникающими в результате многих факторов, связанных с

Антропогенному эвтрофированию подвергаются большинство озёр и водохранилищ, замкнутые и полужамкнутые моря (Балтийское, Средиземное и другое). Серьёзную опасность для водных биоценозов представляет также тепловое загрязнение (большинство организмов океанических и

континентальных вод могут переносить лишь небольшие колебания температуры), возникающее вследствие сброса тёплых вод в реки и водоёмы.

Одна из крупных проблем Загрязнения биосферы— радиоактивное загрязнение окружающей среды в результате ядерных испытаний, накопления радиоактивных отходов, а также при авариях на атомных предприятиях (смотрите Биологическое действие излучений). Глобальное радиоактивное загрязнение составляло к середине 70-х гг. более 5,5-10" Бк (беккерелей) в результате ядерных взрывов и более 1,9-10" Бк вследствие поступления в Мировой океан радиоактивных отходов. Наиболее загрязнены районы умеренных широт, особенно в Северном полушарии.

#### Контрольные вопросы:

1. Назовите основные направления охраны природы.
2. В чем состоят принципы рационального использования и охраны недр, водных ресурсов, воздушной среды?
3. Назовите и охарактеризуйте основные антропогенные загрязнители биосферы.

Литература [2,4,6,7, 8,10].

# СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ И РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

## Основная литература:

1. Золотницкий А.П., Козлова Г.В. Биология: конспект лекций для студентов направления 19.03.03. Продукты питания животного происхождения, очной и заочной формы обучения очной и заоч. формы обучения. Керчь: Керченский государственный морской технологический университет. - 2017. - 105 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://kgmtu.edu.ua/jspui/handle/123456789/1821> (дата обращения 01.09.2017 г.)

2. Зоология позвоночных: теория и практика: учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс] / Н.В. Погодина [и др.]. — Электрон. дан. — Екатеринбург: УрФУ, 2016. — 104 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98456>. — Загл. с экрана.

3. Тейлор, Д. Биология: в 3 т. (комплект) [Электронный ресурс] / Д. Тейлор, Н. Грин, У. Стаут. - Электрон. дан. — М.: Изд-во "Лаборатория знаний", 2015. — 1463 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70789>.

4. Шабашева, С.В. Биология с основами экологии [Электронный ресурс]: учеб. пособие - Электрон. дан. - Кемерово: КемГУ, 2016. - 127 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92382>

## Дополнительная литература:

5. Абрамов, С.Н. Практикум по цитологии [Электронный ресурс]: учеб. пособие / С.Н. Абрамов, С.В. Любина. — Электрон. дан. — Уфа: БГПУ имени М. Акмуллы, 2017. - 115 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/96816>.

6. Лабутина, М.В. Биология с основами экологии: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие / М.В. Лабутина, Т.А. Маскаева, Н.Д. Чегодаева. - Электрон. дан. — Саранск: МГПИ им. М.Е. Евсевьева, 2013. - 125 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/7445>

7. Лемеза, Н.А. Практикум по основам ботаники. Водоросли и грибы: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Минск: "Вышэйшая школа", 2017. — 255 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/97301>

8. Маскаева, Т.А. Молекулярная биология: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Т.А. Маскаева, М.В. Лабутина, Н.Д. Чегодаева. — Электрон. дан. — Саранск: МГПИ им. М.Е. Евсевьева, 2013. — 158 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/75096>.

9. Потуданская, М.Г. Основы общей биологии: практикум [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М.Г. Потуданская, А.В. Москвитин. — Электрон. дан. — Омск: ОмГУ, 2017. — 68 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/101816>.

10. Чиркова, Е.Н. Эволюция органического мира: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Е.Н. Чиркова, Ю.П. Верхошенцева. — Электрон. дан. - Оренбург: ОГУ, 2016. - 159 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/97945>. — Загл. с экрана.

11. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» - Режим доступа: <http://e.lanbook.com> (дата обращения: 18.02.2017).

Золотницкий А.П., Козлова Г.В.

Общая биология

Курс лекций

для студентов направления подготовки  
35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура  
очной и заочной форм обучения

Тираж \_\_\_\_\_ экз. Подписано к печати \_\_\_\_\_ Заказ № \_\_\_\_\_ Объем 4,41 п.л.

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»,

г. Керчь, 298309, Орджоникидзе, 82