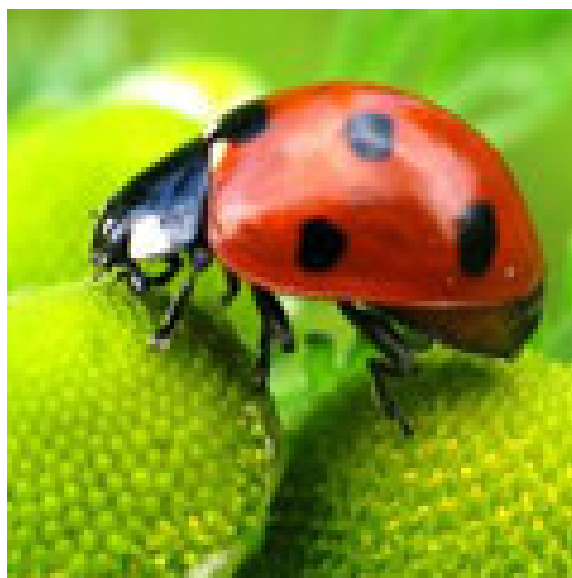


*Министерство сельского хозяйства РФ  
Мичуринский филиал  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»*

# ***Биология***

*Учебное пособие*



Брянск, 2015

УДК 57(07)  
ББК 28.0я73  
Б 63

Б 63 Биология: учебное пособие / Сост. И.В. Сидоренко. – Мичуринский филиал ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет», 2015. 129 с.: ил.

Учебное пособие подготовлено для студентов 1 курса. Содержит материал необходимый для изучения дисциплины в соответствии с рабочей программой. В пособие включены портреты ученых, схемы биологических процессов, вопросы для самоконтроля.

Рецензенты:

доцент кафедры ботаники БГУ Харин А.В.;  
Преподаватель Мичуринского филиала Брянского ГАУ,  
преподаватель высшей категории Савелькина Н.А.

Печатается по решению методического совета Мичуринского филиала  
Брянского ГАУ

УДК 57(07)  
ББК 28.0я73

© Сидоренко И.В., 2015  
© Мичуринский филиал ФГБОУ ВО «Брянский  
государственный аграрный университет», 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b>	5
<b>ВВЕДЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНУ</b>	5
<b>Раздел 1 УЧЕНИЕ О КЛЕТКЕ</b>	8
Тема Клетка – элементарная живая система	8
	9
Тема Органические вещества клетки	
Тема Прокариотические клетки	17
Тема Эукариотическая клетка	21
Тема Обмен веществ и превращение энергии в клетке	29
Тема Жизненный цикл клетки. Митоз.	35
<b>Раздел II ОРГАНИЗМ. РАЗМНОЖЕНИЕ И ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ</b>	39
Тема Формы размножения организмов	39
Тема Мейоз	42
Тема Индивидуальное развитие организмов	45
Тема Выявление и описание признаков сходства зародышей человека и других позвоночных как доказательство их эволюционного родства	49
<b>Раздел III ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ</b>	51
Тема Генетика – наука о наследственности и изменчивости	50
Тема Закон независимого наследования признаков. Анализирующее скрещивание	53
Тема Основные закономерности изменчивости	56
Тема Селекция растений животных и микроорганизмов	62
Тема биотехнология	67
<b>Раздел IV ЭВОЛЮЦИОННОЕ УЧЕНИЕ</b>	70
Тема История развития эволюционных идей	70
Тема Микроэволюция	73
Тема Борьба за существование и ее формы	77

<b>Тема Макроэволюция, ее доказательства</b>	78
<b>Тема Развитие органического мира</b>	83
<b>Тема Положение человека в системе животного мира</b>	90
<b>Раздел V ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ</b>	94
<b>Тема Определение жизни на земле. Возраст Земли и сроки зарождения жизни на нашей планете</b>	94
<b>Раздел VI ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ</b>	98
<b>Тема Определение, предмет и задачи экологии</b>	98
<b>Тема Биосфера – глобальная экосистема</b>	111
<b>Тема Основы рационального природопользования</b>	115
<b>Раздел VII БИОНИКА</b>	122
<b>Тема Бионика – направление биологии и кибернетика</b>	122
<b>Литература</b>	129

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Изучая материал данного пособия, вы с удивлением узнаете, что биологические дисциплины совсем не скучные, не сложные, а весьма интересные и полезные, увлекательные и познавательные. Каждый из вас найдет для себя то, что ищет: сильный студент проверит свои знания и систематизирует их, среднеуспевающий студент, несомненно, откроет для себя много нового в этом пособии, сможет с легкостью им пользоваться, что позволит ему упрочить свои успехи в учебе.

Предложенный учебный материал будет доступен и интересен всем без исключения. По-новому взглянуть на дисциплину, на свои возможности в обучении, поверить в себя, учиться без проблем.

В предлагаемом учебном пособии содержится биологическая информация, раскрывающая основные свойства, особенности функционирования и развития живого на всех уровнях организации природы — от молекулярного до биосферного. В него включены сведения об истории биологических открытий и о новых достижениях в науке.

В пособие включены следующие разделы курса «Общая биология»: учение о клетке, основы генетики и селекции, эволюционное учение, основные этапы развития жизни на Земле, происхождение человека, основы экологии, биосфера, бионика и геновая инженерия. Для лучшего понимания сложного текста пособие иллюстрировано.

Не оставляйте без внимания рисунки, схемы, таблицы, которые делают текст более доказательным и доступным для понимания.

Многие вопросы и задания, приведенные в конце тем, потребуют от вас рассуждений, умений сравнивать, анализировать, обобщать и делать выводы, что будет весьма полезно для вашего дальнейшего интеллектуального развития.

Пусть изучение курса общей биологии будет для вас интересным и успешным!

## ВВЕДЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНУ

### План:

1. **Основы биологического знания.**
2. **Признаки живых организмов.**
3. **Значение биологии.**

Биология (от греч. *bios* — жизнь + *logos* — учение) — комплекс наук о живой природе. Она изучает все проявления жизни: строение и жизнедеятельность живых организмов (бактерий, грибов, растений и животных) и их сообществ, распространение, происхождение, индивидуальное и историческое развитие, взаимоотношения друг с другом и со средой обитания. Биология раскрывает сущность жизни, выявляет закономерности жизненных проявлений, изучает и систематизирует живые организмы.

Название науки «биология» было предложено в 1802 г. независимо друг от друга известным ученым-эволюционистом Ж.Б.Ламарком (1744—1829) и зоологом Г.Р.Тревиранусом (1776-1837).

Разнообразие живых организмов на Земле огромно. К настоящему времени известны 500 тыс. видов растений, около 1,5 млн видов животных, сотни тысяч видов грибов и множество прокариот. Специалисты постоянно открывают и описывают новые виды как современных

организмов, так и вымерших, существовавших в прежние геологические эпохи. Полагают, что число еще не открытых видов живых организмов сопоставимо с числом уже известных и составляет не менее 2 млн.

Задачи общей биологии следующие: изучение общих закономерностей биологических явлений и процессов, характерных для живых организмов, причин их многообразия, выяснение законов возникновения и развития жизни на Земле.

Наиболее важно определить общие, присущие всем живым организмам черты — дать определение *живого*. Существенно, что все живые организмы объединяет комплекс общих признаков. Однако среди них нет ни одного такого, который бы отдельно не существовал в неживой природе. Поэтому необходимо знать общие признаки, присущие всем живым организмам.

1. Живой организм представляет собой единое образование, обладающее сложным строением, тело его составляет множество сложных взаимодействующих молекул, образующих упорядоченные структуры.

2. Каждая составная часть организма имеет особое строение и выполняет определенную функцию. Это относится не только к клеткам, тканям, органам, системам органов, но и к внутриклеточным структурам и органическим молекулам.

3. Живые организмы способны извлекать, преобразовывать и использовать вещества и энергию окружающей среды. Благодаря этому они поддерживают целостность, упорядоченность строения и функций своего организма (гомеостаз), возвращают в среду продукты распада и преобразованную энергию. Следовательно, они обладают способностью к обмену веществ и превращению энергии.

4. Организмы могут реагировать на изменения окружающей среды, на внешние раздражения и отвечать на них. Большинство биологических процессов имеют цикличность: суточную, сезонную, годовую и многолетнюю.

5. Строением, физиологией, биологией, поведением живые организмы приспособлены к среде обитания и соответствуют своему образу жизни. Особенности строения и поведения, связанные с определенным образом жизни, называются *адаптациями*.

6. Живые организмы способны к самовоспроизведению (размножению). Потомство всегда сходно с родителями в связи с передачей от родителей детям наследственной информации о строении и функциях организма. В этом проявляется свойство наследственности живых организмов. Однако потомки всегда чем-то отличаются от своих родителей, т.е. проявляется изменчивость организмов, закономерности которой общие для них всех. Таким образом, живые организмы обладают способностью к размножению, наследственностью и изменчивостью.

7. Организмы способны к росту и индивидуальному развитию (онтогенезу) от рождения до смерти.

8. Организмы способны к историческому развитию (филогенезу), к изменению от простого к сложному. Этот процесс усложнения организмов называется *эволюцией*. В результате длительной эволюции возникло все многообразие живых организмов, приспособленных к определенным условиям существования.

Биологию подразделяют на составляющие ее науки по объектам исследования: зоология изучает животных, ботаника — растения, микробиология — микроорганизмы. В пределах зоологии сформировались более узкие дисциплины — энтомология (изучает насекомых), ихтиология (рыб), орнитология (птиц), териология (зверей) и т.д. Многообразие и классификацию организмов рассматривает систематика. Историю развития органического мира изучают палеонтология и ее подразделения: палеозоология, палеоботаника. Форму и строение организмов исследуют цитология, анатомия. Общие свойства живых организмов рассматривают разные биологические науки: закономерности наследственности (генетика), жизнедеятельность (функционирование) растений, животных и человека — физиология этих групп живых организмов. Превращения органических веществ в клетках растений и животных рассматриваются в биохимии этих царств, взаимоотношения между организмами и средой обитания — в экологии.

В последнее время возросло значение дисциплин, возникших на границе биологических наук с физикой, химией, математикой; успешно развиваются биофизика, биохимия, бионика.

Для живой природы характерны разные уровни организации, поэтому существуют специальные биологические дисциплины, которые изучают эти уровни жизни: молекулярная биология, цитология, гистология, анатомия, экология и т.д.

Самый нижний и наиболее древний уровень жизни — молекулярный. Именно на этом уровне проходит граница между живым и неживым. Следующий — клеточный уровень жизни. Клетка и находящиеся в ней структуры в основных чертах организации похожи у всех живых организмов. Важно отметить, что у представителей подцарства «простейшие» клетка представляет собой целостный организм. Организменный уровень жизни объединяет то, что тело всех организмов состоит из клеток. У многоклеточных организмов имеются ткани, органы и системы органов. Поэтому выделяют еще органно-тканевый уровень организации. Над ним расположен надорганизменный популяционно-видовой уровень жизни. Для этого уровня характерны законы, действующие в видовых популяциях: пространственно-временная, половая и возрастная структуры, сезонная и многолетняя динамика численности и др.

Биоценотический уровень жизни связан с определенными сообществами (биоценозами), и здесь действуют законы межвидовых отношений. Самый высокий биоценотический уровень — биосферный — составляет совокупность всех живых организмов, населяющих Землю вместе с окружающей их средой.

В биосфере действуют общие для всех живых организмов законы, однако это не исключает действие закономерностей, присущих более низким уровням организации.

В общей биологии рассматриваются биологические законы, свойственные всем уровням организации жизни.

**Значение биологии.** Биологические знания нужны для практической деятельности, в первую очередь для обеспечения продуктами питания растущей популяции людей. Необходимые для питания белки, жиры, углеводы, витамины человек получает в основном от культурных растений и домашних животных. Поэтому важно знание законов генетики и селекции, особенностей анатомии, физиологии животных для выведения высокопродуктивных пород домашних животных и сортов культурных растений, совершенствования агротехники и зоотехники. Законы генетики применяются и в селекции микроорганизмов при производстве антибиотиков. Биологические знания широко используются в лесном и охотничьем хозяйствах, в рыболовстве и рыборазведении. Раскрытие молекулярного строения генов послужило созданию нового направления в биологии — генной инженерии, обеспечившей получение организмов с определенными, нужными человеку признаками. Совершенно новые перспективы в выведении продуктивных пород открывают возможности клонирования животных. Биологические знания необходимы для разработки и совершенствования методов профилактики и лечения болезней человека, так как успехи медицины и здравоохранения базируются на достижениях биологии. Они особенно важны для предупреждения распространения природно-очаговых болезней: малярии, таежного энцефалита, сибирской язвы, холеры и др.; для лечения сердечно-сосудистых, онкологических заболеваний, СПИДа.

Биохимические исследования, в частности установление сродства ДНК близких видов и групп животных, позволили создать биохимическую систематику. По сродству ДНК определяют близость между породами домашних животных, родство между людьми.

Большое значение для развития человечества имеет рациональное природопользование и охрана природы. Иллюзии людей о неисчерпаемости природных ресурсов и устойчивости природы в последнее время сменились пессимистическими прогнозами о разрушении природных экосистем и катастрофическом загрязнении окружающей среды. Поэтому крайне важно не только знание биологических законов, но и их соблюдение при природопользовании.

К началу XXI в. биология стала реальной производительной силой, научной основой взаимоотношений общества и природы. Только при знании и соблюдении биологических законов возможно длительное устойчивое развитие биосферы и человечества.

Контрольные вопросы:

1. Что изучает биология? Каковы основные задачи ученых-биологов при изучении живого в новом тысячелетии?
2. Как в общих чертах можно определить жизнь? В чем проявляется свойство дискретности живого?

3. Охарактеризуйте признаки живого по химическому составу и принципу структурной организации.

4. Из каких процессов состоит обмен веществ?

5. Перечислите признаки живого, благодаря которым организмы способны длительно существовать в природе, развиваться индивидуально и эволюционировать.

6. Живые организмы реагируют на меняющиеся условия среды, что проявляется в их ответных реакциях. Как называется это свойство живого?

7. Перечислите основные признаки, отличающие живые организмы от неживых объектов.

## Раздел 1 УЧЕНИЕ О КЛЕТКЕ

### Тема Клетка – элементарная живая система

#### План:

1. Краткая история изучения клетки.
2. Химические элементы и неорганические вещества, входящие в состав клеток
3. Неорганические вещества.

1. Клетка — элементарная живая система (бактерий, простейших, одноклеточных, водорослей, грибов) и основная структурно-функциональная единица всех живых организмов.

Термин «клетка» используется в науке более 300 лет. Впервые его применил в середине XVII в. президент Британского Королевского общества Роберт Гук (1635—1712). С помощью микроскопа он рассмотрел тонкий слой пробки и установил, что пробка состоит из ячеек-клеток.

Около ста лет назад исследования строения, функций, состава, развития клеток оформились в особую биологическую науку — цитологию (от греч. *cytos* — клетка + *logos* — наука). Современная комплексная наука «цитология» изучает строение и химический состав клеток, их функции у одноклеточных и многоклеточных организмов, строение, значение и деятельность внутриклеточных структур, размножение и развитие клеток, их связь с окружающей средой.

2. Химические элементы и неорганические вещества, входящие в состав клеток  
Какие химические элементы входят в состав клетки?

Группы химических элементов. В живых клетках обнаружено более 80 химических элементов. Их принято делить на три группы: макроэлементы, микроэлементы, ультрамикроэлементы.

*Макроэлементы* составляют 99 % массы клетки. Из них 98 % приходится на такие элементы, как кислород, углерод, водород и азот. Особую роль в составе живых организмов играет углерод. Везде, где его находят, есть жизнь (или когда-то была). Углерод обладает уникальными, наиболее важными для жизни химическими свойствами. Его атомы, соединяясь между собой ковалентными связями, образуют стабильные цепи (прямые или разветвленные) или кольца, создавая «скелет» молекул органических соединений и обеспечивая их бесконечное разнообразие. К макроэлементам относятся также калий, магний, натрий, кальций, железо, сера, фосфор, хлор. Их содержание в клетке исчисляется десятками и сотнями долями процента.

*Микроэлементы* содержатся в клетках в небольших количествах: от тысячных до миллионных долей процента. К ним относятся кобальт, медь, цинк, йод, бром, фтор. Атомы этих элементов входят в состав ферментов, гормонов, витаминов. Несмотря на незначительное содержание микроэлементов в клетке, в случае их недостатка возникают серьезные нарушения обмена веществ.

*Ультрамикроэлементы* обнаруживаются в клетках в следовых (ничтожно малых) количествах. К ним относятся уран, радий, золото, цезий и др. Физиологическая роль большинства из них недостаточно ясна.

3. Неорганические вещества. К неорганическим веществам клетки относятся вода и минеральные соли. Минеральные соли обычно находятся в клетке в диссоциированном состоянии, в виде ионов. Положительно заряженные ионы (катионы) — калия, натрия, кальция, магния. Ионы калия и натрия участвуют в передаче нервных импульсов.



Основные отрицательно заряженные ионы (анионы) — остатки фосфорной, угольной и соляной кислот — участвуют в поддержании постоянства внутренней среды организма, влияя на кислотно-щелочное равновесие крови и межклеточной жидкости.

Ионы могут находиться в клетке в связанном состоянии с органическими веществами. Например, ионы железа входят в состав гемоглобина, а ионы магния содержатся в молекулах хлорофилла, многие ионы (цинка, железа, кобальта, хрома, марганца) влияют на активность некоторых ферментов и других макромолекул. Минеральные соли могут находиться в организмах и в твердом состоянии: в костной ткани (фосфаты кальция и магния), в раковинах моллюсков (карбонат кальция).

Почти 80 % массы клетки составляет *вода*. Вода — хороший растворитель. Это связано с тем, что ее молекулы обладают полярностью. В молекуле воды атомы водорода имеют частично положительный заряд, атом кислорода — частично отрицательный. Более электроотрицательный атом кислорода притягивает электроны атомов водорода, получается диполь (два полюса), за счет чего между молекулами воды образуется водородная связь. Если энергия притяжения молекул воды к молекулам какого-либо вещества больше, чем энергия водородных связей между молекулами воды, то вещество растворяется в воде. К водорастворимым веществам относят многие минеральные соли, щелочи, некоторые углеводы (глюкоза, фруктоза, сахароза), спирты. В клетках живых организмов большинство реакций протекает в водных растворах.

Вода, кроме того что служит растворителем, является средой, обеспечивающей диффузию веществ в клетку и выведение из нее продуктов жизнедеятельности. Вода участвует как реагент во многих реакциях, происходящих в клетке. Например, реакции световой фазы фотосинтеза протекают с участием молекул воды.

Вода входит в состав клеток и обеспечивает их объем и упругость. Она участвует в образовании внутренней среды организма (кровь, тканевая жидкость, лимфа).

Благодаря высокой теплоемкости вода предохраняет организм от резких колебаний температуры. Высокая теплоемкость воды определяет то, что поглощение водой значительного количества тепла вызывает лишь сравнительно небольшое повышение ее температуры, т. е. термостабильность. Высокая теплопроводность воды обеспечивает равномерное распределение тепла в тканях.

Большая теплота испарения обуславливает роль воды в теплообмене организмов. Испарение сопровождается охлаждением поверхностей, с которых этот процесс происходит. Именно поэтому при потоотделении кожа охлаждается, а испарение воды с поверхности листьев предупреждает перегрев растений.

Вода — один из компонентов естественных смазок, уменьшающих трение при соприкосновении органов, например в суставах, в околосердечной сумке.

У растительных и животных организмов вода служит той средой, в которой происходит оплодотворение, а для водных организмов вода — среда жизни.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие химические элементы относятся к макро- и микроэлементам клетки?
2. В каких минеральных солях нуждается организм человека? Почему?
3. Каково значение воды в клетке? Приведите примеры.
4. Для каких организмов вода выступает средой жизни?
5. Почему именно вода, а не любое другое вещество выполняет такое множество функций в клетке и организме?

## **Тема Органические вещества клетки**

### **План:**

1. **Белки, их строение и функции.**
2. **Липиды.**
3. **Углеводы.**
4. **АТФ**
5. **Нуклеиновые кислоты.**

. **Белки — биополимеры.** Название «белок» впервые было дано веществу птичьих яиц, которое свертывается при нагревании в белую нерастворимую массу. Позднее этот термин распространился и на другие вещества с подобными свойствами, выделенные из живых организмов. С середины XX в. белки стали называть также «протеинами» (от греч. *protos* — первый), подчеркнув важность этих веществ для жизни.

Белки — это сложные органические вещества. Молекулы белка состоят из атомов углерода, водорода, кислорода и азота. В некоторых белковых молекулах находятся атомы серы. Иногда белки образуют комплексы с другими молекулами, содержащими фосфор, железо, цинк, медь и т. д.

Масса белковых молекул очень велика, поэтому их называют *макромолекулами*. Такие макромолекулы состоят из повторяющихся, сходных по структуре низкомолекулярных соединений — *мономеров* (от греч. *monos* — один, единый). Образованная мономерами макромолекула называется *полимером* (от греч. *poly* — много). *Белки* являются биополимерами, их мономерами служат *аминокислоты*.

В природе существуют около 120 аминокислот, но лишь 20 из них входят в состав белков. Животные клетки (в том числе клетки человека) способны синтезировать некоторые (но не все) аминокислоты при наличии нужных исходных веществ. Некоторые аминокислоты не могут синтезироваться в организме животных (такие аминокислоты называются *незаменимыми*). Например, для организма взрослого человека незаменимыми являются восемь аминокислот, а для детского организма — десять. Незаменимые аминокислоты в организм человека поступают с растительной пищей. Растения же способны синтезировать все аминокислоты.

Взаимодействие двух молекул аминокислот происходит во время реакции, при которой между остатками аминокислот устанавливается прочная ковалентная связь, называемая *пептидной*. В результате этой реакции образуется соединение, состоящее из двух аминокислот, — дипептид (рис. 1).

Если к дипептиду присоединяется еще одна аминокислота, то образуется трипептид и т. д. Все белковые молекулы представляют собой *полипептиды*, состоящие из большого числа аминокислот.

**Структура белковых молекул.** Для того чтобы белковая молекула нормально функционировала, она должна иметь совершенно определенную конфигурацию — структуру. Биологическая активность белков обусловлена необыкновенно гибкой и в то же время строго упорядоченной структурой.

Для белковых молекул характерны разные уровни организации (структуры): первичная, вторичная, третичная и четвертичная (см. рис. 1).

*Первичная структура* представляет собой цепь аминокислот, последовательно соединенных прочными ковалентными пептидными связями.

Более высокий уровень организации белковой молекулы представляет собой *вторичная структура*. Это — спираль, поддерживаемая многочисленными водородными связями, менее прочными, чем пептидные связи.

Большинство белков имеет еще и *третичную структуру*, поскольку спираль белковой молекулы свертывается в клубок — глобулу.

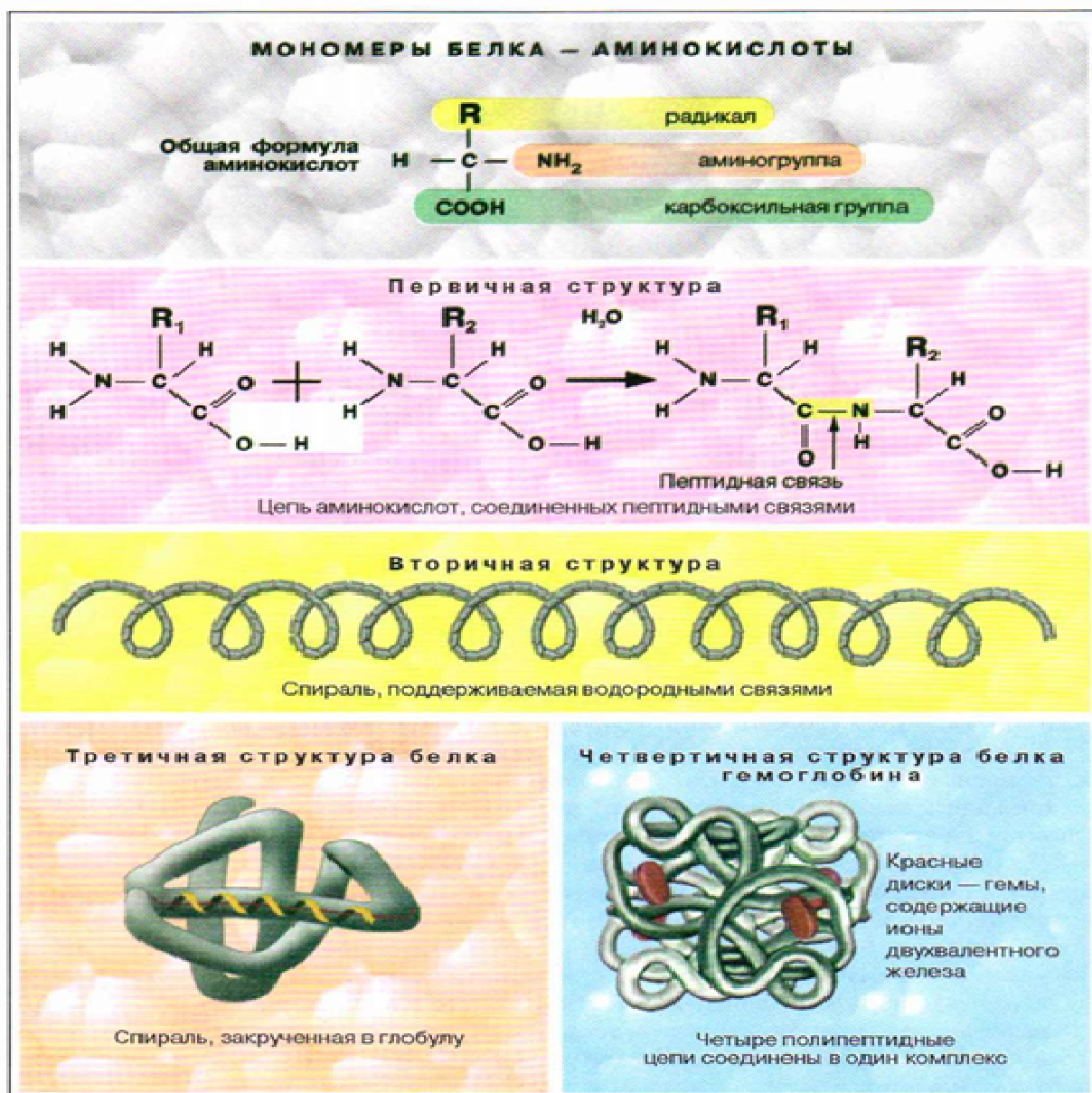
Несколько молекул белков могут соединяться между собой, образуя *четвертичную структуру*. Такую структуру имеют, например, молекулы гемоглобина.

Наиболее устойчива первичная структура белка, остальные легко разрушаются при различных воздействиях среды (температура, соли тяжелых металлов, кислотность и др.).

**Свойства белков.** Белки могут подвергаться денатурации и ренатурации.

*Денатурация* заключается в нарушении природной структуры белковой молекулы в результате разрыва химических связей. Природная структура белка — это такая конфигурация молекулы, при которой белок выполняет присущие ему функции. Для белка кератина (он входит в состав кожи, волос, ногтей, клюва, перьев и рогов позвоночных животных) природной является вторичная структура, для ферментов и антител — третичная, а для гемоглобина и хлорофилла — четвертичная. При денатурации изменяется не только структура белка, но и его свойства.

Нарушение природной структуры белковой молекулы происходит под влиянием различных факторов среды: высоких температур, ультрафиолетового



**Липиды.** Это жироподобные вещества. К ним относятся жиры, воск и липоиды. Они неполярны, нерастворимы в воде, но некоторые из них могут растворяться в органических растворителях (эфире, бензине и др.).

Молекулы жиров входят в состав внутриклеточных структур, тканей и органов. Жиры образуют защитный каркас для внутренних органов, таким образом защищая их от механических повреждений. Биологическое значение жиров заключается также в том, что они служат основной формой накопления энергии в клетке. При окислении 1 г жира высвобождается 39 кДж (9,5 ккал) энергии. Кроме структурной, защитной и энергетической функций, жиры играют роль источника воды в клетке (при расщеплении 1 г жирных кислот образуется 1,07 г воды).

Другой липид — воск покрывает прочным слоем клетки кожицы листьев, семян, плодов и других органов растений, а также кожу, перья и шерсть животных и выполняет главным образом роль водоотталкивающего покрытия. Кроме того, воск предохраняет растения от чрезмерного испарения и проникновения микроорганизмов.

Липоидную природу имеют многие гормоны, например половые гормоны у человека. К липоидам относятся: холестерол (входит в состав клеточных мембран), витамин D, витамин A, пигменты растительных клеток желтого, оранжевого и красного цвета.

Таким образом, углеводы и липиды обеспечивают клетки энергией, регулируют важнейшие жизненные процессы. Они могут входить в состав клеточных структур и откладываться про запас.

**Углеводы.** Углеводы представляют собой обширную группу *органических веществ*, входящих в состав всех клеток. Молекулы углеводов состоят из атомов углерода, водорода, кислорода и имеют общую формулу  $C_n(H_2O)_n$ . Углеводы подразделяются на моносахариды, олигосахариды, полисахариды.

*Моносахариды* (от греч. monos — простой и sakchar — сахар) — простые углеводы (фруктоза, глюкоза, рибоза, дезоксирибоза). Они имеют существенное значение в жизни клетки. Глюкоза, например, — основной источник энергии в клетке, а рибоза и дезоксирибоза входят в состав нуклеиновых кислот, функция которых заключается в хранении, передаче наследственной информации и участии в биосинтезе белка.

*Олигосахариды* (от греч. oligos — немногочисленный) — углеводы, молекулы которых содержат от 2 до 8—10 остатков моносахаридов. В соответствии с этим различают дисахариды, трисахариды и т. д. В свободном состоянии многие олигосахариды встречаются в растениях, которые являются важным источником их получения (например, сахарозу получают из свеклы или сахарного тростника). Коровье молоко содержит дисахарид лактозу, а женское молоко, кроме того, еще ряд олигосахаридов.

*Полисахариды* представляют собой углеводы, молекулы которых построены из нескольких тысяч моносахаридных остатков. В отличие от моносахаридов, они не кристаллизуются, несладкие на вкус и не растворяются или плохо растворяются в воде. Полисахариды (целлюлоза, крахмал, гликоген, хитин) играют важную роль в клетках организмов. Например, целлюлоза входит в состав клеточной стенки растений, а хитин — грибов. Полисахариды служат одним из компонентов соединительной, костной и хрящевой тканей животных, в том числе человека. В этом заключается *структурная* функция полисахаридов.

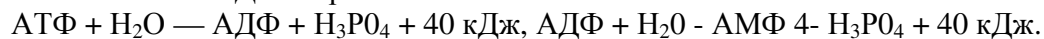
Полисахариды могут выполнять и *защитную* функцию. Так, гепарин препятствует свертыванию крови. *Запасающая* функция полисахаридов проявляется в том, что в клетках растений накапливается крахмал, а в клетках животных и грибов может запасаться гликоген.

**АТФ. Строение. Функции.** Нуклеотиды являются структурной основой для целого ряда важных для жизнедеятельности органических веществ. Наиболее широко распространенными среди них являются макроэргические соединения (высокоэнергетические соединения, содержащие богатые энергией, или макроэргические, связи), а среди последних — **аденозинтрифосфат (АТФ)**.

АТФ состоит из азотистого основания аденина, углевода рибозы и (в отличие от нуклеотидов ДНК и РНК) трех остатков фосфорной кислоты.).

АТФ — *универсальный хранитель и переносчик энергии в клетке*. Практически все идущие в клетке биохимические реакции, которые требуют затрат энергии, в качестве ее источника используют

АТФ. При отделении одного остатка фосфорной кислоты АТФ переходит в *аденозиндифосфат* (*АДФ*), если отделяется еще один остаток фосфорной кислоты (что бывает крайне редко), то АДФ переходит в *аденозинмонофосфат* (*АМФ*). При отделении третьего и второго остатков фосфорной кислоты освобождается большое количество энергии (до 40 кДж). Именно поэтому связь между этими остатками фосфорной кислоты называют *макроэргической* (она обозначается символом ~). Связь между рибозой и первым остатком фосфорной кислоты макроэргической не является, и при ее расщеплении выделяется всего около 14 кДж энергии.



Макроэргические соединения могут образовываться и на основе других нуклеотидов. Например, гуанозинтрифосфат (ГТФ) играет важную роль в ряде биохимических процессов, однако АТФ является наиболее распространенным и универсальным источником энергии для большинства биохимических реакций, протекающих в клетке. АТФ содержится в цитоплазме, митохондриях, пластидах и ядрах.

**Витамины.** Биологически активные органические соединения — витамины (от лат. *vita* — жизнь) совершенно необходимы в малых количествах для нормальной жизнедеятельности организмов. Они играют важную роль в процессах обмена, часто являясь составной частью ферментов.

Витамины обозначают латинскими буквами, хотя у каждого из них есть и название. Например, витамин С — аскорбиновая кислота, витамин А — ретинол и так далее. Одни витамины растворяются в жирах, и их называют жирорастворимыми (А, D, Е, К), другие — растворимы в воде (С, В, РР, Н) и соответственно называются водорастворимыми.

Как недостаток, так и избыток витаминов может привести к серьезным нарушениям многих физиологических функций в организме.

#### **Нуклеиновые кислоты.**

Виды нуклеиновых кислот. *Нуклеиновые кислоты* — фосфорсодержащие биополимеры живых организмов, обеспечивающие хранение и передачу наследственной информации. Они были открыты в 1869 г. швейцарским биохимиком Ф. Мишером в ядрах лейкоцитов, сперматозоидов лосося. Впоследствии нуклеиновые кислоты обнаружили во всех растительных и животных клетках, вирусах, бактериях и грибах.

В природе существует два вида нуклеиновых кислот — *дезок-сирибонуклеиновые* (*ДНК*) и *рибонуклеиновые* (*РНК*). Различие в названиях объясняется тем, что молекула ДНК содержит пятиуглеродный сахар дезоксирибозу, а молекула РНК — рибозу. В настоящее время известно большое число разновидностей ДНК и РНК, отличающихся друг от друга по строению и значению в метаболизме.

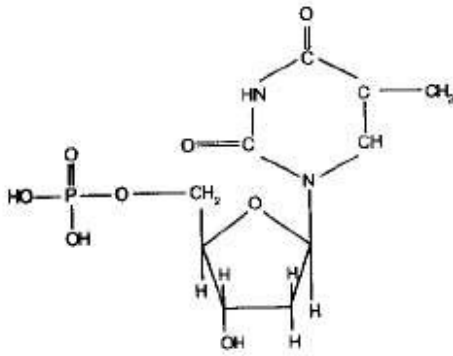
ДНК находится преимущественно в хромосомах клеточного ядра (99% всей ДНК клетки), а также в митохондриях и хлоропластах. РНК входит в состав рибосом; молекулы РНК содержатся также в цитоплазме, матриксе пластид и митохондрий.

Нуклеотиды — структурные компоненты нуклеиновых кислот. Нуклеиновые кислоты представляют собой биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды.

*Нуклеотиды* — сложные вещества. В состав каждого нуклеотида входит азотистое основание, пятиуглеродный сахар (рибоза или дезоксирибоза) и остаток фосфорной кислоты.

Существует пять основных азотистых оснований: аденин, гуанин, урацил, тимин и цитозин. Первые два являются *пуриновыми*; их молекулы состоят из двух колец, первое содержит пять членов, второе — шесть. Следующие три являются *пиримидинами* и имеют одно пятичленное кольцо.

Вот как выглядит, например, формула тимидилового нуклеотида(тимидин):



Названия нуклеотидов происходят от названия соответствующих азотистых оснований; и те и другие обозначаются заглавными буквами: аденин — аденилат (А), гуанин — гуанилат (Г), цитозин — цитидилат (Ц), тимин — тимидилат (Т), урацил — уридилат (У).

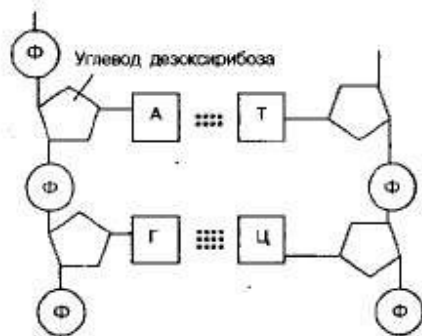
Количество нуклеотидов в молекуле нуклеиновых кислот бывает разным — от 80 в молекулах транспортных РНК до нескольких сотен миллионов у ДНК.

ДНК. Молекула ДНК состоит из двух полинуклеотидных, спирально закрученных относительно друг друга цепочек.

В состав нуклеотидов молекулы ДНК входят четыре вида азотистых оснований: аденин, гуанин, тимин и цитозин. В полинуклеотидной цепочке соседние нуклеотиды связаны между собой ковалентными связями, которые образуются между фосфатной группой одного нуклеотида и 3'-гидроксильной группой пентозы другого. Такие связи называются фосфодиэфирными. Фосфатная группа образует мостик между 3'-углеродом одного пентозного цикла и 5'-углеродом следующего. Остов цепей ДНК образован, таким образом, сахарофосфатными остатками (рис. 1.2).

Хотя в состав ДНК входит четыре типа нуклеотидов, благодаря различной последовательности их расположения в длинной цепочке достигается огромное разнообразие этих молекул.

Полинуклеотидная цепь ДНК закручена в виде спирали наподобие винтовой лестницы и соединена с другой, комплементарной ей цепью с помощью водородных связей, образующихся между аденином и тимином (две связи), а также гуанином и цитозином (три связи). Нуклеотиды А и Т, Г и Ц называются *комплементарными*.



**Рис 1.2.** Фрагмент молекулы ДНК (между А—Т— две водородные связи; между Г—Ц — три водородные связи).

В результате у всякого организма число адениловых нуклеотидов равно числу тимидиловых, а число гуаниловых — числу цитидиловых. Эта закономерность получила название «правило Чаргаффа». Благодаря этому свойству последовательность нуклеотидов в одной цепи определяет их последовательность в другой. Такая способность к избирательному соединению нуклеотидов называется *комплементарностью*, и это свойство лежит в основе образования новых молекул ДНК на базе исходной молекулы (*репликации*, т. е. удвоения).

Цепи в молекуле ДНК противоположно направлены (*антипараллельность*). Так, если для одной цепи мы выбираем направление от 3'-конца к 5'-концу, то вторая цепь с таким направлением



будет ориентирована противоположно первой — от 5'-конца к 3'-концу, иначе говоря, «голова» одной цепи соединяется с «хвостом» другой и наоборот.

Впервые модель молекулы ДНК была предложена в 1953 г. американским ученым Дж. Уотсоном и англичанином Ф. Криком на основе данных Э. Чаргаффа о соотношении пуриновых и пиримидиновых оснований молекул ДНК и результатов рентге-но-структурного анализа, полученных М. Уилкинсом и Р. Франклином. За разработку двухспиральной модели молекулы ДНК Уотсон, Крик и Уилкинс были удостоены в 1962 г. Нобелевской премии.

ДНК — самые крупные биологические молекулы. Их длина составляет от 0,25 (у некоторых бактерий) до 40 мм (у человека). Это значительно больше самой крупной молекулы белка, которая в развернутом виде достигает длины не более 100—200 нм. Масса молекулы ДНК составляет  $6 \times 10^{-12}$  г.

Диаметр молекулы ДНК 2 нм, шаг спирали 3,4 нм; каждый виток спирали содержит 10 пар нуклеотидов. Спиральная структура поддерживается многочисленными водородными связями, возникающими между комплементарными азотистыми основаниями, и гидрофобными взаимодействиями. Молекулы ДНК эукариотических организмов линейны. У прокариот ДНК, напротив, замкнута в кольцо и не имеет ни 3-, ни 5-концов.

При изменении условий ДНК, подобно белкам, может подвергаться денатурации, которая называется плавлением. При постепенном возврате к нормальным условиям ДНК ренатурирует.

**Функцией ДНК** является хранение, передача и воспроизведение в ряду поколений генетической информации. В ДНК любой клетки закодирована информация обо всех белках данного организма, о том, какие белки, в какой последовательности и в каком количестве будут синтезироваться. Последовательность аминокислот в белках записана в ДНК так называемым генетическим (триплетным) кодом.

Основным свойством ДНК является ее способность к репликации.

**Репликация** — это процесс самоудвоения молекул ДНК, происходящий под контролем ферментов. Репликация осуществляется перед каждым делением ядра. Начинается она с того, что спираль ДНК временно раскручивается под действием фермента ДНК-полимеразы. На каждой из цепей, образовавшихся после разрыва водородных связей, по принципу комплементарности синтезируется дочерняя цепь ДНК. Материалом для синтеза служат свободные нуклеотиды, которые есть в ядре.

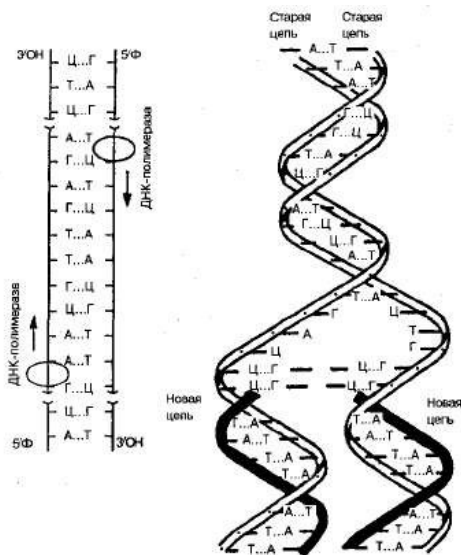


Схема репликации ДНК

Таким образом, каждая полинуклеотидная цепь выполняет роль *матрицы* для новой комплементарной цепи (поэтому процесс удвоения молекул ДНК относится к реакциям *матричного синтеза*). В результате получается две молекулы ДНК, у каждой из которых одна цепь остается от

родительской молекулы (половина), а другая — вновь синтезированная. Причем одна новая цепь синтезируется сплошной, а вторая — сначала в виде коротких фрагментов, которые затем сшиваются в длинную цепь специальным ферментом—ДНК-лигазой. В результате репликации две новые молекулы ДНК представляют собой точную копию исходной молекулы.

Биологический смысл репликации заключается в точной передаче наследственной информации от материнской клетки к дочерним, что и происходит при делении соматических клеток.

**РНК.** Строение молекул РНК во многом сходно со строением молекул ДНК. Однако имеется и ряд существенных отличий. В молекуле РНК вместо дезоксирибозы в состав нуклеотидов входит рибоза, вместо тимидилового нуклеотида (Т) — урицило-вый (У). Главное отличие от ДНК состоит в том, что молекула РНК представляет собой одну цепь. Однако ее нуклеотиды способны образовывать водородные связи между собой (например, в молекулах тРНК, рРНК), но в этом случае речь идет о внутри-цепочечном соединении комплементарных нуклеотидов. Цепочки РНК значительно короче ДНК.

В клетке существует несколько видов РНК, которые различаются по величине молекул, структуре, расположению в клетке и функциям:

1. *Информационная (матричная) РНК(иРНК).* Этот вид наиболее разнороден по размерам и структуре. иРНК представляет собой незамкнутую полинуклеотидную цепь. Она синтезируется в ядре при участии фермента РНК-полимеразы, комплементарна участку ДНК, на котором происходит ее синтез. Несмотря на относительно низкое содержание (3—5% РНК клетки), она выполняет важнейшую функцию в клетке: служит в качестве матрицы для синтеза белков, передавая информацию об их структуре с молекул ДНК. Каждый белок клетки кодируется специфической иРНК, поэтому число их типов в клетке соответствует числу видов белков.

2. *Рибосомная РНК (рРНК).* Это одноцепочечные нуклеиновые кислоты, образующие в комплексе с белками рибосомы — оргanelлы, на которых происходит синтез белка. Рибосомные РНК синтезируются в ядре. Информация об их структуре закодирована в участках ДНК, которые расположены в области вторичной перетяжки хромосом. Рибосомные РНК составляют 80% всей РНК клетки, поскольку в клетке имеется огромное количество рибосом. Рибосомные РНК обладают сложной вторичной и третичной структурой, образуя петли на комплементарных участках, что приводит к самоорганизации этих молекул в сложное по форме тело. В состав рибосом входит три типа рРНК у прокариот и четыре типа рРНК у эукариот. 3. *Транспортная (трансферная) РНК(тРНК).* Молекула тРНК состоит в среднем из 80 нуклеотидов. Содержание тРНК в клетке — около 15% всей РНК. Функция тРНК — перенос аминокислот к месту синтеза белка. Число различных типов тРНК в клетке невелико (20—60). Все они имеют сходную пространственную организацию. Благодаря внутрицепочечным водородным связям молекула тРНК приобретает характерную вторичную структуру, называемую *клеверным листом*. Трехмерная же модель тРНК выглядит несколько иначе. В тРНК выделяют четыре петли: акцепторную (служит местом присоединения аминокислоты), антикодонную (узнает кодон в иРНК в процессе трансляции) и две боковые.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие вещества называют белками?
2. Что такое денатурация белка?
3. Как образуются вторичная, третичная и четвертичная структуры белка?
4. Какое строение имеет молекула АТФ?
5. Какую функцию выполняет АТФ?
6. Какие связи называются макроэргическими?
7. Какую роль выполняют в организме витамины?
8. Какое строение имеет нуклеотид?
9. Какое строение имеет молекула ДНК?
10. В чем заключается принцип комплементарности?



11. Что общего и какие различия имеются в строении молекул
12. ДНК и РНК?

### Тема Прокариотические клетки

#### План:

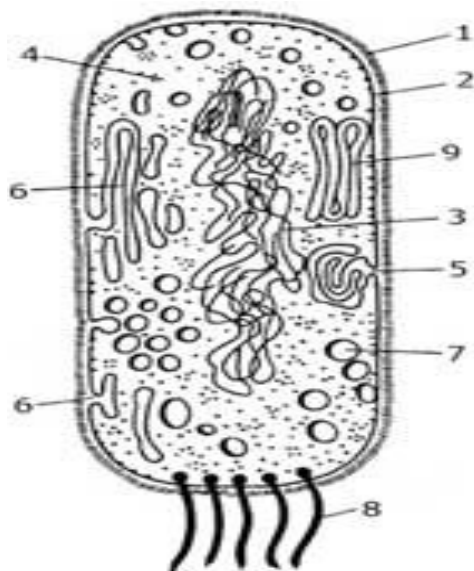
1. Прокариоты.
2. Вирусы.

**Прокариотические клетки** - это наиболее примитивные, очень просто устроенные, сохраняющие черты глубокой древности организмы. К **прокариотическим** (или доядерным) организмам относят бактерии и синезеленые водоросли (цианобактерии). На основании общности строения и резких отличий от других клеток прокариотические выделяют в самостоятельное царство дробянки.

Рассмотрим строение **прокариотической клетки** на примере бактерий. Генетический аппарат прокариотической клетки представлен **ДНК** единственной кольцевой **хромосомы**, находится в цитоплазме и не отграничен от нее оболочкой. Такой аналог ядра называют нуклеоидом. ДНК не образует комплексов с белками и поэтому все гены, входящие в состав хромосомы, "работают", т.е. с них непрерывно считывается информация.

**Прокариотическая клетка** окружена мембраной, отделяющей цитоплазму от клеточной стенки, образованной из сложного, высокополимерного вещества. В цитоплазме органелл мало, но присутствуют многочисленные мелкие рибосомы (бактериальные клетки содержат от 5000 до 50 000 рибосом).

Строение прокариотической клетки



1-

*клеточная стенка, 2-наружная цитоплазматическая мембрана, 3-хромосома(кольцевая молекула ДНК), 4-рибосома, 5-мезосома, 6-впячивание наружной цитоплазматической мембраны, 7-вакуоли, 8-жгутики, 9-стопки мембран, в которых осуществляется фотосинтез*

Цитоплазма прокариотической клетки пронизана мембранами, образующими эндоплазматическую сеть, в ней и находятся рибосомы, осуществляющие синтез белков.

Внутренняя часть клеточной стенки прокариотической клетки представлена плазматической мембраной, выпячивания которой в цитоплазму образуют мезосомы, участвующие в построении клеточных перегородок, репродукции, и являются местом прикрепления ДНК. Дыхание у бактерий осуществляется в мезосомах, у сине-зеленых водорослей в цитоплазматических мембранах.

У многих бактерий внутри клетки откладываются запасные вещества: полисахариды, жиры, полифосфаты. Резервные вещества, включаясь в обмен веществ, могут продлевать жизнь клетки в отсутствие внешних источников энергии.

Как правило, бактерии размножаются делением надвое. После удлинения клетки постепенно образуется поперечная перегородка, закладываемая в направлении снаружи внутрь, затем дочерние клетки расходятся или остаются связанными в характерные группы - цепочки, пакеты и т.д. Бактерия - кишечная палочка каждые 20 минут удваивает свою численность.

Для бактерий характерно спорообразование. Оно начинается с отшнуровывания части цитоплазмы от материнской клетки. Отшнуровавшаяся часть содержит один геном и окружена цитоплазматической мембраной. Затем вокруг споры вырастает клеточная стенка, нередко многослойная. У бактерий наблюдается половой процесс в форме обмена генетической информацией между двумя клетками. Половой процесс повышает наследственную изменчивость микроорганизмов.

Большинство живых организмов объединено в надцарство кариот, включающих царство растений, грибов и животных. Эукариотические клетки крупнее **прокариотических клеток**, состоят из поверхностного аппарата, ядра и цитоплазмы.

## **Вирусы**

Впервые вирусы (от латинского *virus* – яд) были описаны русским ботаником Д.И. Ивановским в 1892 году. Ученый обнаружил, что возбудитель табачной мозаики проходит сквозь фильтр, задерживающий бактерии. Он показал, что профильтрованный через фарфоровый фильтр экстракт растений табака, зараженных табачной мозаикой, сохраняет способность вызывать заболевание у здоровых растений. Фильтрующий возбудитель ящура крупного рогатого скота был обнаружен в 1897 году немецким бактериологом Ф. Леффлером. До открытия природы вирусов в конце XIX века, термином «вирус» обозначали любые инфекционные агенты, вызывающие заболевания. Только начиная с 1898 года, когда голландский ботаник М. Бейеринк дал название возбудителю табачной мозаики «фильтрующегося вируса», понятие «вирус» приобрело тот смысл, который вкладывают в него сейчас. Первым обнаруженным вирусом человека стал вирус желтой лихорадки *Viscerophilus tropicus* (проявляющийся лихорадкой и желтухой), обнаруженный американским хирургом У. Ридом в 1901 году.

Вирусы представляют собой минимальную форму жизни (впрочем, о том, насколько можно относить вирусы к формам жизни, до сих пор ведутся споры), являясь неклеточными организмами. Они обладают только самым необходимым набором составляющих, требующихся для паразитического существования и воспроизводства.

Вирусы очень малы – их размеры колеблются в пределах от десятков до тысяч нанометров.

Типичный вирус состоит из генетического материала, представленного в виде молекулы ДНК или РНК (ДНК и РНК вирусов при этом крайне разнообразны по строению – однопитевые и двунитевые, замкнутые в кольцо и т.д.) и упакованного в капсид - белковую оболочку, часто содержащую включения молекул липидов и углеводов. В отличие от клеток, вирусы не могут содержать одновременно и ДНК, и РНК. Внутри капсида могут находиться необходимые для репликации вируса белки, такие как фермент обратная транскриптаза (RT, от *reverse transcriptase*), характерная для РНК-ретровирусов и необходимая для образования молекулы ДНК по матрице вирусной РНК в зараженной клетке-хозяине. У простейших нитевидных или палочковидных вирусов белковые компоненты капсида связаны с нуклеиновой кислотой нековалентными связями, образуя спиральную нуклеопротеиновую структуру, называемую нуклеокапсидом. У многих вирусов капсид покрыт дополнительной оболочкой, называемой суперкапсидом или пеплосом, которая состоит из липидной мембраны зараженной клетки и вирусных белков. В пространстве между суперкапсидом и капсидом располагается белковый матрикс. Суперкапсид может иметь поверхностные выступы,

называемые шипами или пепломерами. По наличию или отсутствию суперкапсида вирусы разделяют на два типа: оболочечные или покрытые вирионы (подавляющее большинство вирусов **животных и человека**) и **безоболочечные или непокрытые вирионы**.

Среди вирусов, лишенных оболочки, по форме капсидов различают три основных типа: палочковидные (нитевидные), сферические (икосаэдрические) и булавовидные (комбинированные). Палочковидные вирусы, такие как хорошо изученный вирус табачной мозаики, обладают спиральным типом симметрии: внутри белковой оболочки находится спиральная молекула РНК. В капсидах сферических вирусов генетический материал не связан или слабо связан с белками оболочки. Капсиды вирусов этого типа нередко обладают икосаэдрическим типом симметрии. К вирусам сферического типа относятся, например, аденовирусы, вызывающие ОРВИ. Структура капсида аденовирусов имеет сложное строение: в вершинах икосаэдров находятся кластеры белков - пентоны, содержащие в основании так называемые фибры - стержни с утолщениями на концах. Вирусы, состоящие из структур различного типа (спиральных, икосаэдрических и дополнительных образований), относятся к булавовидному типу. К вирусам этого типа принадлежат некоторые вирусы бактерий, имеющие специальное название - бактериофаги или просто фаги (от греч. «фагос» - пожирающий). Бактериофаги этого типа состоят из икосаэдрической головки с молекулой ДНК или РНК внутри, примыкающей к спиральному хвосту, на конце которого имеется гексагональное плоское образование с хвостовыми отростками.

Оболочка покрытых вирусов, или суперкапсид, образована липидным бислоем из мембран зараженных клеток со встроенными в нее вирусными и клеточными белками. Покрытые вирионы обладают определенными преимуществами перед непокрытыми. Оболочка придает им большую устойчивость к воздействию клеточных ферментов и лекарственных средств. Суперкапсиды покрытых вирусов часто содержат поверхностные выступы, называемые шипами или пепломерами. Пепломеры состоят из вирусных гликопротеинов и служат для узнавания и последующего инфицирования клеток-хозяев. Покрытые вирусы могут иметь палочковидную, сферическую и булавовидную форму наподобие непокрытых вирусов, а могут обладать более сложным строением, как, например, поксвирусы (возбудители оспы). Геном поксвирусов упакован с помощью белков в компактную структуру - так называемый нуклеоид, который окружен мембраной и трубчатыми образованиями. Вирус имеет внешнюю оболочку с большим количеством встроенных в нее белков.

### **Классификация и размножение вирус**

Взаимодействие вирусов с клетками

Жизненные циклы вирусов могут сильно различаться у разных видов.

Наиболее типичный процесс попадания вируса в клетку начинается с присоединения вирусного капсида к специфичному для данного вируса рецептору (обычно гликопротеиновой природы), находящемуся на поверхности мембраны клетки-мишени. Проникновение в клетку присоединенного к мембране вируса происходит за счет эндоцитоза (захвата клеткой внешнего материала путем образования мембранных везикул, или пузырьков), или слияния клеточной мембраны и оболочки вируса. Внутри клетки-хозяина вирусный капсид разрушается под действием клеточных ферментов, высвобождая вирусный генетический материал, на основе которого синтезируется мРНК (за исключением (+)онРНК вирусов) и запускается образование вирусных белков и репликация вирусного генома. Затем следует сборка вирусных частиц с последующим этапом модификации вирусных белков, характерным для многих вирусов. Например, для ВИЧ этот этап, называемый также созреванием, происходит после высвобождения зараженной клеткой вирусной частицы. Выход готовых вирионов из зараженной клетки часто сопровождается ее лизисом (разрушением). Оболочечные вирусы, как правило, высвобождаются из клетки посредством почкования, во время которого вирус обретает свою мембранную оболочку со встроенными в нее вирусными гликопротеинами.

Некоторые вирусы могут переходить в латентное состояние, называемое персистенцией для вирусов эукариот и лизогенией для бактериофагов. Геном таких вирусов включается в состав хромосомы клетки-хозяина. Затем возможны два варианта развития заболевания. В одних случаях клетки, содержащие вирусные геномы в составе своих хромосом, делятся, образуя дочерние клетки с

вирусными генами. При определенных обстоятельствах вирусные гены начинают активно работать, что приводит к образованию новых вирионов и к гибели инфицированной клетки (применительно к бактериофагам этот процесс называется литической стадией). Возможен другой вариант, при котором вирусные гены в зараженной клетке постоянно работают, производя новые и новые поколения вирионов. Инфицированная клетка при этом со временем погибает. Такая схема характерна, например, для ретровирусов.

На внутриклеточном уровне бороться с вирусом помогают особые белки - интерфероны, которые активируют системы иммунитета и подавляют синтез вирусных белков, таким образом препятствуя размножению вируса. Кроме этого, зараженная вирусом клетка-хозяин секретирует интерферон в межклеточное пространство, где он воздействует на соседние клетки, делая их невосприимчивыми к вирусу. Повреждения, нанесенные клетке вирусом, могут активировать молекулярную систему внутреннего клеточного контроля, направляющую клетку на путь апоптоза (физиологической гибели). Многие вирусы, такие как пикорнавирусы и флавивирусы, обладают системами, подавляющими синтез интерферона и позволяющими избежать запуска апоптоза клетки-хозяина.

На способности организма вырабатывать специфические антитела в ответ на проникновение в него возбудителя основан метод защиты населения от массовых инфекций - вакцинация, искусственно стимулирующая выработку антител против конкретного возбудителя. Так, путем массовой вакцинации, во всем мире было практически ликвидировано заболевание натуральной «черной» оспой.

Болезни, вызываемые вирусами

Среди наиболее распространенных вирусных заболеваний всем печально известны респираторные инфекции или ОРВИ. Нет ни одного человека, хоть раз не переболевшего ОРВИ. В настоящее время известно более 300 различных подтипов вирусов, принадлежащих к 5 основным группам и вызывающих ОРВИ: это вирусы парагриппа, гриппа, аденовирусы, риновирусы и реовирусы. Все они очень заразны, так как передаются воздушно-капельным путем и контактно (например, через рукопожатие), и устойчивы к антибиотикам. Восприимчивость к ОРВИ очень высока, особенно у маленьких детей. Основными симптомами ОРВИ являются насморк, кашель, чихание, головная боль, боль в горле, усталость, высокая температура. Хотя в клиническом течении разных респираторных инфекций есть много общего, болезни, вызванные определенными типами вирусов, имеют свои особенности. Для гриппа характерно острое начало, высокая температура, возможность развития тяжелых форм болезни и осложнений, при парагриппе течение более легкое, чем у гриппа, однако развивается воспаление гортани с риском удушья у детей. Для аденовирусной инфекции характерно менее выраженное, чем у гриппа, начало, но есть риск развития ангины и поражения лимфатических узлов, конъюнктивы глаз, развивается сильный насморк, возможно поражение печени. Инфекция респираторно-синцитиальным вирусом характеризуется более легким и длительным, чем у гриппа, течением. Заражение этим вирусом приводит к поражению бронхов и бронхиол, что чревато развитием бронхопневмонии.

Вирусы животных могут становиться опасными для человека в случае их мутаций и рекомбинации. Так, птичий грипп приводит к быстрой гибели домашней птицы, а у диких птиц он может и не вызывать заболевания, несмотря на его носительство. Вызвавший несколько лет назад сенсацию вирус атипичной пневмонии оказался мутировавшим вариантом вируса китайских виверр. Не говоря уже о ВИЧ, первичная форма которого является вирусом иммунодефицита обезьян (ВИО).

Вирусы совершенно разных типов могут вызывать болезни с практически одинаковыми симптомами. Например, причиной гепатита (воспаления печени) могут быть вирусы гепатита А, С и Е типов, принадлежащие к трем разным семействам (+)онРНК-содержащих вирусов, причем вирус гепатита С покрыт липопротеидной оболочкой, а у вирусов гепатита А и гепатита Е она отсутствует. Вирус гепатита В - ретроидный вирус, принадлежащий к группе VII по классификации Балтимора. Этот пример иллюстрирует тот факт, что ничего общего между собой не имеющие вирусы могут вызывать схожие заболевания.

С другой стороны, похожие вирусы могут быть причиной самых различных болезней. Например, пикорнавирусы, входящие в семейство (+)онРНК-содержащих вирусов и имеющие очень

похожие вирионы с практически идентичными геномами, вызывают полиомиелит, миокардит, диабет, конъюнктивит, простудные заболевания, ящур, гепатит и другие болезни.

Вирусы из семейства вирусов герпеса также вызывают весьма разнообразные заболевания. Вирус простого герпеса 1 типа (ВПГ1) существует в инфицированных клетках, как правило, в латентной форме, при изменении иммунного статуса хозяина вызывая характерные высыпания на коже (вирус); вирус варицеллы (*Varicella zoster virus* - VZV) является возбудителем ветряной оспы, а вирус Эпштейн-Барр приводит к инфекционному мононуклеозу, сопровождающегося воспалением лимфоузлов. Носительство вируса VZV может смениться его реактивацией, что приводит к возникновению другого заболевания - опоясывающего лишая, сопровождающегося появлением на коже локализованных участков воспаления с пузырьками, наполненными прозрачной жидкостью.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какие организмы относятся к прокариотам?
2. Можно ли вирусы считать особой формой жизни?
3. Как вирусы размножаются?
4. Какие вирус называют бактериофагами?

### **Тема Эукариотическая клетка**

#### **План:**

1. Эндоплазматическая сеть
2. Аппарат Гольджи
3. Лизосомы
4. Митохондрии
5. Пластиды
6. Рибосомы
7. Клеточный центр
8. Органоиды движения
9. Строение и функции ядра

**Органоиды** — постоянные, обязательно присутствующие, компоненты клетки, выполняющие специфические функции.

#### **Эндоплазматическая сеть**

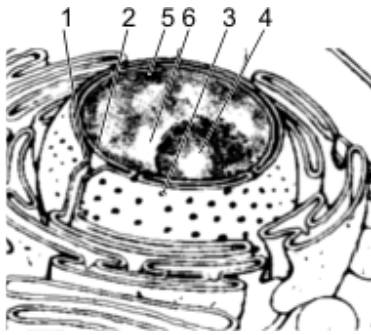
**Эндоплазматическая сеть (ЭПС), или эндоплазматический ретикулум (ЭПР),** — одномембранный органоид. Представляет собой систему мембран, формирующих «цистерны» и каналы, соединенных друг с другом и ограничивающих единое внутреннее пространство — полости ЭПС. Мембраны с одной стороны связаны с цитоплазматической мембраной, с другой — с наружной ядерной мембраной. Различают два вида ЭПС: 1) шероховатая (гранулярная), содержащая на своей поверхности рибосомы, и 2) гладкая (агранулярная), мембраны которой рибосом не несут.

**Функции:** 1) транспорт веществ из одной части клетки в другую, 2) разделение цитоплазмы клетки на компартменты («отсеки»), 3) синтез углеводов и липидов (гладкая ЭПС), 4) синтез белка (шероховатая ЭПС), 5) место образования аппарата Гольджи.

#### **Аппарат Гольджи**

**Аппарат Гольджи, или комплекс Гольджи,** — одномембранный органоид. Представляет собой стопки уплощенных «цистерн» с расширенными краями. С ними связана система мелких одномембранных пузырьков (пузырьки Гольджи). Каждая стопка обычно состоит из 4-х–6-ти «цистерн», является структурно-функциональной единицей аппарата Гольджи и называется диктиосомой. Число диктиосом в клетке колеблется от одной до нескольких сотен. В растительных

клетках диктиосомы обособлены.



Аппарат Гольджи обычно расположен около клеточного ядра (в животных клетках часто вблизи клеточного центра).

**Функции аппарата Гольджи:** 1) накопление белков, липидов, углеводов, 2) модификация поступивших органических веществ, 3) «упаковка» в мембранные пузырьки белков, липидов, углеводов, 4) секреция белков, липидов, углеводов, 5) синтез углеводов и липидов, 6) место образования лизосом. Секреторная функция является важнейшей, поэтому аппарат Гольджи хорошо развит в секреторных клетках.

### **Лизосомы**

**Лизосомы** — одномембранные органоиды. Представляют собой мелкие пузырьки (диаметр от 0,2 до 0,8 мкм), содержащие набор гидролитических ферментов. Ферменты синтезируются на шероховатой ЭПС, перемещаются в аппарат Гольджи, где происходит их модификация и упаковка в мембранные пузырьки, которые после отделения от аппарата Гольджи становятся собственно лизосомами. Лизосома может содержать от 20 до 60 различных видов гидролитических ферментов. Расщепление веществ с помощью ферментов называют **лизисом**.

Различают: 1) **первичные лизосомы**, 2) **вторичные лизосомы**. Первичными называются лизосомы, отшнуровавшиеся от аппарата Гольджи. Первичные лизосомы являются фактором, обеспечивающим экзоцитоз ферментов из клетки.

Вторичными называются лизосомы, образовавшиеся в результате слияния первичных лизосом с эндоцитозными вакуолями. В этом случае в них происходит переваривание веществ, поступивших в клетку путем фагоцитоза или пиноцитоза, поэтому их можно назвать пищеварительными вакуолями.

**Автофагия** — процесс уничтожения ненужных клетке структур. Сначала подлежащая уничтожению структура окружается одинарной мембраной, затем образовавшаяся мембранная капсула сливается с первичной лизосомой, в результате также образуется вторичная лизосома (автофагическая вакуоль), в которой эта структура переваривается. Продукты переваривания усваиваются цитоплазмой клетки, но часть материала так и остается непереваренной. Вторичная лизосома, содержащая этот непереваренный материал, называется остаточным тельцем. Путем экзоцитоза непереваренные частицы удаляются из клетки.

**Автолиз** — саморазрушение клетки, наступающее вследствие высвобождения содержимого лизосом. В норме автолиз имеет место при метаморфозах (исчезновение хвоста у головастика лягушек), инволюции матки после родов, в очагах омертвления тканей.

**Функции лизосом:** 1) внутриклеточное переваривание органических веществ, 2) уничтожение ненужных клеточных и неклеточных структур, 3) участие в процессах реорганизации клеток.

### **Вакуоли**

**Вакуоли** — одномембранные органоиды, представляют собой «емкости», заполненные водными

растворами органических и неорганических веществ. В образовании вакуолей принимают участие ЭПС и аппарат Гольджи. Молодые растительные клетки содержат много мелких вакуолей, которые затем по мере роста и дифференцировки клетки сливаются друг с другом и образуют одну большую **центральную вакуоль**. Центральная вакуоль может занимать до 95% объема зрелой клетки, ядро и органоиды оттесняются при этом к клеточной оболочке. Мембрана, ограничивающая растительную вакуоль, называется тонопластом. Жидкость, заполняющая растительную вакуоль, называется **клеточным соком**. В состав клеточного сока входят водорастворимые органические и неорганические соли, моносахариды, дисахариды, аминокислоты, конечные или токсические продукты обмена веществ (гликозиды, алкалоиды), некоторые пигменты (антоцианы).

В животных клетках имеются мелкие пищеварительные и автофагические вакуоли, относящиеся к группе вторичных лизосом и содержащие гидролитические ферменты. У одноклеточных животных есть еще сократительные вакуоли, выполняющие функцию осморегуляции и выделения.

**Функции вакуоли:** 1) накопление и хранение воды, 2) регуляция водно-солевого обмена, 3) поддержание тургорного давления, 4) накопление водорастворимых метаболитов, запасных питательных веществ, 5) окрашивание цветов и плодов и привлечение тем самым опылителей и распространителей семян, 6) см. функции лизосом.

Эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы и вакуоли образуют **единую вакуолярную сеть клетки**, отдельные элементы которой могут переходить друг в друга.

### Митохондрии



### Строение митохондрии:

1 — наружная мембрана;

2 — внутренняя мембрана; 3 — матрикс; 4 — криста; 5 — мультиферментная система; 6 — кольцевая ДНК.

Форма, размеры и количество митохондрий чрезвычайно варьируют. По форме митохондрии могут быть палочковидными, округлыми, спиральными, чашевидными, разветвленными. Длина митохондрий колеблется в пределах от 1,5 до 10 мкм, диаметр — от 0,25 до 1,00 мкм. Количество митохондрий в клетке может достигать нескольких тысяч и зависит от метаболической активности клетки.

Митохондрия ограничена двумя мембранами. Наружная мембрана митохондрий (1) гладкая, внутренняя (2) образует многочисленные складки — **кристы** (4). Кристы увеличивают площадь поверхности внутренней мембраны, на которой размещаются мультиферментные системы (5), участвующие в процессах синтеза молекул АТФ. Внутреннее пространство митохондрий заполнено матриксом (3). В матриксе содержатся кольцевая ДНК (6), специфические иРНК, рибосомы

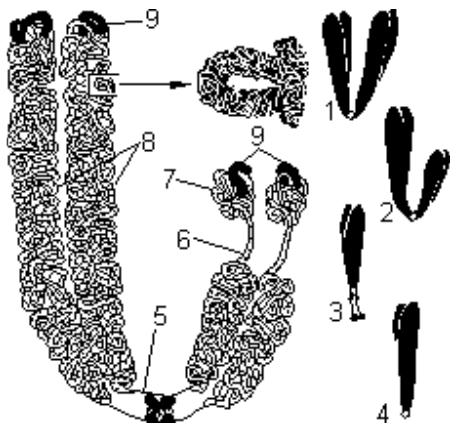
прокариотического типа (70S-типа), ферменты цикла Кребса.

Митохондриальная ДНК не связана с белками («голая»), прикреплена к внутренней мембране митохондрии и несет информацию о строении примерно 30 белков. Для построения митохондрии требуется гораздо больше белков, поэтому информация о большинстве митохондриальных белков содержится в ядерной ДНК, и эти белки синтезируются в цитоплазме клетки. Митохондрии способны автономно размножаться путем деления надвое. Между наружной и внутренней мембранами находится **протонный резервуар**, где происходит накопление  $H^+$ .

**Функции митохондрий:** 1) синтез АТФ, 2) кислородное расщепление органических веществ.

Согласно одной из гипотез (теория симбиогенеза) митохондрии произошли от древних свободноживущих аэробных прокариотических организмов, которые, случайно проникнув в клетку-хозяина, затем образовали с ней взаимовыгодный симбиотический комплекс. В пользу этой гипотезы свидетельствуют следующие данные. Во-первых, митохондриальная ДНК имеет такие же особенности строения как и ДНК современных бактерий (замкнута в кольцо, не связана с белками). Во-вторых, митохондриальные рибосомы и рибосомы бактерий относятся к одному типу — 70S-типу. В-третьих, механизм деления митохондрий сходен с таковым бактерий. В-четвертых, синтез митохондриальных и бактериальных белков подавляется одинаковыми антибиотиками.

### Пластиды



**Строение пластид:** 1 — наружная мембрана; 2 — внутренняя мембрана; 3 — строма; 4 — тилакоид; 5 — грана; 6 — ламеллы; 7 — зерна крахмала; 8 — липидные капли.

Пластиды характерны только для растительных клеток. Различают **три основных типа пластид:** лейкопласты — бесцветные пластиды в клетках неокрашенных частей растений, хромопласты — окрашенные пластиды обычно желтого, красного и оранжевого цветов, хлоропласты — зеленые пластиды.

**Хлоропласты.** В клетках высших растений хлоропласты имеют форму двояковыпуклой линзы. Длина хлоропластов колеблется в пределах от 5 до 10 мкм, диаметр — от 2 до 4 мкм. Хлоропласты ограничены двумя мембранами. Наружная мембрана (1) гладкая, внутренняя (2) имеет сложную складчатую структуру. Наименьшая складка называется **тилакоидом** (4). Группа тилакоидов, уложенных наподобие стопки монет, называется **граной** (5). В хлоропласте содержится в среднем 40–60 гран, расположенных в шахматном порядке. Граны связываются друг с другом уплощенными каналами — **ламеллами** (6). В мембраны тилакоидов встроены фотосинтетические пигменты и ферменты, обеспечивающие синтез АТФ. Главным фотосинтетическим пигментом является хлорофилл, который и обуславливает зеленый цвет хлоропластов.

Внутреннее пространство хлоропластов заполнено **стромой** (3). В строме имеются кольцевая «голая» ДНК, рибосомы 70S-типа, ферменты цикла Кальвина, зерна крахмала (7). Внутри каждого тилакоида



находится протонный резервуар, происходит накопление  $H^+$ . Хлоропласты, также как митохондрии, способны к автономному размножению путем деления надвое. Они содержатся в клетках зеленых частей высших растений, особенно много хлоропластов в листьях и зеленых плодах. Хлоропласты низших растений называют хроматофорами.

**Функция хлоропластов:** фотосинтез. Полагают, что хлоропласты произошли от древних эндосимбиотических цианобактерий (теория симбиогенеза). Основанием для такого предположения является сходство хлоропластов и современных бактерий по ряду признаков (кольцевая, «голая» ДНК, рибосомы 70S-типа, способ размножения).

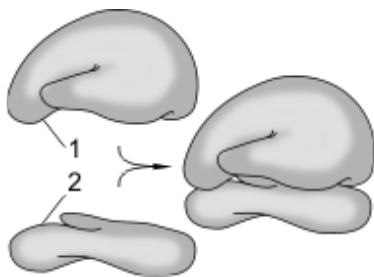
**Лейкопласты.** Форма варьирует (шаровидные, округлые, чашевидные и др.). Лейкопласты ограничены двумя мембранами. Наружная мембрана гладкая, внутренняя образует малочисленные тилакоиды. В строме имеются кольцевая «голая» ДНК, рибосомы 70S-типа, ферменты синтеза и гидролиза запасных питательных веществ. Пигменты отсутствуют. Особенно много лейкопластов имеют клетки подземных органов растения (корни, клубни, корневища и др.). **Функция лейкопластов:** синтез, накопление и хранение запасных питательных веществ. **Амилопласты** — лейкопласты, которые синтезируют и накапливают крахмал, **элайоласты** — масла, **протеиноласты** — белки. В одном и том же лейкопласте могут накапливаться разные вещества.

**Хромопласты.** Ограничены двумя мембранами. Наружная мембрана гладкая, внутренняя или также гладкая, или образует единичные тилакоиды. В строме имеются кольцевая ДНК и пигменты — каротиноиды, придающие хромопластам желтую, красную или оранжевую окраску. Форма накопления пигментов различная: в виде кристаллов, растворены в липидных каплях (8) и др. Содержатся в клетках зрелых плодов, лепестков, осенних листьев, редко — корнеплодов. Хромопласты считаются конечной стадией развития пластид.

**Функция хромопластов:** окрашивание цветов и плодов и тем самым привлечение опылителей и распространителей семян.

Все виды пластид могут образовываться из пропластид. **Пропластиды** — мелкие органоиды, содержащиеся в меристематических тканях. Поскольку пластиды имеют общее происхождение, между ними возможны взаимопревращения. Лейкопласты могут превращаться в хлоропласты (позеленение клубней картофеля на свету), хлоропласты — в хромопласты (пожелтение листьев и покраснение плодов). Превращение хромопластов в лейкопласты или хлоропласты считается невозможным.

### **Рибосомы**



**Строение рибосомы:**

1 — большая субъединица; 2 — малая субъединица.

**Рибосомы** — немембранные органоиды, диаметр примерно 20 нм. Рибосомы состоят из двух субъединиц — большой и малой, на которые могут диссоциировать. Химический состав рибосом — белки и рРНК. Молекулы рРНК составляют 50–63% массы рибосомы и образуют ее структурный каркас. Различают два типа рибосом: 1) эукариотические (с константами седиментации целой рибосомы — 80S, малой субъединицы — 40S, большой — 60S) и 2) прокариотические (соответственно 70S, 30S, 50S).

В составе рибосом эукариотического типа 4 молекулы рРНК и около 100 молекул белка, прокариотического типа — 3 молекулы рРНК и около 55 молекул белка. Во время биосинтеза белка рибосомы могут «работать» поодиночке или объединяться в комплексы — **полирибосомы (полисомы)**. В таких комплексах они связаны друг с другом одной молекулой иРНК. Прокариотические клетки имеют рибосомы только 70S-типа. Эукариотические клетки имеют рибосомы как 80S-типа (шероховатые мембраны ЭПС, цитоплазма), так и 70S-типа (митохондрии, хлоропласты).

Субъединицы рибосомы эукариот образуются в ядрышке. Объединение субъединиц в целую рибосому происходит в цитоплазме, как правило, во время биосинтеза белка.

**Функция рибосом:** сборка полипептидной цепочки (синтез белка).

### ***Цитоскелет***

**Цитоскелет** образован микротрубочками и микрофиламентами. Микротрубочки — цилиндрические неразветвленные структуры. Длина микротрубочек колеблется от 100 мкм до 1 мм, диаметр составляет примерно 24 нм, толщина стенки — 5 нм. Основной химический компонент — белок тубулин. Микротрубочки разрушаются под воздействием колхицина. Микрофиламенты — нити диаметром 5–7 нм, состоят из белка актина. Микротрубочки и микрофиламенты образуют в цитоплазме сложные переплетения. **Функции цитоскелета:** 1) определение формы клетки, 2) опора для органоидов, 3) образование веретена деления, 4) участие в движениях клетки, 5) организация тока цитоплазмы.

### ***Клеточный центр***

**Клеточный центр** включает в себя две центриоли и центросферу. **Центриоль** представляет собой цилиндр, стенка которого образована девятью группами из трех слившихся микротрубочек (9 триплетов), соединенных между собой через определенные интервалы поперечными сшивками. Центриоли объединены в пары, где они расположены под прямым углом друг к другу. Перед делением клетки центриоли расходятся к противоположным полюсам, и возле каждой из них возникает дочерняя центриоль. Они формируют веретено деления, способствующее равномерному распределению генетического материала между дочерними клетками. В клетках высших растений (голосеменные, покрытосеменные) клеточный центр центриолей не имеет. Центриоли относятся к самовоспроизводящимся органоидам цитоплазмы, они возникают в результате дупликации уже имеющихся центриолей. **Функции:** 1) обеспечение расхождения хромосом к полюсам клетки во время митоза или мейоза, 2) центр организации цитоскелета.

### ***Органоиды движения***

Присутствуют не во всех клетках. К органоидам движения относятся реснички (инфузории, эпителий дыхательных путей), жгутики (жгутиконосцы, сперматозоиды), ложноножки (корненожки, лейкоциты), миофибриллы (мышечные клетки) и др.

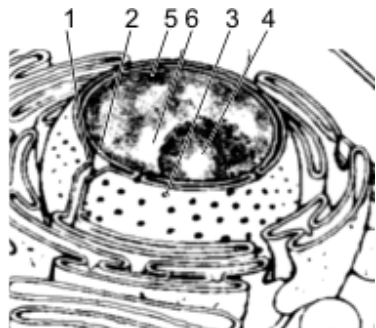
**Жгутики и реснички** — органоиды нитевидной формы, представляют собой аксонему, ограниченную мембраной. Аксонема — цилиндрическая структура; стенка цилиндра образована девятью парами микротрубочек, в его центре находятся две одиночные микротрубочки. В основании аксонемы находятся базальные тельца, представленные двумя взаимно перпендикулярными центриолями (каждое базальное тельце состоит из девяти триплетов микротрубочек, в его центре микротрубочек нет). Длина жгутика достигает 150 мкм, реснички в несколько раз короче.

**Миофибриллы** состоят из актиновых и миозиновых миофиламентов, обеспечивающих сокращение мышечных клеток.

Строение и функции ядра

Как правило, эукариотическая клетка имеет одно **ядро**, но встречаются двуядерные (инфузории) и многоядерные клетки (опалина). Некоторые высокоспециализированные клетки вторично утрачивают ядро (эритроциты млекопитающих, ситовидные трубки покрытосеменных).

Форма ядра — сферическая, эллипсоидная, реже лопастная, бобовидная и др. Диаметр ядра — обычно от 3 до 10 мкм.



#### **Строение ядра:**

1 — наружная мембрана; 2 — внутренняя мембрана; 3 — поры; 4 — ядрышко; 5 — гетерохроматин; 6 — эухроматин.

Ядро отграничено от цитоплазмы двумя мембранами (каждая из них имеет типичное строение). Между мембранами — узкая щель, заполненная полужидким веществом. В некоторых местах мембраны сливаются друг с другом, образуя поры (3), через которые происходит обмен веществ между ядром и цитоплазмой. Наружная ядерная (1) мембрана со стороны, обращенной в цитоплазму, покрыта рибосомами, придающими ей шероховатость, внутренняя (2) мембрана гладкая. Ядерные мембраны являются частью мембранной системы клетки: выросты наружной ядерной мембраны соединяются с каналами эндоплазматической сети, образуя единую систему сообщающихся каналов.

**Кариоплазма (ядерный сок, нуклеоплазма)** — внутреннее содержимое ядра, в котором располагаются хроматин и одно или несколько ядрышек. В состав ядерного сока входят различные белки (в том числе ферменты ядра), свободные нуклеотиды.

**Ядрышко** (4) представляет собой округлое плотное тельце, погруженное в ядерный сок. Количество ядрышек зависит от функционального состояния ядра и варьирует от 1 до 7 и более. Ядрышки обнаруживаются только в неделящихся ядрах, во время митоза они исчезают. Ядрышко образуется на определенных участках хромосом, несущих информацию о структуре рРНК. Такие участки называются ядрышковым организатором и содержат многочисленные копии генов, кодирующих рРНК. Из рРНК и белков, поступающих из цитоплазмы, формируются субъединицы рибосом. Таким образом, ядрышко представляет собой скопление рРНК и рибосомальных субъединиц на разных этапах их формирования.

**Хроматин** — внутренние нуклеопротеидные структуры ядра, окрашивающиеся некоторыми красителями и отличающиеся по форме от ядрышка. Хроматин имеет вид глыбок, гранул и нитей. Химический состав хроматина: 1) ДНК (30–45%), 2) гистоновые белки (30–50%), 3) негистоновые белки (4–33%), следовательно, хроматин является дезоксирибонуклеопротеидным комплексом (ДНП). В зависимости от функционального состояния хроматина различают: **гетерохроматин** (5) и **эухроматин** (6). Эухроматин — генетически активные, гетерохроматин — генетически неактивные участки хроматина. Эухроматин при световой микроскопии не различим, слабо окрашивается и представляет собой деконденсированные (деспирализованные, раскрученные) участки хроматина. Гетерохроматин под световым микроскопом имеет вид глыбок или гранул, интенсивно окрашивается и представляет собой конденсированные (спирализованные, уплотненные) участки хроматина. Хроматин — форма существования генетического материала в интерфазных клетках. Во время

деления клетки (митоз, мейоз) хроматин преобразуется в хромосомы.

**Функции ядра:** 1) хранение наследственной информации и передача ее дочерним клеткам в процессе деления, 2) регуляция жизнедеятельности клетки путем регуляции синтеза различных белков, 3) место образования субъединиц рибосом.

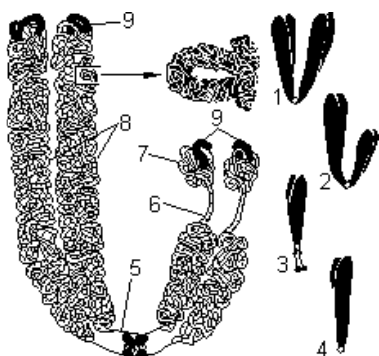
### Хромосомы



**Хромосомы** — это цитологические палочковидные структуры, представляющие собой конденсированный хроматин и появляющиеся в клетке во время митоза или мейоза. Хромосомы и хроматин — различные формы пространственной организации дезоксирибонуклеопротеидного комплекса, соответствующие разным фазам жизненного цикла клетки. Химический состав хромосом такой же, как и хроматина: 1) ДНК (30–45%), 2) гистоновые белки (30–50%), 3) негистоновые белки (4–33%).

Основу хромосомы составляет одна непрерывная двухцепочечная молекула ДНК; длина ДНК одной хромосомы может достигать нескольких сантиметров. Понятно, что молекула такой длины не может располагаться в клетке в вытянутом виде, а подвергается укладке, приобретая определенную трехмерную структуру, или конформацию. Можно выделить следующие уровни пространственной укладки ДНК и ДНП: 1) нуклеосомный (накручивание ДНК на белковые глобулы), 2) нуклеомерный, 3) хромомерный, 4) хромонемный, 5) хромосомный.

В процессе преобразования хроматина в хромосомы ДНП образует не только спирали и суперспирали, но еще петли и суперпетли. Поэтому процесс формирования хромосом, который происходит в профазу митоза или профазу I мейоза, лучше называть не спирализацией, а конденсацией хромосом.



**Хромосомы:** 1 — метацентрическая; 2 — субметацентрическая; 3, 4 — акроцентрические.  
**Строение хромосомы:** 5 — центромера; 6 — вторичная перетяжка; 7 — спутник; 8 — хроматиды;

9 — теломеры.

Метафазная хромосома (хромосомы изучаются в метафазу митоза) состоит из двух хроматид (8). Любая хромосома имеет **первичную перетяжку (центромеру)** (5), которая делит хромосому на плечи. Некоторые хромосомы имеют **вторичную перетяжку** (6) и **спутник** (7). Спутник — участок короткого плеча, отделяемый вторичной перетяжкой. Хромосомы, имеющие спутник, называются спутничными (3). Концы хромосом называются **теломерами** (9). В зависимости от положения центромеры выделяют: а) **метацентрические** (равноплечие) (1), б) **субметацентрические** (умеренно неравноплечие) (2), в) **акроцентрические** (резко неравноплечие) хромосомы (3, 4).

Соматические клетки содержат **диплоидный** (двойной —  $2n$ ) набор хромосом, половые клетки — **гаплоидный** (одинарный —  $n$ ). Диплоидный набор аскариды равен 2, дрозофилы — 8, шимпанзе — 48, речного рака — 196. Хромосомы диплоидного набора разбиваются на пары; хромосомы одной пары имеют одинаковое строение, размеры, набор генов и называются **гомологичными**.

**Кариотип** — совокупность сведений о числе, размерах и строении метафазных хромосом. Идиограмма — графическое изображение кариотипа. У представителей разных видов кариотипы разные, одного вида — одинаковые. **Аутосомы** — хромосомы, одинаковые для мужского и женского кариотипов. **Половые хромосомы** — хромосомы, по которым мужской кариотип отличается от женского.

**Функции хромосом:** 1) хранение наследственной информации, 2) передача генетического материала от материнской клетки к дочерним.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Каковы основные функции ядра?
2. Какова функция ядрышек?
3. Какой процесс осуществляется в рибосомах?
4. Какую функцию в клетке выполняет ЭПС?
5. Какие клеточные включения вы знаете?
6. Какую функцию выполняют лейкопласты?

### **Тема Обмен веществ и превращение энергии в клетке**

#### **План:**

1. Пластический обмен.
2. Энергетический обмен.
3. Фотосинтез.

**Пластический обмен** в клетке это совокупность реакций ассимиляции, т. е. превращение определенных веществ внутри клетки с момента их поступления до образования конечных продуктов — белков, глюкозы, жиров и пр. Для каждой группы живых организмов характерен особый, генетически закрепленный тип пластического обмена.

Пластический обмен у животных. Животные являются гетеротрофными организмами, т. е. они питаются пищей содержащей готовые органические вещества. В кишечном тракте или кишечной полости они расщепляются: белки до аминокислот, углеводы до моноз, жиры до жирных кислот и глицерина. Продукты расщепления проникают в кровь и непосредственно в клетки тела. В первом случае продукты расщепления опять таки оказываются в клетках организма. В клетках происходит синтез веществ характерный уже для данной клетки, т. е. формируется специфический набор веществ. Из реакций пластического обмена простейшими являются реакции обеспечивающие синтез белков. Синтез белка происходит на рибосомах, согласно информации о структуре белка содержащийся в ДНК, из аминокислот поступивших в клетку. Синтез ди-, полисахаридов идет из моноз в аппарате

Гольджи. Из глицерина и жирных кислот синтезируются жиры. Все реакции синтеза идут с участием ферментов и нуждаются в затрате энергии, энергию для реакций ассимиляции дает АТФ.

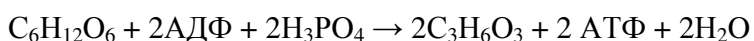
Пластический обмен в клетках растений имеет много общего с пластическим обменом в клетках животных, но обладает определенной специфичной связанной со способом питания растений. Растения это аутоотрофные организмы. Растительные клетки, содержащие хлоропласты, способны синтезировать органические вещества из простых неорганических соединений с использованием энергии света. Этот процесс известный под названием фотосинтеза позволяет растениям с участием хлорофила из шести молекул углекислого газа и шести молекул воды получать одну молекулу глюкозы и шесть молекул кислорода. В дальнейшем преобразование глюкозы идет по известному нам пути.

Метаболиты возникающие у растений в процессе обмена веществ дают начало составным элементам белков – аминокислотам и жиров – глицерину и жирным кислотам. Синтез белка у растений идет как и животных на рибосомах, а синтез жиров на цитоплазме. Все реакции пластического обмена у растений идут с участием ферментов и АТФ. В результате пластического обмена образуются вещества обеспечивающие рост и развитие клетки.

### *Энергетический обмен*

Энергетический обмен представляет собой совокупность механизмов, с помощью которых молекулы клеточного «топлива» разрушаются, а заключенная в них энергия превращается в энергию фосфатных связей АТФ. Энергетический обмен протекает в три основных этапа. Первый, или подготовительный, этап происходит в пищеварительном тракте животных и в цитоплазме клеток. В результате него происходит распад крупных молекул биополимеров до составляющих его мономеров: белки превращаются в аминокислоты, нуклеиновые кислоты — в мононуклеотиды, а затем в сахара, азотистые основания и фосфорную кислоту, углеводы — в простые сахара, а липиды — в глицерин и жирные кислоты. На этом этапе выделяется небольшое количество энергии, которое рассеивается в виде тепла.

На втором этапе энергетического обмена происходит бескислородное (анаэробное) многоступенчатое преобразование образующихся в результате первого этапа соединений в еще более простые вещества. Выделяющаяся при этом энергия частично запасается в виде терминальной фосфатной связи АТФ, то есть в процессе анаэробного расщепления из АДФ образуется АТФ. Характерным примером анаэробного превращения субстратов является гликолиз, в результате которого в отсутствие кислорода глюкоза превращается в молочную кислоту. Суммарно реакции гликолиза можно представить следующим уравнением:



В результате гликолиза одна молекула глюкозы, в состав которой входят 6 атомов углерода, сначала превращается в две молекулы трехуглеродной пировиноградной кислоты ( $C_3H_4O_3$ ). В некоторых случаях, например, в мышечных клетках пировиноградная кислота восстанавливается до молочной кислоты. При этом выделяется энергия (около 200 кДж), часть из которой (около 80 кДж) запасается в виде двух молекул АТФ. Для протекания гликолиза необходимо присутствие АДФ и фосфорной кислоты, но эти вещества постоянно присутствуют в цитоплазме клеток. Анаэробное расщепление глюкозы характерно для микроорганизмов, которые могут существовать в анаэробных условиях. Процесс гликолиза также интенсивно протекает в скелетных мышцах, которые способны длительно функционировать в отсутствие кислорода. В клетках растений и некоторых дрожжей гликолиз может идти по пути спиртового брожения: в этом случае образующаяся в результате гликолиза пировиноградная кислота превращается в углекислый газ и уксусный альдегид, который затем восстанавливается до этилового спирта.

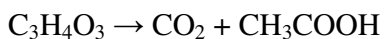
Поскольку живые организмы появились на Земле в то время, когда ее атмосфера еще не содержала кислорода, анаэробное брожение следует рассматривать как более простую форму биологического механизма, обеспечивающего получение энергии из питательных веществ. У большинства бактерий, дрожжей, грибов, а также в клетках всех высших растений и животных

анаэробное расщепление глюкозы представляет собой обязательную стадию превращения «топлива», за которым следует аэробная фаза — дыхание.

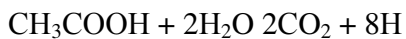
**Дыхание**, или окисление, представляет собой заключительный, третий этап энергетического обмена. В процессе этого этапа происходит окисление пировиноградной кислоты, образующейся в результате гликолиза, до углекислого газа и воды. Этот этап происходит с участием многочисленных ферментов, находящихся у растений и животных в митохондриях, а у бактерий — на цитоплазматической мембране, и молекулярного кислорода.

Количество энергии, освобождаемое при полном окислении глюкозы до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , почти в 15 раз больше того, что выделяется при превращении глюкозы в молочную кислоту. Таким образом, в процессе гликолиза освобождается очень небольшое количество энергии, которое потенциально может быть извлечено из глюкозы. Это объясняется тем, что продукт гликолиза — молочная кислота — соединение почти столь же сложное, как и глюкоза, и его углеродные атомы имеют почти ту же степень окисления, что и в глюкозе (соотношение между количеством атомов углерода и водорода в молочной кислоте то же, что и в глюкозе). Продукт заключительной стадии энергетического обмена,  $\text{CO}_2$ , значительно более простое соединение, у которого атом углерода полностью окислен. Именно в процессе окисления и выделяется значительное количество энергии, большая часть которой (около 40%) запасается в виде АТФ.

Общая схема процессов дыхания. Образующаяся в процессе гликолиза пировиноградная кислота проникает в митохондрии, где она подвергается окислительному декарбоксилированию, превращаясь в уксусную кислоту (ацетат), вернее, в ее активную форму:



Активные формы ацетата могут образовываться в организме также при расщеплении аминокислот и жирных кислот. Эти формы ацетата вступают в заключительную стадию окислительного катаболизма, где подвергаются каталитическому расщеплению с освобождением  $\text{CO}_2$  и атомов водорода:

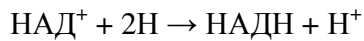


Циклическая совокупность реакций, в результате которых происходит превращение активной формы ацетата в углекислый газ и атомы водорода, называется циклом трикарбоновых кислот, или циклом Кребса. Основная часть образовавшихся в результате расщепления ацетата атомов водорода переносится на окислитель НАД + (никотинамидадениндинуклеотид), соединение, которое относится к пиридиновым нуклеотидам и используется в процессах метаболизма как переносчик атомов водорода.

Энергия, освобождающаяся в процессе дыхания, может запасаться в виде АТФ благодаря последовательному протеканию окислительно-восстановительных реакций. Окислительно-восстановительными называются реакции, в процессе которых происходит перенос электронов от доноров электронов (восстановителя) к акцептору электронов (окислителю). В некоторых окислительно-восстановительных реакциях перенос электронов осуществляется путем передачи атомов водорода; таким образом, дегидрирование и окисление являются эквивалентными процессами. Часто для обозначения электронов или атомов водорода, принимающих участие в окислительно-восстановительном процессе, используют термин восстановительные эквиваленты.

Окислители и восстановители функционируют как сопряженные окислительно-восстановительные пары. В реакциях метаболизма такие окислительно-восстановительные пары представлены, в частности, пиридиновыми нуклеотидами, НАД и НАДФ (последнее соединение является фосфорилированной формой НАД). Эти соединения входят в состав ферментов, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях. В окислительно-восстановительных реакциях, протекающих в живых системах, окисленная форма этих соединений (обозначается как  $\text{НАД}^+$  и  $\text{НАДФ}^+$ ) переходит в восстановленную форму (обозначается как НАДН и НАДФН). При этом

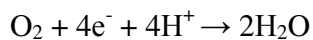
от молекулы субстрата, участвующей в окислительном-восстановительном процессе, уходят два восстановительных эквивалента. Они представлены гидрид ионом ( $\text{H}^-$ , два электрона и протон), который связывается с молекулой  $\text{НАД}^+$ . Освобождающийся после связывания гидрид иона протон ( $\text{H}^+$ ) переходит в окружающую среду:



Восстановленная молекула НАД (НАДН) вступает во взаимодействие с начальным компонентом дыхательной цепи. Дыхательная цепь состоит из последовательно расположенных в мембране митохондрий белков, являющихся переносчиками восстановительных эквивалентов (водорода или электронов). Значительная часть переносчиков представлена цитохромами — железосодержащими белками. В ходе переноса электронов по дыхательной цепи валентность железа в цитохромах обратимо изменяется:  $\text{Fe(II)} \rightarrow \text{Fe(III)}$ . Электроны последовательно передаются от одного переносчика к другому, и в конечном итоге — к молекулярному кислороду. Последний цитохром в цепи реагирует с молекулярным кислородом. Процесс переноса электронов по дыхательной цепи, который представляет собой совокупность окислительно-восстановительных реакций, сопровождается выделением значительного количества энергии. Часть этой энергии запасается в виде АТФ, которая образуется в результате сопряженного с окислением фосфорилирования АДФ.

В клетках эукариот процесс дыхания, сопряженного с трансформацией энергии, происходит во внутренней мембране митохондрий. Внутренняя мембрана митохондрий образует многочисленные глубокие складки, называемые кристами. У бактерий, способных дышать, этот процесс осуществляется на цитоплазматической мембране. Превращение энергии, освобождающейся при перемещении электронов по дыхательной цепи, возможно только в том случае, если внутренняя мембрана митохондрий непроницаема для ионов. Это обусловлено тем, что энергия запасается в виде разницы концентраций (градиента) протонов.

Процесс передачи восстановительных эквивалентов по дыхательной цепи осуществляется таким образом, что на некоторых стадиях происходит перемещение от одного компонента дыхательной цепи к другому не только электрона, но и протона (то есть переносится атом водорода). Компоненты дыхательной цепи расположены в мембране митохондрий так, что этот протон связывается с переносчиком на внутренней стороне мембраны митохондрий. Атомы водорода (суммарно электрон и протон) пересекают мембрану, протон освобождается с наружной стороны мембраны, а электроны продолжают свой путь по дыхательной цепи. На заключительном этапе с электронами, прошедшими свой путь по дыхательной цепи, взаимодействует молекулярный кислород и протоны, которые постоянно присутствуют в воде. В результате этой реакции образуются молекулы воды:



Перемещение протонов из матрикса в межмембранное пространство митохондрий, которое осуществляется благодаря функционированию дыхательной цепи, приводит к тому, что матрикс митохондрий защелачивается, а межмембранное пространство закисляется. Таким образом, в процессе функционирования дыхательной цепи внутренняя сторона митохондриальной мембраны заряжается отрицательно, а наружная — положительно. Образовавшаяся разница в концентрации протонов по разные стороны митохондриальной мембраны может быть использована для синтеза АТФ из АДФ и неорганического фосфата. Синтез осуществляется специальным ферментом, встроенным в мембрану митохондрий и называемым АТФ-синтазой.

Молекула АТФ-синтазы расположена в митохондриальной мембране таким образом, что формирует канал, пересекающий мембрану, по которому могут перемещаться протоны. Внутрь матрикса выступает значительная часть молекулы АТФ-синтазы, которая непосредственно обеспечивает образование АТФ из АДФ и неорганического фосфата. Когда канал открывается, то протоны свободно перемещаются по нему с внешней стороны мембраны на внутреннюю, то есть из

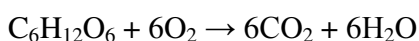


межмембранного пространства, где концентрация протонов высока, в матрикс, где она ниже. Однако канал открывается в том случае, когда разность потенциалов на мембране достигает критического уровня (более 100 мВ). При прохождении протонов через канал освобождается энергия, за счет которой обеспечивается присоединение неорганического фосфата к АДФ с образованием макроэргической связи.

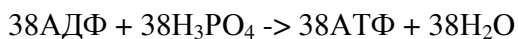
Баланс энергии. При полном окислении одной молекулы глюкозы в результате гликолиза и последующего аэробного окисления синтезируется тридцать восемь молекул АТФ. Суммарно этот процесс можно представить в виде следующего уравнения:



Таким образом, в результате превращения глюкозы в углекислый газ и воду, описываемого уравнением:



осуществляется синтез АТФ из АДФ и неорганического фосфата в соответствии с уравнением:



Учитывая, что терминальная фосфатная связь в молекуле АТФ сохраняет около 40 кДж энергии, можно заключить, что полное окисление глюкозы в организме позволяет запасти 1520 кДж энергии.

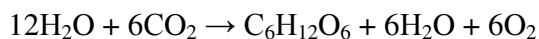
**Фотосинтез.** По тому, какой тип питания используют живые организмы, их можно разделить на две большие группы: автотрофы и гетеротрофы.

Гетеротрофы — это организмы, которые не способны к синтезу органических веществ из неорганических. По этой причине они используют в качестве пищи готовые органические соединения. К гетеротрофам относятся животные, а также значительная часть грибов и бактерий.

Автотрофы — это организмы, осуществляющие синтез органических соединений из неорганических. К автотрофам относятся все растения и некоторые бактерии. В свою очередь, автотрофы можно разделить на хемо- и фотосинтезирующие. К хемосинтезирующим относятся бактерии, которые способны использовать энергию, выделяющуюся при окислении некоторых химических веществ, например сероводорода, аммиака, нитритов. Фотосинтезирующие организмы, к которым относятся как эукариоты (высшие зеленые растения, зеленые, бурые и красные водоросли, эвгленовые и диатомовые водоросли), так и прокариоты (сине-зеленые водоросли, зеленые и пурпурные бактерии) используют для синтеза органических соединений энергию солнечного света.

Синтез органических соединений с использованием энергии солнечного света называется фотосинтезом.

Суммарное уравнение фотосинтеза для всех фотосинтезирующих организмов, за исключением бактерий, может быть представлено в следующем виде:



Фотосинтез протекает в специализированных органоидах зеленых растений, называемых хлоропластами. У фотосинтезирующих бактерий этот процесс осуществляется на наружной мембране бактерии или в хроматофорах, мелких сферических мембранных пузырьках, расположенных в цитозоле бактериальной клетки. В структурном отношении хлоропласты близки к митохондриям: они имеют двойную мембрану, причем внутренняя мембрана свернута в множество уплощенных пузырьков, называемых тилакоидами. Внутри тилакоидов находятся пигменты, улавливающие свет. Процесс фотосинтеза можно разделить на две фазы: световую и темновую.

*Световая фаза.* Фотосинтез начинается с момента освещения хлоропласта видимым светом и включает реакции, непосредственно связанные с использованием света. Все фотосинтезирующие

клетки содержат один или несколько классов зеленых пигментов, содержащих магний и называемых хлорофиллами. Молекулы хлорофилла способны улавливать свет в красной области спектра. Поглощение кванта света молекулой хлорофилла приводит к ее «возбуждению», то есть к переходу одного из электронов на более высокий энергетический уровень. Возбужденный электрон переносится на следующий компонент цепи переноса электронов, аналогичной дыхательной цепи. Значительная часть компонентов этой цепи представлена цитохромами (железосодержащие белки) и медьсодержащими белками. Сам процесс переноса электронов представляет собой последовательно происходящие окислительно-восстановительные реакции.

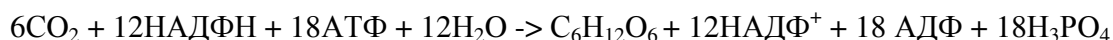
После того как электрон уходит с молекулы хлорофилла на следующий компонент цепи переноса электронов (хлорофилл при этом окисляется), происходит его восстановление за счет электронов, входящих в состав молекулы воды. При этом с участием специальных ферментов молекула воды распадается на электрон, переносимый к молекуле окисленного хлорофилла, протон и атомарный кислород. Этот процесс происходит с внутренней стороны мембраны тилакоида. Два атома кислорода объединяются в молекулу O<sub>2</sub>, которая путем диффузии покидает хлоропласт. Таким образом, кислород, являющийся продуктом фотосинтеза, образуется из воды.

Так же как и в дыхательной цепи, на некоторых этапах цепи переноса в хлоропластах осуществляется перенос электронов через мембрану совместно с протонами (то есть в виде атомов водорода), а затем пути протонов и электронов разделяются: протоны переносятся с одной стороны мембраны на другую, а электроны продолжают дальнейший путь по цепи переноса. Итоговым результатом такого процесса является создание градиента протонов: при этом внутреннее пространство тилакоида закисляется и обращенная внутрь часть мембраны становится положительно заряженной, а часть мембраны, обращенная в межмембранное пространство, становится заряженной отрицательно (межмембранное пространство защелачивается). Энергия, запасенная в виде градиента концентраций протонов, используется АТФ-синтазой для синтеза АТФ из АДФ и неорганического фосфата.

В конечном итоге электроны, переносимые по фотосинтетической цепи переноса электронов, включаются в окисленную форму икотинамидадениндинуклеотидфосфата, НАДФ<sup>+</sup>, восстанавливая последний до НАДФН. Мы уже упоминали, что пары НАД<sup>+</sup>/НАДН и НАДФ<sup>+</sup>/НАДФН представляют собой унифицированные окислительно-восстановительные пары соединений, используемые в различных биохимических реакциях в качестве окислителей или восстановителей.

Таким образом, в результате световой стадии фотосинтеза электроны, переносимые с возбужденной молекулы хлорофилла по цепи переноса электронов, обеспечивают, с одной стороны, создание градиента протонов, энергия которого запасается в виде терминальной фосфатной связи АТФ, а с другой стороны, обеспечивают образование восстановителя НАФН, который затем используется в темновой фазе фотосинтеза для образования углеводов из углекислого газа и воды.

*Темновая фаза фотосинтеза.* Энергия в виде АТФ и восстановительные эквиваленты в виде НАФН, образующиеся в фотосинтезирующих организмах на свету, используются в дальнейшем для синтеза углеводов, то есть для восстановления CO<sub>2</sub> до глюкозы и других Сахаров. Эти реакции могут протекать как на свету, так и в темноте, поэтому называются темновой фазой фотосинтеза. Суммарное уравнение, описывающее темновой процесс образования глюкозы из CO<sub>2</sub>, имеет следующий вид:



Процесс синтеза глюкозы осуществляется в результате большого числа последовательных ферментативных реакций. В дальнейшем из глюкозы могут образовываться более сложные ди- и полисахариды, а также аминокислоты, жирные кислоты и другие органические соединения.

Значение фотосинтеза. Процесс фотосинтеза является основным процессом, в результате которого из неорганических соединений (двуокиси углерода и воды) осуществляется синтез органических соединений. Таким образом, фотосинтезирующие организмы (автотрофы) способны за счет энергии Солнца синтезировать органические вещества, необходимые для их роста и развития.

Более того, сами фотосинтезирующие организмы или продукты их жизнедеятельности служат пищей для всех остальных членов биосферы (гетеротрофов). Таким образом, жизнь на Земле должна была бы прекратиться, не будь постоянного поступления энергии в виде солнечного излучения и фотосинтеза, который эту энергию использует.

Для того, чтобы расходовать запасенную энергию, организмы осуществляют деградацию питательных веществ, главным образом окислительную. Для протекания окислительных процессов используется кислород, при этом органические соединения превращаются в двуокись кислорода. Фотосинтез способствует сохранению равновесия в биосфере, восстанавливая  $\text{CO}_2$  до органических соединений и выделяя в атмосферу молекулярный кислород. Только в результате появления организмов, способных производить кислород, могла возникнуть среда, пригодная для развития всех тех форм жизни, которые используют кислород.

### **Контрольные вопросы:**

1. В чем сущность обмена веществ и превращения энергии?
2. Какие два процесса составляют обмен веществ и превращение энергии в живом?
3. Почему АТФ можно назвать универсальным источником энергии в реакциях обмена веществ и превращения энергии?
4. Что является основным источником энергии на Земле?
5. На какие группы подразделяют организмы по характеру используемой ими энергии и по источнику получения органических веществ?
6. Какие группы выделяют среди организмов по отношению к кислороду?
7. Почему фотосинтез можно называть основным процессом, обеспечивающим жизнь на Земле?

### **Тема Жизненный цикл клетки. Митоз.**

#### **План:**

1. Фазы митоза.
2. Нетипичные формы митоза
3. Биологическое значение митоза.

Важнейшим компонентом клеточного цикла является митотический (пролиферативный) цикл. Он представляет собой комплекс взаимосвязанных и согласованных явлений во время деления клетки, а также до и после него. *Митотический цикл* — это совокупность процессов, происходящих в клетке от одного деления до следующего и заканчивающихся образованием двух клеток следующей генерации. Кроме этого, в понятие жизненного цикла входят также период выполнения клеткой своих функций и периоды покоя. В это время дальнейшая клеточная судьба неопределенна: клетка может начать делиться (вступает в митоз) либо начать готовиться к выполнению специфических функций.

#### **Основные стадии митоза.**

1. Редупликация (самоудвоение) генетической информации материнской клетки и равномерное распределение ее между дочерними клетками. Это сопровождается изменениями структуры и морфологии хромосом, в которых сосредоточено более 90% информации эукариотической клетки.

2. Митотический цикл состоит из четырех последовательных периодов: пресинтетического (или постмитотического) G1, синтетического S, постсинтетического (или премитотического) G2 и собственно митоза. Они составляют автокаталитическую интерфазу (подготовительный период).

#### **Фазы клеточного цикла:**

1) пресинтетическая (G1) ( $2n2c$ , где  $n$ -число хромосом,  $c$ - число молекул). Идет сразу после деления клетки. Синтеза ДНК еще не происходит. Клетка активно растет в размерах, запасает вещества, необходимые для деления: белки (гистоны, структурные белки, ферменты), РНК, молекулы АТФ. Происходит деление митохондрий и хлоропластов (т. е. структур, способных к

ауторепродукции). Восстанавливаются черты организации интерфазной клетки после предшествующего деления;

2) синтетическая (S) ( $2n4c$ ). Происходит удвоение генетического материала путем репликации ДНК. Она происходит полуконсервативным способом, когда двойная спираль молекулы ДНК расходится на две цепи и на каждой из них синтезируется комплементарная цепочка.

В итоге образуются две идентичные двойные спирали ДНК, каждая из которых состоит из одной новой и старой цепи ДНК. Количество наследственного материала удваивается. Кроме этого, продолжается синтез РНК и белков. Также репликации подвергается небольшая часть митохондриальной ДНК (основная же ее часть реплицируется в G2 период);

3) постсинтетическая (G2) ( $2n4c$ ). ДНК уже не синтезируется, но происходит исправление недочетов, допущенных при синтезе ее в S период (репарация). Также накапливаются энергия и питательные вещества, продолжается синтез РНК и белков (преимущественно ядерных).

S и G2 непосредственно связаны с митозом, поэтому их иногда выделяют в отдельный период — препрофазу.

После этого наступает собственно митоз, который состоит из четырех фаз. Процесс деления включает в себя несколько последовательных фаз и представляет собой цикл. Его продолжительность различна и составляет у большинства клеток от 10 до 50 ч. При этом у клеток тела человека продолжительность самого митоза составляет 1—1,5 ч, G2-периода интерфазы — 2—3 ч, S-периода интерфазы — 6—10 ч.

#### **Стадии митоза.**

Процесс митоза принято подразделять на четыре основные фазы: *профазу*, *метафазу*, *анафазу* и *телофазу* (рис. 1–3). Так как он непрерывен, смена фаз осуществляется плавно — одна незаметно переходит в другую.

**В профазе** увеличивается объем ядра, и вследствие спирализации хроматина формируются хромосомы. К концу профазы видно, что каждая хромосома состоит из двух хроматид. Постепенно растворяются ядрышки и ядерная оболочка, и хромосомы оказываются беспорядочно расположенными в цитоплазме клетки. Центриоли расходятся к полюсам клетки. Формируется ахроматиновое веретено деления, часть нитей которого идет от полюса к полюсу, а часть — прикрепляется к центромерам хромосом. Содержание генетического материала в клетке остается неизменным ( $2n4c$ ).

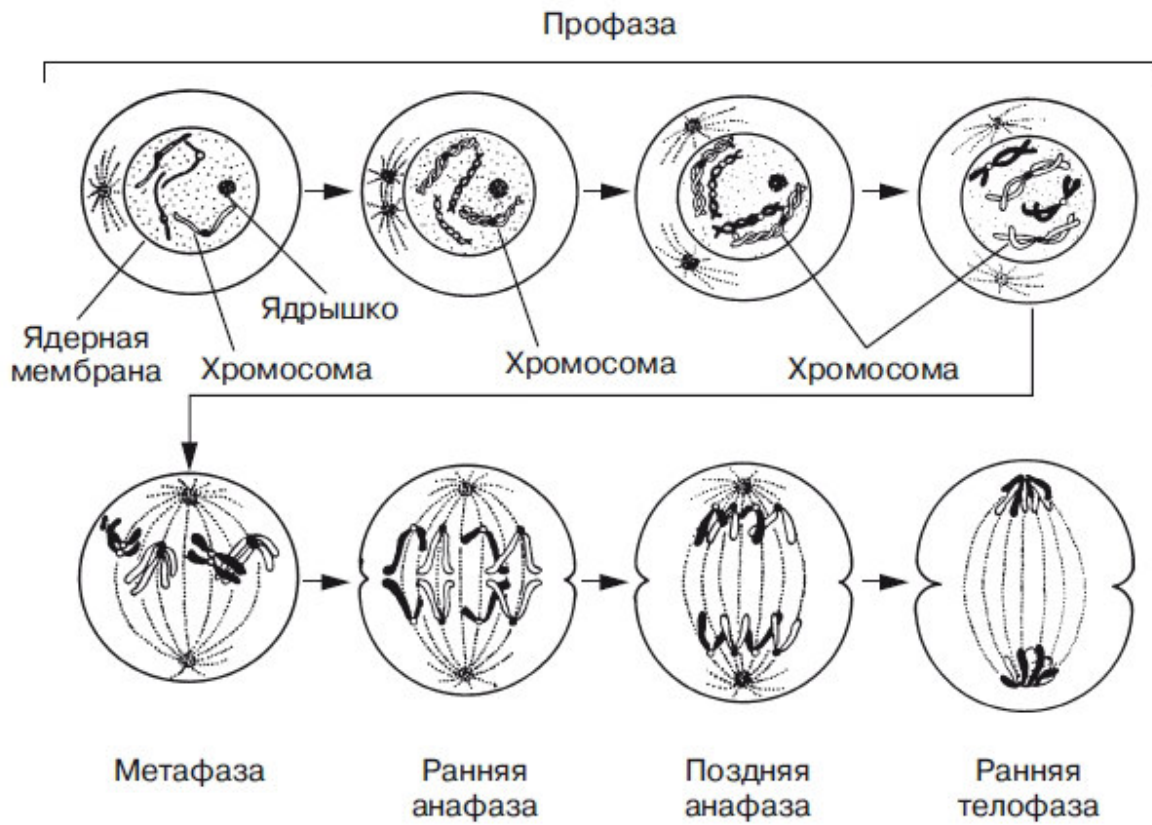
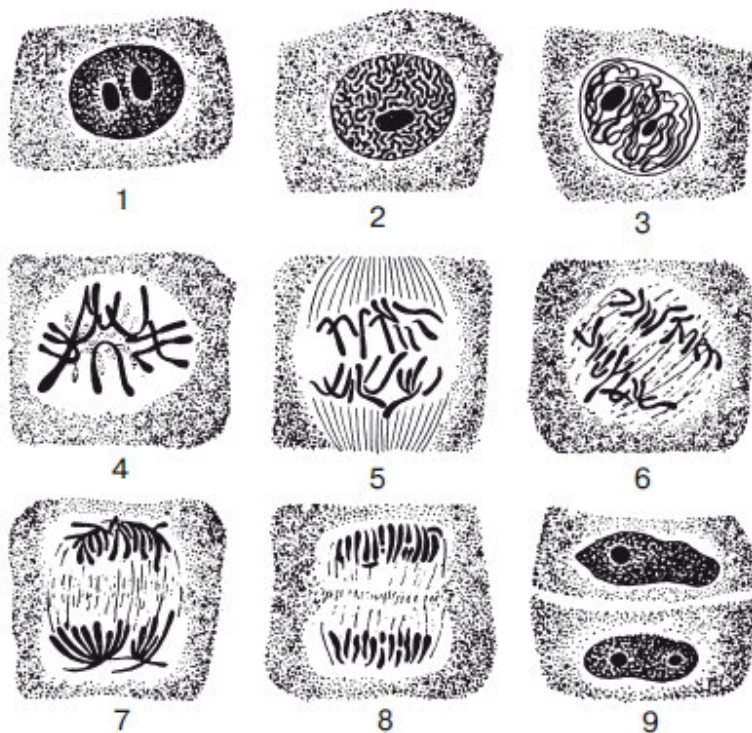


Рис. 1. Схема митоза в клетках корешка лука



Митоз в клетках кончика корешка лука: а — интерфаза; б — профаза; в — метафаза; г — анафаза; л, е — ранняя и поздняя телофазы

**В метафазе** хромосомы достигают максимальной спирализации и располагаются упорядоченно на экваторе клетки, поэтому их подсчет и изучение проводят в этот период. Содержание генетического материала не изменяется ( $2n4c$ ).

**В анафазе** каждая хромосома «расщепляется» на две хроматиды, которые с этого момента называются дочерними хромосомами. Нити веретена, прикрепленные к центромерам, сокращаются и тянут хроматиды (дочерние хромосомы) к противоположным полюсам клетки. Содержание генетического материала в клетке у каждого полюса представлено диплоидным набором хромосом, но каждая хромосома содержит одну хроматиду ( $4n4c$ ).

**В телофазе** расположившиеся у полюсов хромосомы деспирализуются и становятся плохо видимыми. Вокруг хромосом у каждого полюса из мембранных структур цитоплазмы формируется ядерная оболочка, в ядрах образуются ядрышки. Разрушается веретено деления. Одновременно идет деление цитоплазмы. Дочерние клетки имеют диплоидный набор хромосом, каждая из которых состоит из одной хроматиды ( $2n2c$ ).

### **Нетипичные формы митоза**

К нетипичным формам митоза относятся амитоз, эндомитоз, политения.

1. Амитоз — это прямое деление ядра. При этом сохраняется морфология ядра, видны ядрышко и ядерная мембрана. Хромосомы не видны, и их равномерного распределения не происходит. Ядро делится на две относительно равные части без образования митотического аппарата (системы микротрубочек, центриолей, структурированных хромосом). Если при этом деление заканчивается, возникает двухъядерная клетка. Но иногда перешнуровывается и цитоплазма.

Такой вид деления существует в некоторых дифференцированных тканях (в клетках скелетной мускулатуры, кожи, соединительной ткани), а также в патологически измененных тканях. Амитоз никогда не встречается в клетках, которые нуждаются в сохранении полноценной генетической информации, — оплодотворенных яйцеклетках, клетках нормально развивающегося эмбриона. Этот способ деления не может считаться полноценным способом размножения эукариотических клеток.

2. Эндомитоз. При этом типе деления после репликации ДНК не происходит разделения хромосом на две дочерние хроматиды. Это приводит к увеличению числа хромосом в клетке иногда в десятки раз по сравнению с диплоидным набором. Так возникают полиплоидные клетки. В норме этот процесс имеет место в интенсивно функционирующих тканях, например, в печени, где полиплоидные клетки встречаются очень часто. Однако с генетической точки зрения эндомитоз представляет собой геномную соматическую мутацию.

3. Политения. Происходит кратное увеличение содержания ДНК (хромонем) в хромосомах без увеличения содержания самих хромосом. При этом количество хромонем может достигать 1000 и более, хромосомы при этом приобретают гигантские размеры. При политении выпадают все фазы митотического цикла, кроме репродукции первичных нитей ДНК. Такой тип деления наблюдается в некоторых высокоспециализированных тканях (печеночных клетках, клетках слюнных желез двукрылых насекомых). По-литенные хромосомы дрозофил используются для построения цитологических карт генов в хромосомах.

### **Биологическое значение митоза.**

Оно состоит в том, что митоз обеспечивает наследственную передачу признаков и свойств в ряду поколений клеток при развитии многоклеточного организма. Благодаря точному и равномерному распределению хромосом при митозе все клетки единого организма генетически одинаковы.

Митотическое деление клеток лежит в основе всех форм бесполого размножения как у одноклеточных, так и у многоклеточных организмов. Митоз обуславливает важнейшие явления жизнедеятельности: рост, развитие и восстановление тканей и органов и бесполое размножение организмов.

### Контрольные вопросы:

1. Какой цикл называется митотическим?
2. Какие процессы происходят в клетке в интерфазу?
3. Какие фазы выделяют в процессе митоза?
4. В какую фазу митоза образуется веретено деления?
5. Каково биологическое значение митоза?

## Раздел II ОРГАНИЗМ. РАЗМНОЖЕНИЕ И ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ

### Тема Формы размножения организмов

#### План:

1. Бесполое размножение.
2. Половое размножение.

Свойство организмов воспроизводить себе подобных, обеспечивающее непрерывность жизни, называется **размножением**. Бесполое размножение характеризуется тем, что новая особь развивается из неполовых, соматических (**телесных**) клеток. В **бесполом размножении** участвует только одна исходная особь. В этом случае организм может развиваться из одной клетки, а возникшие потомки по своим наследственным признакам идентичны материнскому организму. Бесполое размножение широко распространено среди растений и значительно реже встречается у животных. Многие простейшие размножаются путем обычного **митотического деления клетки** ( путем деления материнской клетки пополам (бактерии, эвглены, амёбы, инфузории)). Другим одноклеточным животным, например малярийному плазмодию (возбудителю малярии), свойственно **спорообразование**. Оно заключается в том, что клетка распадается на большое число особей, равное количеству ядер, заранее образованных в родительской клетке в результате многократного деления ее ядра. Многоклеточные организмы также способны к спорообразованию: у грибов, водорослей, мхов и папоротникообразных споры и зооспоры образуются в специальных органах - спорангиях и зооспорангиях.

Как у одноклеточных, так и у многоклеточных организмов способом бесполого размножения служит также **почкование**. Например, у дрожжевых грибов и некоторых инфузорий. У многоклеточных (пресноводная гидра) почка состоит из группы клеток обеих слоев стенки тела. У многоклеточных животных бесполое размножение осуществляется также путем деления тела на две части (медузы, кольчатые черви) или же путем фрагментации тела на несколько частей (плоские черви, иглокожие). У растений широко распространено вегетативное размножение, т. е. размножение частями тела: участками слоевища (у водорослей, грибов, лишайников); с помощью корневища (у папоротникообразных и цветковых); участками стебля (усы у земляники, черники, у плодовых кустарников отводки у крыжовника, винограда); корнями (корневые отпрыски у малины) листьями (у бегоний). В процессе эволюции у растений образовались специальные органы вегетативного размножения: видоизмененные побеги (луковица, клубень картофеля) видоизмененные корни - корнеплоды (свекла, морковь) и корневые клубни (георгины).



ТАБЛИЦА

Способ размножения	Особенности размножения	Примеры организмов
Деление клетки надвое	Тело исходной (родительской) клетки делится митозом на две части, каждая из которых дает начало новым полноценным клеткам	Прокариоты. Одноклеточные эукариоты (саркодовые - амеба)
Множественное деление клетки	Тело исходной клетки делится митотически на несколько частей, каждая из которых становится новой клеткой	Одноклеточные эукариоты (жгутиковые, споровики)
Неравномерное деление клетки (почкование)	На материнской клетке сначала формируется бугорок, содержащий ядро. Почка растет, достигает размера материнской, отделяется	Одноклеточные эукариоты, некоторые инфузории, дрожжи
Спорообразование	Спора - особая клетка, покрыта плотной оболочкой, защищающей от внешних воздействий	Споровые растения; некоторые простейшие
Вегетативное размножение	Увеличение числа особей данного вида происходит путем отделения жизнеспособных частей вегетативного тела организма	Растения, животные
- у растений	Образование почек, стеблевых и корневых клубней, луковиц, корневищ	Лилейные, пасленовые, крыжовниковые и др.
- у животных	Упорядоченное и неупорядоченное деление	Кишечнополостные, морские звезды, кольчатые черви

Преимственность поколений в природе осуществляется за счет размножения организмов. *Размножение* - способность организма воспроизводить себе подобное. В природе существуют два типа размножения организмов: бесполое и половое.

Бесполое размножение - образование нового организма из одной или группы клеток исходного материнского организма. В этом случае в размножении участвует только одна родительская особь, которая передает свою наследственную информацию дочерним особям. В основе бесполого размножения лежит митоз. Встречается несколько форм бесполого размножения.

*Простое деление*, или деление надвое, характерно для одноклеточных организмов. Из одной клетки путем митоза образуются две дочерние, каждая из которых становится новым организмом.

*Почкование* - форма бесполого размножения, при которой от родительской особи отделяется дочерний организм. Такая форма характерна для грибов, гидры и некоторых других животных.

У споровых растений (водорослей, мхов, папоротников) размножение происходит с помощью *спор*, специальных клеток, образующихся в материнском организме. Каждая спора, прорастая, дает начало новому организму.

*Вегетативное размножение* - разновидность бесполого размножения отдельными органами, частями органов или тела. Оно основано на способности организмов восстанавливать недостающие



части тела - регенерации. Встречается у растений (размножение стеблями, листьями, побегами), у низших беспозвоночных животных (кишечнополостных, плоских червей).

*Половое размножение* - образование нового организма при участии двух родительских особей. При половом размножении происходит слияние половых клеток - гамет мужского и женского организма. Новый организм несет наследственную информацию обоих родителей. Половые клетки формируются в результате особого типа деления, при котором число хромосом во вновь образующихся клетках в два раза меньше, чем в исходной материнской клетке. Таким образом, гаметы имеют в два раза меньшее число хромосом. В результате слияния двух гамет число хромосом во вновь образовавшейся клетке. - зиготе - увеличивается в два раза, т.е. восстанавливается, причем одна половина всех хромосом является отцовской, другая - материнской.

#### Хромосомный набор клеток

В клетках большинства организмов хромосомы парные. Парные хромосомы, одинаковые по форме, величине и наследственной информации, называют гомологичными, а двойной, парный набор хромосом, - диплоидным (2n). В некоторых клетках и организмах содержится одинарный, гаплоидный набор хромосом (n). В этом случае одинаковых хромосом нет.

Число хромосом для каждого вида организмов постоянно. Так, в клетках человека - 46 хромосом (23 пары), голубя - 80 (40 пар), дождевого червя - 36 (18 пар), в клетках пшеницы - 28 (14 пар). Эти организмы содержат диплоидный набор хромосом. Некоторые организмы, такие как водоросли, мхи, грибы, имеют одиночный, гаплоидный набор хромосом. Гаплоидный набор обозначают буквой n, диплоидный - 2n.

#### Образование половых клеток у животных

Гаметогенез - это процесс образования половых клеток. Животные имеют диплоидный набор хромосом. В процессе гаметогенеза, в основе которого лежит мейоз, образующиеся гаметы имеют гаплоидный набор хромосом. Гаметы образуются в половых железах или специализированных клетках. У животных это семенники и яичники. Гаметогенез протекает последовательно в трех зонах и заканчивается созреванием гамет.

*Зона размножения.* В ней содержатся первичные половые клетки с диплоидным набором хромосом 2n. Клетки в этой зоне делятся митозом, что способствует увеличению их количества.

*Зона роста.* В этой зоне деление клеток не происходит. Они растут, запасают питательные вещества. Здесь протекает интерфаза перед мейотическим делением. Клетки имеют диплоидный набор хромосом.

*Зона созревания.* В этой зоне происходит мейоз, окончательно формируются и созревают гаметы.

Сперматогенез - процесс образования мужских половых клеток - сперматозоидов. В зоне размножения в сперматогенной ткани в результате митоза образуются многочисленные клетки - сперматогонии (2n). В зоне роста сперматогонии незначительно увеличиваются, и из каждой клетки развивается сперматоцит I порядка, готовый к редукционному делению. В зоне созревания в процессе 1-го деления мейоза образуются 2 сперматоцита II порядка, а затем во 2-м делении 4 гаметы - сперматиды (n). Все 4 клетки, одинаковые по величине, созревают и образуют 4 сперматозоида.

*Сперматозоиды* - небольшие подвижные клетки, состоящие из головки, шейки и хвостика. В головке находится ядро с гаплоидным набором хромосом. На заостренном кольце располагается аппарат Гольджи со специальными ферментами, разрушающими оболочку яйцеклетки. В шейке находятся центриоли и многочисленные митохондрии, обеспечивающие энергией сперматозоид при его движении. Хвостик служит для движения сперматозоида и по строению сходен со жгутиком у одноклеточных. Все образующиеся сперматозоиды имеют одинаковую величину.

Оогенез - процесс образования женских половых клеток - яйцеклеток. В зоне размножения в оогенной ткани находятся многочисленные клетки - оогонии (2n). Они размножаются митозом. Каждая оогония переходит в зону роста, начинает усиленно расти, накапливать питательные вещества в виде зерен желтка. Она превращается в ооцит I порядка. Процесс роста ооцита значительно продолжительнее, чем сперматоцита. В зоне созревания ооцит I порядка делится мейозом неравномерно. После 1-го деления образуется 1 крупная клетка - ооцит II порядка, куда переходят все

питательные вещества, и 1 мелкая клетка - первичное направительное тельце, где имеется только ядро. После 2-го деления мейоза из ооцита II порядка образуется опять 1 крупная клетка - яйцеклетка и 1 вторичное направительное тельце. Из первичного направительного тельца образуются 2 мелких вторичных направительных тельца. Таким образом, при оогенезе из каждой исходной клетки образуется 1 крупная яйцеклетка (л) и 3 направительных тельца (л), которые погибают. Направительные тельца служат только для равномерного распределения хромосом в мейозе.

*Яйцеклетка* - округлая неподвижная клетка, содержащая ядро и много питательного вещества в виде желтка. Размеры яйцеклеток различны у разных видов животных. Например, у млекопитающих диаметр их составляет 0,2 мм-60 мкм, у амфибий и рыб - 3-5 мм, а у рептилий и птиц достигает нескольких сантиметров. Например, размер яйцеклетки курицы - 3 см. На верхнем полюсе яйцеклетки находится зародышевый диск, где располагается ядро.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какое размножение называется бесполом?
2. Какие виды бесполого размножения различают?
3. Где формируются яйцеклетки?
4. В чем преимущество полового размножения перед бесполом?

## **Тема Мейоз**

### **План:**

- 1. Механизм мейоза.**
- 2. Биологическое значение мейоза.**

При половом размножении дочерний организм возникает в результате слияния двух половых клеток (*гамет*) и последующего развития из оплодотворенной яйцеклетки — *зиготы*.

Половые клетки родителей обладают гаплоидным набором ( $n$ ) хромосом, а в зиготе при объединении двух таких наборов число хромосом становится диплоидным ( $2n$ ): *каждая пара гомологичных хромосом содержит одну отцовскую и одну материнскую хромосому*.

Гаплоидные клетки образуются из диплоидных в результате особого клеточного деления — мейоза.

Мейоз — *разновидность митоза, в результате которого из диплоидных ( $2n$ ) соматических клеток половых желез образуются гаплоидные гаметы ( $1n$ )*. При оплодотворении ядра гаметы сливаются, и восстанавливается диплоидный набор хромосом. Таким образом, мейоз обеспечивает сохранение постоянного для каждого вида набора хромосом и количества ДНК.

Мейоз представляет собой непрерывный процесс, состоящий из двух последовательных делений, называемых мейозом I и мейозом II. В каждом делении различают профазу, метафазу, анафазу и телофазу. В результате мейоза I число хромосом уменьшается вдвое (*редукционное деление*): при мейозе II гаплоидность клеток сохраняется (*эквационное деление*). Клетки, вступающие в мейоз, содержат генетическую информацию  $2n2x$  (рис. 1).

В профазе мейоза I происходит постепенная спирализация хроматина с образованием хромосом. Гомологичные хромосомы сближаются, образуя общую структуру, состоящую из двух хромосом (бивалент) и четырех хроматид (тетрада). Соприкосновение двух гомологичных хромосом по всей длине называется конъюгацией. Затем между гомологичными хромосомами появляются силы отталкивания, и хромосомы сначала разделяются в области центромер, оставаясь соединенными в области плеч, и образуют перекресты (хиазмы). Расхождение хроматид постепенно увеличивается, и перекресты смещаются к их концам. В процессе конъюгации между некоторыми хроматидами гомологичных хромосом может происходить обмен участками — кроссинговер, приводящий к рекомбинации генетического материала. К концу профазы растворяются ядерная оболочка и

ядрышки, формируется ахроматиновое веретено деления. Содержание генетического материала остается прежним ( $2n2x$ ).

В *метафазе* мейоза I биваленты хромосом располагаются в экваториальной плоскости клетки. В этот момент спирализация их достигает максимума. Содержание генетического материала не изменяется ( $2n2x$ ).

В *анафазе* мейоза I гомологичные хромосомы, состоящие из двух хроматид, окончательно отходят друг от друга и расходятся к полюсам клетки. Следовательно, из каждой пары гомологичных хромосом в дочернюю клетку попадает только одна — число хромосом уменьшается вдвое (происходит редукция). Содержание генетического материала становится  $1n2x$  у каждого полюса.

В *телофазе* происходит формирование ядер и разделение цитоплазмы — образуются две дочерние клетки. Дочерние клетки содержат гаплоидный набор хромосом, каждая хромосома — две хроматиды ( $1n2x$ ).

*Интеркинез* — короткий промежуток между первым и вторым мейотическими делениями. В это время не происходит репликации ДНК, и две дочерние клетки быстро вступают в мейоз II, протекающий по типу митоза.

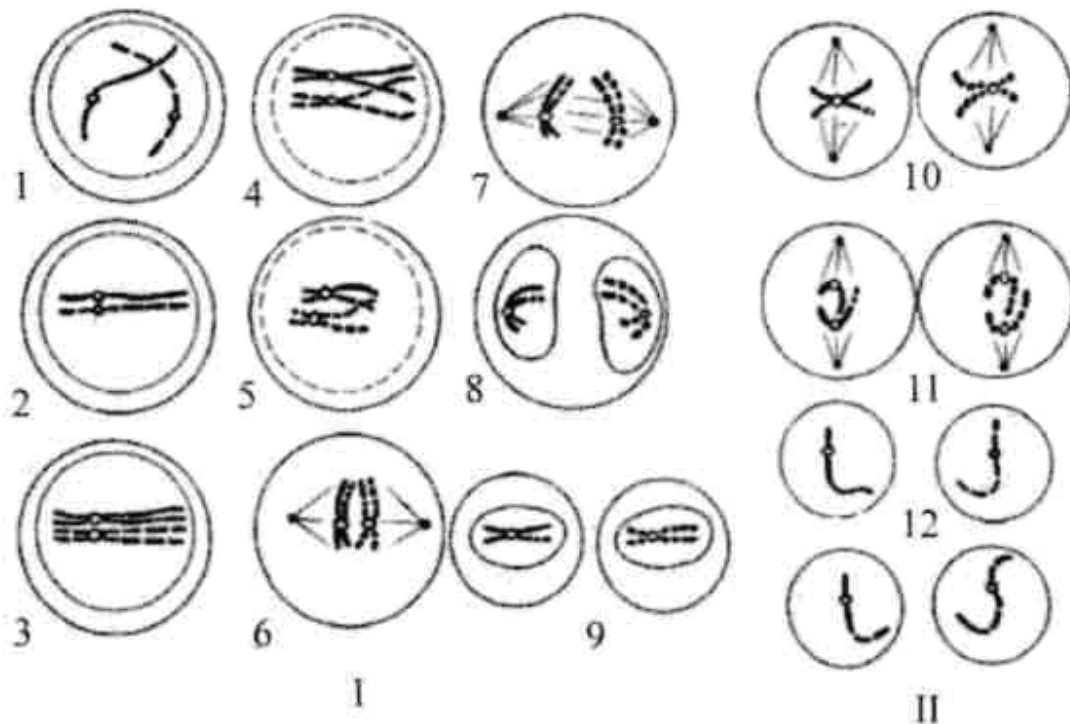


Схема мейоза (показана одна пара гомологичных хромосом). Мейоз I: 1, 2, 3, 4, 5 — профаза; 6 — метафаза; 7 — анафаза; 8 — телофаза; 9 — интеркинез. Мейоз II; 10 — метафаза; 11 — анафаза; 12 — дочерние клетки.

В *профазе* мейоза II происходят те же процессы, что и в профазе митоза. В *метафазе* хромосомы располагаются в экваториальной плоскости. Изменений содержания генетического материала не происходит ( $1n2x$ ). В *анафазе* мейоза II хроматиды каждой хромосомы отходят к противоположным полюсам клетки, и содержание генетического материала у каждого полюса становится  $1n1x$ . В *телофазе* образуются 4 гаплоидные клетки ( $1n1x$ ).

Таким образом, в результате мейоза из одной диплоидной материнской клетки образуются 4 клетки с гаплоидным набором хромосом. Кроме того, в профазе мейоза I происходит рекомбинация генетического материала (кроссинговер), а в анафазе I и II — случайное отхождение хромосом и хроматид к одному или другому полюсу. Эти процессы являются причиной комбинативной изменчивости.

#### Биологическое значение мейоза:

- 1) является основным этапом гаметогенеза;

2) обеспечивает передачу генетической информации от организма к организму при половом размножении;

3) дочерние клетки генетически не идентичны материнской и между собой.

Атак же, биологическое значение мейоза заключается в том, что уменьшение числа хромосом необходимо при образовании половых клеток, поскольку при оплодотворении ядра гамет сливаются. Если бы указанной редукции не происходило, то в зиготе (следовательно, и во всех клетках дочернего организма) хромосом становилось бы вдвое больше. Однако это противоречит правилу постоянства числа хромосом. Благодаря мейозу половые клетки гаплоидны, а при оплодотворении в зиготе восстанавливается диплоидный набор хромосом (рис. 2 и 3).

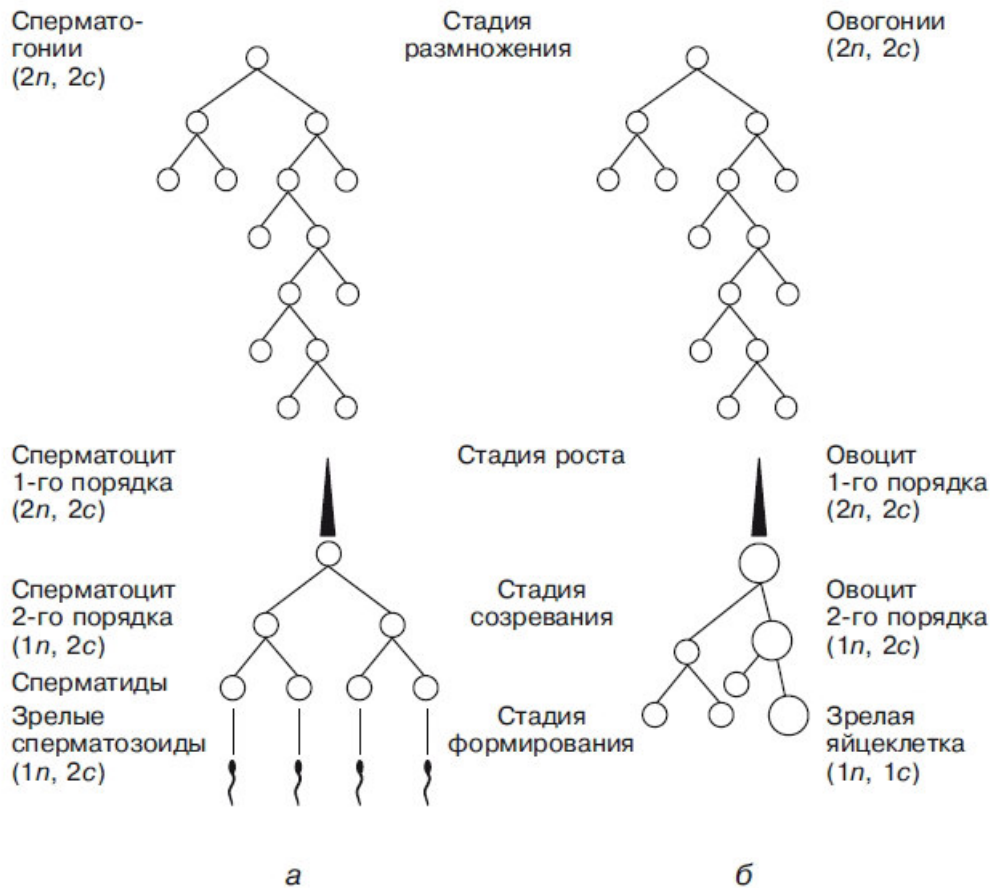
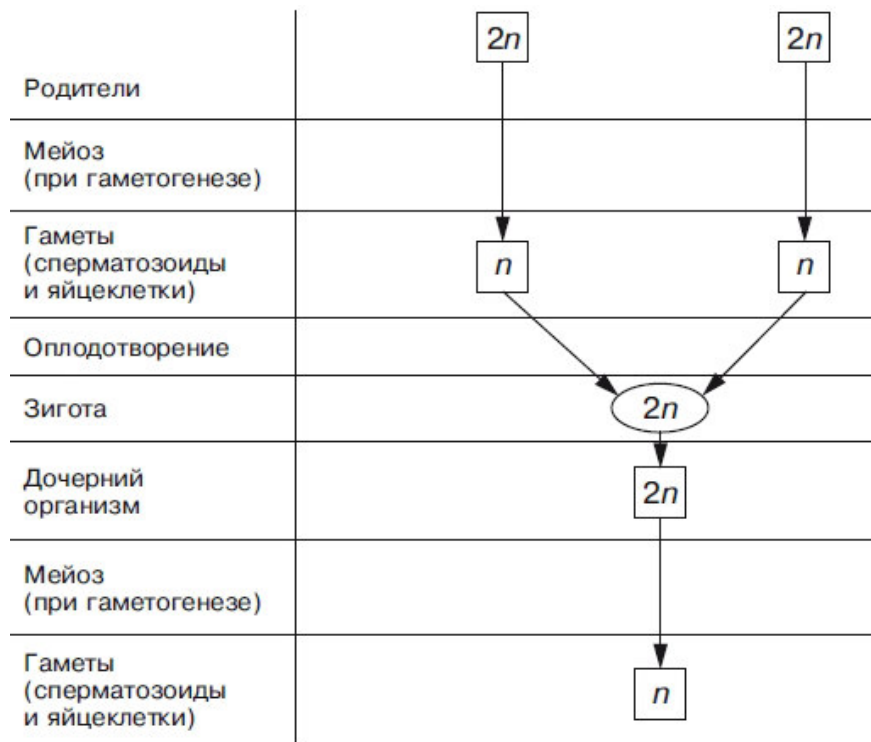


Схема гаметогенеза: а — сперматогенез; б — овогенез



Схема, иллюстрирующая механизм сохранения диплоидного набора хромосом при половом размножении

### Контрольные вопросы:

1. В чем отличие мейоза от митоза?
2. Каково биологическое значение митоза?
3. В какую фазу мейоза происходит кроссинговер?

## Тема Индивидуальное развитие организмов

### План:

1. Эмбриональный период.
2. Постэмбриональный период.

**Онтогенезом** называют совокупность процессов, протекающих в организме, с момента образования зиготы до смерти. Его подразделяют на два этапа: *эмбриональный* и *постэмбриональный*.

**Эмбриональный период.** Эмбриональным считают период зародышевого развития с момента образования зиготы до выхода из яйцевых оболочек или рождения, в процессе зародышевого развития эмбрион проходит стадии дробления, гаструляция, первичного органогенеза и дальнейшей дифференцировки органов и тканей.

**Дробление.** Дроблением называют процесс образования многоклеточного однослойного зародыша - бластулы. Для дробления характерно: 1) деление клеток путем митоза с сохранением диплоидного набора хромосом; 2) очень короткий митотический цикл; 3) бластомеры не дифференцированы, и в них не используется наследственная информация; 4) бластомеры не растут и в дальнейшем становятся все меньше; 5) цитоплазма зиготы не перемешивается и не перемещается. Первая борозда дробления проходит в меридио-нальной плоскости, соединяющей оба полюса - вегетативный и асимметричный, и делит зиготу на две одинаковые клетки. Это стадия двух бластомеров.

Вторая борозда также меридиональна, но перпендикулярна первой. Она разделяет оба бластомера, возникших в результате первого деления, надвое - образуются четыре сходных бластомера. Следующая, третья, борозда дробления - широтная. Она пролегает несколько выше экватора и делит все четыре бластомера сразу на во-семь клеток. В дальнейшем борозды дробления чередуются. По мере увеличения числа клеток деление их становится не-одновременным. Бластомеры все дальше и дальше отходят от центра зародыша, образуя полость. В конце дробления зародыш принимает форму пузырька со стенкой, образованной одним слоем клеток, тесно прилегающих друг к другу. Внутренняя полость зародыша, первоначально сообщавшаяся с внешней сре-дой через щели между бластомерами, в результате их плотного смыкания становится совершенно изолированной. Эта полость носит название первичной полости тела - **бластоцеля**. Завершается дробление образованием однослойного многоклеточного зародыша - **бластулы**.

Дробление оплодотворенной яйцеклетки может происходить по-разному. Яйцо ланцетника дробится полностью и имеет равные по размеру бластомеры. Такой тип дробления называется *полным, равномерным*. У рыб, земноводных и некоторых других животных дробление также полное, но *неравномерное*: бластомеры на вегетативном полюсе (где сконцентрирован желток) более крупные, чем на противоположном анимальном полюсе (где располагается ядро в окружении цитоплазмы). Третий тип дробления характерен для яйцеклеток птиц, рептилий, у которых желтка много, и называется *дискоидальным*. Здесь в дробление вовлекается только ядро и тонкий участок цитоплазмы, в результате образуется зародышевый диск (желток яйца при этом не дробится). У яиц членистоногих (желток сосредоточен в центре яйцеклетки) дробление *поверхностное* - бластомеры располагаются по периферии яйца, где узкой полоской залегает цитоплазма, покрывающая желток. При полном дроблении (например, у ланцетника на стадии 32 бластомеров) зародыш имеет вид тутовой ягоды и называется *морулой*. Приблизительно на стадии 64 бластомеров в нем формируется полость, а бластомеры располагаются в один слой, образуя стенку зародыша. Эта стадия зародыша называется *бластулой*. Вскоре начинается процесс возникновения двухслойного зародыша - **гастроуляции**. Зародыш на этой стадии состоит из явно разделенных пластов клеток, так называемых **зародышевых листков**: наружного, или эктодермы и внут-реннего, или энтодермы. Для гастроуляции характерно: 1) пе-ремещение клеточных масс; 2) начало использования наслед-ственного материала клеток зародыша и появление первых признаков дифференцировки клеток; 3) клеточное деление выражено слабо; 4) появление первых тканей

Существует несколько способов гастроуляции. Первый -*иммиграция* - наблюдается у кишечнополостных: после образования бластулы некоторые клетки стенки тела зародыша иммигрируют в глубь полости и постепенно заполняют ее. Потом он примыкают изнутри к наружному слою клеток и возникает двухслойный *зародыш-гаструла*. Гастроуляция у ланцетника и некоторых других животных протекает путем *инвагинации*. Вслед за образованием бластулы весь вегетативный полюс впячивается внутрь, прилегает к анимальному полюсу, и зародыш становится двухслойным: наружный зародышевый листок называется *эктодермой*, внутренний - *энтодермой*. Эта стадия зародыша имеет первичный рот - **бластопор**, ведущий в первичную кишку. Двухслойные животные - губки и кишечнополостные - на этом заканчивают свое зародышевое развитие. В последующем клетки их эктодермы и энтодермы дифференцируются и возникает несколько клеточных типов.

У амфибий гаструла образуется по-другому: более мелкие бластомеры со стороны анимального полюса напозают поверх крупных бластомеров вегетативного полюса, так что двухслойный зародыш получается путем *обрастания* мелкими бластомерами крупных. У членистоногих бластомеры в ходе дробления отделяют от себя дочерние клетки внутрь полости, где они образуют второй слой зародыша - энтодерму. Этот способ возникновения гаструлы называется *расщеплением*. Различные способы формирования двухслойного зародыша у разных видов животных обусловлены количеством и характером распределения желтка в яйце. Однако строго обособленных типов гастроуляции не наблюдается, их подразделение условно.

**Первичный органогенез.** После завершения гастроуляции у зародыша образуется



комплекс осевых органов: нервная трубка, хорда, кишечная трубка. Начиная с плоских червей в эволюции животного мира наступило крупное усложнение: в зародыше закладывается третий зародышевый листок - *мезодерма*. У хордовых это происходит путем отшнуровывания от энтодермы мезодермальных карманов, которые вырастают между первым и вторым зародышевыми листками, формируя вторичную полость тела. Дальнейшая дифференцировка клеток зародыша приводит к возникновению многочисленных производных зародыше-вых листков-органов и тканей.

**Дифференцировка или дифференцирование** - это процесс возникновения и нарастания структурных и функцио-нальных различий между отдельными клетками и частями зародыша. С морфологической точки зрения дифференцирование выражается в том, что образуются несколько сотен типов клеток специфического строения, отличающихся друг от друга. С биохимической точки зрения специализация клеток заключается в синтезе определенных белков, свойственных только данному типу клеток. Биохимическая специализация клеток обеспечивается *дифференциальной активностью генов*, т. е. в клетках разных зародышевых листков -зачатков определенных органов в систем - начинают функционировать разные группы генов. При дальнейшей дифференцировке клеток, входящих **в состав** зародышевых листков, из *эктодермы* образуются: нервная система, органы чувств, эпителий кожи, эмаль зубов; из *энтодермы* - эпителий средней кишки, пищеварительные железы - печень и поджелудочная железа, эпителий жабр и легких; из *мезодермы* - мышечная ткань, соединительная ткань, кровеносная система, почки, половые железы и др. У разных видов животных одни и те же зародышевые листки дают начало одним и тем же органам и тканям. Это значит, что они **гомологичны**.

У хордовых вскоре после гастрულიи небольшой участок спинной эктодермы в виде пластинки погружается в глубь зародыша, прогибается и образует нервную трубку с полостью внутри, заполненной жидкостью. Из клеток эктодермы развиваются кожные покровы с их производными (волосы, ногти, перья, копыта) и органы чувств. Из верхней части энтодермы образуется хорда, из нижней части - эпителий, выстилающий средние отделы кишечника, пищеварительные железы и органы дыхания. Из эктодермы, расположенной над хордой, развивается нервная трубка. Из мезодермы образуются мышцы, скелет, кровеносная система, половые железы, органы выделения и собственно кожа - дерма.

Эмбриональное развитие животных происходит или в материнском организме, или во внешней среде.

Гомология зародышевых листков подавляющего большинства животных - одно из доказательств единства животного мира.

**Эмбриональная индукция.** Эмбриональную индукцию можно определить как явление, при котором в процессе эмбриогенеза один зачаток влияет на другой, определяя путь его развития, и, кроме того, сам подвергается индуцирующему воздействию со стороны первого зачатка.

Название листка	Производные каждого листка
ЭКТОДЕРМА	Покровы тела (наружный эпителий, кожные железы, роговые чешуи, поверхностный слой зубов), нервная система, передний и задний отделы кишечника
ЭНТОДЕРМА	Эпителий средней кишки и пищеварительные железы, эпителий дыхательной системы
МЕЗОДЕРМА	Все мышечные, соединительные ткани, каналы выделительных органов, кровеносная система, часть тканей половых органов

стадия зиготы	дробление	гастроуляция	первичный гистогенез	гисто- и органогенез
Одноклеточный зародыш	Формирование многоклеточного однослойного зародыша - бластулы	Формирование двух- или трехслойного зародыша - гастрюлы	Формирование осевых структур зародыша	Дифференцировка тканей, формирование органов, рост зародыша

### Постэмбриональный период развития

В момент рождения или выхода организма из яйцевых оболочек заканчивается эмбриональный и начинается **постэмбриональный период развития**. Постэмбриональное развитие может быть **прямым** *или* **непрямым** и сопровождаться **превращением** (*метаморфозом*). При прямом развитии из яйцевых оболочек или из тела матери выходит организм небольших размеров, но в нем заложены все основные органы, свойственные взрослому животному (пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие). Постэмбриональное развитие у этих животных сводится в основном к росту и половому созреванию - **дорепродуктивный** период; размножению - **репродуктивный** период и старению - **пострепродуктивный** период.

У организмов с малым содержанием желтка в яйце непрямым развитием сопровождается образованием личиночной стадии. Из яйца выходит личинка, обычно устроенная проще взрослого животного, со специальными личиночными органами, отсутствующими во взрослом состоянии. Личинка питается, растет, и со временем личиночные органы заменяются органами, свойственными взрослому животному. При **неполном метаморфозе** замена личиночных органов происходит постепенно, без прекращения активного питания и перемещения организма (саранча, амфибии). **Полный метаморфоз** включает стадию куколки, в которой личинка преобразовывается во взрослое животное - имаго (бабочки).

**Значение метаморфоза.** 1) личинки могут самостоятельно питаться и растут, накапливая клеточный материал для формирования постоянных органов, свойственных взрослому животному; 2) свободноживущие личинки прикрепленных или паразитических животных играют важную роль в расселении вида, в расширении ареала их обитания; 3) смена образа жизни или среды обитания в процессе индивидуального развития в результате того, что личиночные формы некоторых животных живут в иных условиях и имеют другие источники питания, чем взрослые особи, снижает

### Контрольные вопросы:

1. Что называется онтогенезом?
2. Какие этапы выделяют в эмбриональном развитии млекопитающих.
3. Что такое бластула?
4. Что такое гастрюла? Чем она образована?
5. Охарактеризуйте мезодерму?
6. Приведите примеры разных вариантов постэмбрионального развития животных?



## Тема Выявление и описание признаков сходства зародышей человека и других позвоночных как доказательство их эволюционного родства

### План

1. Выявление признаков сходства зародышей человека и других позвоночных.
2. Эволюционные доказательства.

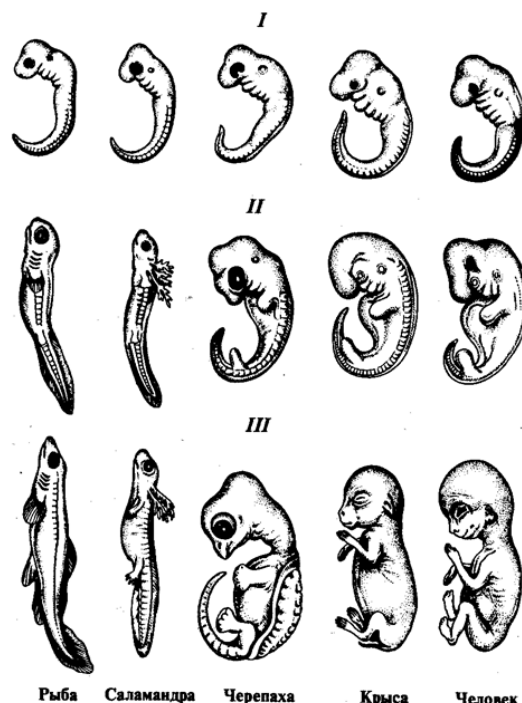
Исследования, проведённые учёными показали, общность происхождения всех многоклеточных животных, поскольку все они развиваются из одной оплодотворённой яйцеклетки.

Легко установить родство между организмами при сравнении их эмбриональных стадий развития. Оказывается, любой организм в своём индивидуальном развитии повторяет стадии развития предковых форм. В эмбриогенезе у всех позвоночных закладывается хорда, которая у ланцетника остаётся на всю жизнь, а у всех позвоночных в дальнейшем замещается позвоночником. На ранних стадиях развития у зародышей птиц и млекопитающих, в том числе и у человека сердце состоит из всего двух отделов: предсердия и желудочка, а в глотке закладываются жаберные щели, что объясняется происхождением этих классов от предков дышащих жабрами. Так, на ранних стадиях развития у зародышей позвоночных (рыбы, ящерицы, кролика, человека) наблюдается поразительное сходство: все они имеют головной, туловищный и хвостовой отделы, зачатки конечностей, по бокам тела - зачатки жабр. У китов в эмбриональном развитии закладываются зубы, которые в дальнейшем разрушаются.

Сходство зародышевого развития животных свидетельствует о единстве их происхождения.

В дальнейшем это сходство постепенно утрачивается, всё ярче начинают проявляться сначала признаки класса, затем отряда, семейства, рода и наконец, вида позвоночного животного.

Таким образом, в процессе индивидуального развития каждый вид повторяет своё историческое развитие.



**Эмбриологическое доказательство.** Образование половых клеток, гаметогенез сходен у всех многоклеточных организмов, и все организмы развивались из одной диплоидной клетки(зиготы) Это свидетельствует о единстве мира живых организмов. Блестящим доказательством служит сходство зародышей на ранних стадиях развития. Все они имеют хорду, потом позвоночник, жаберные щели

одинаковые отделы тела (голову, туловище, хвост). Различия проявляются по мере развития. В начале зародыш приобретает черты характеризующие класс, затем отряд, род и наконец вид, такое последовательное расхождение признаков свидетельствует о происхождении хордовых от общего ствола, давшего в процессе эволюции несколько ветвей. Связь между индивидуальным и историческим развитием организма выразили немецкие ученые Геккель и Мюллер. Генетический закон. Во 2 половине 19 века Геккель и Мюллер установили закон онтогенеза и филогенеза, который получил название биогенетического закона. Индивидуальное развитие особи (онтогенез) кратко повторяет историческое развитие вида. Однако за короткий период индивидуального развития особь не может повторить все этапы эволюции, поэтому повторение происходит в сжатой форме с выпадением ряда этапов, кроме того эмбрионы имеют сходство не со взрослыми формами предков, а с их зародышами. Пример: У зародыша образуются жаберные щели и у млекопитающих и у рыб, но у рыб из них получаются жабры, а у млекопитающих другие органы.

### **Контрольные вопросы:**

1. Когда у всех позвоночных закладывается хорда?
2. О чем свидетельствует сходство зародышевого развития животных?

## **Раздел III ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ**

### **Тема Генетика – наука о наследственности и изменчивости**

#### **План:**

1. **Основные понятия и определения генетики.**
2. **Закон единообразия гибридов первого поколения – первый закон Г.Менделя.**
3. **Закон расщепления – второй закон Г.Менделя**

**Генетика** — наука о закономерностях наследственности и изменчивости. Датой «рождения» генетики можно считать 1900 год, когда Г. Де Фриз в Голландии, К. Корренс в Германии и Э. Чермак в Австрии независимо друг от друга «переоткрыли» законы наследования признаков, установленные Г. Менделем еще в 1865 году.

**Наследственность** — свойство организмов передавать свои признаки от одного поколения к другому.

**Изменчивость** — свойство организмов приобретать новые по сравнению с родителями признаки. В широком смысле под изменчивостью понимают различия между особями одного вида.

**Признак** — любая особенность строения, любое свойство организма. Развитие признака зависит как от присутствия других генов, так и от условий среды, формирование признаков происходит в ходе индивидуального развития особей. Поэтому каждая отдельно взятая особь обладает набором признаков, характерных только для нее.

**Фенотип** — совокупность всех внешних и внутренних признаков организма.

**Ген** — функционально неделимая единица генетического материала, участок молекулы ДНК, кодирующий первичную структуру полипептида, молекулы транспортной или рибосомной РНК. В широком смысле ген — участок ДНК, определяющий возможность развития отдельного элементарного признака.

**Генотип** — совокупность генов организма.

**Локус** — местоположение гена в хромосоме.

**Аллельные гены** — гены, расположенные в идентичных локусах гомологичных хромосом.

**Гомозигота** — организм, имеющий аллельные гены одной молекулярной формы.

**Гетерозигота** — организм, имеющий аллельные гены разной молекулярной формы; в этом случае один из генов является доминантным, другой — рецессивным.

**Рецессивный ген** — аллель, определяющий развитие признака только в гомозиготном состоянии; такой признак будет называться рецессивным.

**Доминантный ген** — аллель, определяющий развитие признака не только в гомозиготном, но и в гетерозиготном состоянии; такой признак будет называться доминантным.

#### **Методы генетики**

Основным является **гибридологический метод** — система скрещиваний, позволяющая проследить закономерности наследования признаков в ряду поколений. Впервые разработан и использован Г. Менделем. Отличительные особенности метода: 1) целенаправленный подбор родителей, различающихся по одной, двум, трем и т. д. парам контрастных (альтернативных) стабильных признаков; 2) строгий количественный учет наследования признаков у гибридов; 3) индивидуальная оценка потомства от каждого родителя в ряду поколений.

Скрещивание, при котором анализируется наследование одной пары альтернативных признаков, называется **моногибридным**, двух пар — **дигибридным**, нескольких пар — **полигибридным**. Под альтернативными признаками понимаются различные значения какого-либо признака, например, признак — цвет горошин, альтернативные признаки — желтый цвет, зеленый цвет горошин.

Кроме гибридологического метода, в генетике используют: **генеалогический** — составление и анализ родословных; **цитогенетический** — изучение хромосом; **близнецовый** — изучение близнецов; **популяционно-статистический** метод — изучение генетической структуры популяций.

#### **Генетическая символика**

Предложена Г. Менделем, используется для записи результатов скрещиваний: **P** — родители; **F** — потомство, число внизу или сразу после буквы указывает на порядковый номер поколения ( $F_1$  — гибриды первого поколения — прямые потомки родителей,  $F_2$  — гибриды второго поколения — возникают в результате скрещивания между собой гибридов  $F_1$ ); **x** — значок скрещивания; **G** — мужская особь; **E** — женская особь; **A** — доминантный ген, **a** — рецессивный ген; **AA** — гомозигота по доминанте, **aa** — гомозигота по рецессиву, **Aa** — гетерозигота.

#### **Закон единообразия гибридов первого поколения, или первый закон Менделя**

Успеху работы Менделя способствовал удачный выбор объекта для проведения скрещиваний — различные сорта гороха. Особенности гороха: 1) относительно просто выращивается и имеет короткий период развития; 2) имеет многочисленное потомство; 3) имеет большое количество хорошо заметных альтернативных признаков (окраска венчика — белая или красная; окраска семядолей — зеленая или желтая; форма семени — морщинистая или гладкая; окраска боба — желтая или зеленая; форма боба — округлая или с перетяжками; расположение цветков или плодов — по всей длине стебля или у его верхушки; высота стебля — длинный или короткий); 4) является самоопылителем, в результате чего имеет большое количество чистых линий, устойчиво сохраняющих свои признаки из поколения в поколение.

Опыты по скрещиванию разных сортов гороха Мендель проводил в течение восьми лет, начиная с 1854 года. 8 февраля 1865 года Г. Мендель выступил на заседании Брюннского общества естествоиспытателей с докладом «Опыты над растительными гибридами», где были обобщены результаты его работы.

Опыты Менделя были тщательно продуманы. Если его предшественники пытались изучить закономерности наследования сразу многих признаков, то Мендель свои исследования начал с изучения наследования всего лишь одной пары альтернативных признаков.

Мендель взял сорта гороха с желтыми и зелеными семенами и произвел их искусственное перекрестное опыление: у одного сорта удалил тычинки и опылил их пылью другого сорта. Гибриды первого поколения имели желтые семена. Аналогичная картина наблюдалась и при скрещиваниях, в которых изучалось наследование других признаков: при скрещивании растений, имеющих гладкую и морщинистую формы семян, все семена полученных гибридов были гладкими, от скрещивания красноцветковых растений с белоцветковыми все полученные — красноцветковые. Мендель пришел к выводу, что у гибридов первого поколения из каждой пары альтернативных

признаков проявляется только один, а второй как бы исчезает. Проявляющийся у гибридов первого поколения признак Мендель назвал доминантным, а подавляемый — рецессивным.

При **моногибридном скрещивании гомозиготных особей**, имеющих разные значения альтернативных признаков, гибриды являются единообразными по генотипу и фенотипу.

**Генетическая схема закона единообразия Менделя**

(**A** — желтый цвет горошин, **a** — зеленый цвет горошин)

P	<b>AA</b> ♀ желтые	<b>aa</b> ♂ зеленые
Типы гамет	○ <b>A</b>	○ <b>a</b>
F <sub>1</sub>	<b>Aa</b> желтые 100%	

**Закон расщепления, или второй закон Менделя**

Г. Мендель дал возможность самоопылиться гибридам первого поколения. У полученных таким образом гибридов второго поколения проявился не только доминантный, но и рецессивный признак. Результаты опытов приведены в таблице.

Признаки	Доминантные		Рецессивные		Всего
	Число	%	Число	%	
Форма семян	5474	74,74	1850	25,26	7324
Окраска семядолей	6022	75,06	2001	24,94	8023
Окраска семенной кожуры	705	75,90	224	24,10	929
Форма боба	882	74,68	299	25,32	1181
Окраска боба	428	73,79	152	26,21	580
Расположение цветков	651	75,87	207	24,13	858
Высота стебля	787	73,96	277	26,04	1064
Всего:	14949	74,90	5010	25,10	19959

Анализ данных таблицы позволил сделать следующие выводы:

1. единообразия гибридов во втором поколении не наблюдается: часть гибридов несет один (доминантный), часть — другой (рецессивный) признак из альтернативной пары;
2. количество гибридов, несущих доминантный признак, приблизительно в три раза больше, чем гибридов, несущих рецессивный признак;
3. рецессивный признак у гибридов первого поколения не исчезает, а лишь подавляется и проявляется во втором гибридном поколении.

Явление, при котором часть гибридов второго поколения несет доминантный признак, а часть — рецессивный, называют **расщеплением**. Причем, наблюдающееся у гибридов расщепление не случайное, а подчиняется определенным количественным закономерностям. На основе этого Мендель сделал еще один вывод: при скрещивании гибридов первого поколения в потомстве происходит расщепление признаков в определенном числовом соотношении.

При **моногибридном скрещивании гетерозиготных особей** у гибридов имеет место расщепление по фенотипу в отношении 3:1, по генотипу 1:2:1.

### Генетическая схема закона расщепления Менделя

(**A** — желтый цвет горошин, **a** — зеленый цвет горошин):

P	♀ <b>Aa</b> желтые		♂ <b>Aa</b> желтые	
Типы гамет	○ <b>A</b>	○ <b>a</b>	○ <b>A</b>	○ <b>a</b>
F <sub>2</sub>	<b>A</b> <b>A</b> желтые	<b>a</b> <b>A</b> желтые 75%	<b>a</b> <b>A</b> желтые	<b>a</b> <b>a</b> зеленые 25%

#### Контрольные вопросы:

1. Что изучает генетика?
2. Почему основателем генетики считают Г.Менделя?
3. Как называется метод исследования созданный Г.Менделем?

### Тема Закон независимого наследования признаков. Анализирующее скрещивание

#### План:

1. Цитологические основы первого и второго законов Менделя
2. Закон чистоты гамет
3. Закон независимого наследования признаков- третий закон Г.Менделя

#### *Цитологические основы первого и второго законов Менделя*

Во времена Менделя строение и развитие половых клеток не было изучено, поэтому его гипотеза чистоты гамет является примером гениального предвидения, которое позже нашло научное подтверждение.

Явления доминирования и расщепления признаков, наблюдавшиеся Менделем, в настоящее время объясняются парностью хромосом, расхождением хромосом во время мейоза и объединением их во время оплодотворения. Обозначим ген, определяющий желтую окраску, буквой **A**, а зеленую — **a**. Поскольку Мендель работал с чистыми линиями, оба скрещиваемых организма — гомозиготны, то есть несут два одинаковых аллеля гена окраски семян (соответственно, **AA** и **aa**). Во время мейоза число хромосом уменьшается в два раза, и в каждую гамету попадает только одна хромосома из пары. Так как гомологичные хромосомы несут одинаковые аллели, все гаметы одного организма будут содержать хромосому с геном **A**, а другого — с геном **a**.

При оплодотворении мужская и женская гаметы сливаются, и их хромосомы объединяются в одной зиготе. Получившийся от скрещивания гибрид становится гетерозиготным, так как его клетки будут иметь генотип **Aa**; один вариант генотипа даст один вариант фенотипа — желтый цвет горошин.

У гибридного организма, имеющего генотип **Aa** во время мейоза, хромосомы расходятся в разные клетки и образуется два типа гамет — половина гамет будет нести ген **A**, другая половина — ген **a**. Оплодотворение — процесс случайный и равновероятный, то есть любой сперматозоид может оплодотворить любую яйцеклетку. Поскольку образовалось два типа сперматозоидов и два типа яйцеклеток, возможно возникновение четырех вариантов зигот. Половина из них — гетерозиготы (несут гены **A** и **a**), 1/4 — гомозиготы по доминантному признаку (несут два гена **A**) и 1/4 — гомозиготы по рецессивному признаку (несут два гена **a**). Гомозиготы по доминанте и гетерозиготы дадут горошины желтого цвета (3/4), гомозиготы по рецессиву — зеленого (1/4).

### Закон чистоты гамет

С 1854 года в течение восьми лет Мендель проводил опыты по скрещиванию растений гороха. Им было выявлено, что в результате скрещивания различных сортов гороха друг с другом гибриды первого поколения обладают одинаковым фенотипом, а у гибридов второго поколения имеет место расщепление признаков в определенных соотношениях. Для объяснения этого явления Мендель сделал ряд предположений, которые получили название «гипотезы чистоты гамет», или «закона чистоты гамет». Мендель предположил, что:

1. за формирование признаков отвечают какие-то дискретные наследственные факторы;
2. организмы содержат два фактора, определяющих развитие признака;
3. при образовании гамет в каждую из них попадает только один из пары факторов;
4. при слиянии мужской и женской гамет эти наследственные факторы не смешиваются (остаются чистыми).

В 1909 году В. Иогансен назовет эти наследственные факторы генами, а в 1912 году Т. Морган покажет, что они находятся в хромосомах.

Для доказательства своих предположений Г. Мендель использовал скрещивание, которое сейчас называют анализирующим (**анализирующее скрещивание** — скрещивание организма, имеющего неизвестный генотип, с организмом, гомозиготным по рецессиву). Наверное, Мендель рассуждал следующим образом: «Если мои предположения верны, то в результате скрещивания F<sub>1</sub> с сортом, обладающим рецессивным признаком (зелеными горошинами), среди гибридов будут половина горошин зеленого цвета и половина горошин — желтого». Как видно из приведенной ниже генетической схемы, он действительно получил расщепление 1:1 и убедился в правильности своих предположений и выводов, но современниками он понят не был. Его доклад «Опыты над растительными гибридами», сделанный на заседании Брюннского общества естествоиспытателей, был встречен полным молчанием.

P	♀ Aa желтые	♂ aa зеленые
Типы гамет	A a	a
F	Aa желтые 50%	a зеленые 50%

### Закон независимого комбинирования (наследования) признаков, или третий закон Менделя











Организмы отличаются друг от друга по многим признакам. Поэтому, установив закономерности наследования одной пары признаков, Г. Мендель перешел к изучению наследования двух (и более) пар альтернативных признаков. Для дигибридного скрещивания Мендель брал гомозиготные растения гороха, отличающиеся по окраске семян (желтые и зеленые) и форме семян (гладкие и морщинистые). Желтая окраска (A) и гладкая форма (B) семян — доминантные признаки, зеленая окраска (a) и морщинистая форма (b) — рецессивные признаки.

Скрещивая растение с желтыми и гладкими семенами с растением с зелеными и морщинистыми семенами, Мендель получил единообразное гибридное поколение F<sub>1</sub> с желтыми и гладкими семенами. От самоопыления 15-ти гибридов первого поколения было получено 556 семян, из них 315 желтых гладких, 101 желтое морщинистое, 108 зеленых гладких и 32 зеленых морщинистых (расщепление 9:3:3:1).

Анализируя полученное потомство, Мендель обратил внимание на то, что: 1) наряду с сочетаниями признаков исходных сортов (желтые гладкие и зеленые морщинистые семена), при дигибридном скрещивании появляются и новые сочетания признаков (желтые морщинистые и зеленые гладкие семена); 2) расщепление по каждому отдельно взятому признаку соответствует

расщеплению при моногибридном скрещивании. Из 556 семян 423 были гладкими и 133 морщинистыми (соотношение 3:1), 416 семян имели желтую окраску, а 140 — зеленую (соотношение 3:1). Мендель пришел к выводу, что расщепление по одной паре признаков не связано с расщеплением по другой паре. Для семян гибридов характерны не только сочетания признаков родительских растений (желтые гладкие семена и зеленые морщинистые семена), но и возникновение новых комбинаций признаков (желтые морщинистые семена и зеленые гладкие семена).

При дигибридном скрещивании дигетерозигот у гибридов имеет место расщепление по фенотипу в отношении 9:3:3:1, по генотипу в отношении 4:2:2:2:1:1:1:1, признаки наследуются независимо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях.

Р	♀ <b>AABB</b> желтые, гладкие	♂ <b>aabb</b> зеленые, морщинистые
Типы гамет	 <b>AB</b>	 <b>ab</b>
F <sub>1</sub>	<b>AaBb</b> желтые, гладкие, 100%	
Р	♀ <b>AaBb</b> желтые, гладкие	♂ <b>AaBb</b> желтые, гладкие
Типы гамет	 <b>AB</b>  <b>Ab</b>  <b>aB</b>  <b>ab</b>	 <b>AB</b>  <b>Ab</b>  <b>aB</b>  <b>ab</b>

#### Генетическая схема закона независимого комбинирования признаков:

Гаметы: ♂	<b>AB</b>	<b>Ab</b>	<b>aB</b>	<b>ab</b>
♀				
<b>AB</b>	<b>AABB</b> желтые гладкие	<b>AABb</b> желтые гладкие	<b>AaBB</b> желтые гладкие	<b>AaBb</b> желтые гладкие
<b>Ab</b>	<b>AABb</b> желтые гладкие	<b>AAbb</b> желтые морщинистые	<b>AaBb</b> желтые гладкие	<b>Aabb</b> желтые морщинистые
<b>aB</b>	<b>AaBB</b> желтые гладкие	<b>AaBb</b> желтые гладкие	<b>aaBB</b> зеленые гладкие	<b>aaBb</b> зеленые гладкие
<b>ab</b>	<b>AaBb</b> желтые гладкие	<b>Aabb</b> желтые морщинистые	<b>aaBb</b> зеленые гладкие	<b>aabb</b> зеленые морщинистые

Анализ результатов скрещивания по фенотипу: желтые, гладкие — 9/16, желтые, морщинистые — 3/16, зеленые, гладкие — 3/16, зеленые, морщинистые — 1/16. Расщепление по фенотипу 9:3:3:1.

Анализ результатов скрещивания по генотипу: **AaBb** — 4/16, **AABb** — 2/16, **AaBB** — 2/16, **Aabb** — 2/16, **aaBb** — 2/16, **AABB** — 1/16, **Aabb** — 1/16, **aaBB** — 1/16, **aabb** — 1/16. Расщепление по генотипу 4:2:2:2:1:1:1:1.



Если при моногибридном скрещивании родительские организмы отличаются по одной паре признаков (желтые и зеленые семена) и дают во втором поколении два фенотипа ( $2^1$ ) в соотношении  $(3 + 1)^1$ , то при дигибридном они отличаются по двум парам признаков и дают во втором поколении четыре фенотипа ( $2^2$ ) в соотношении  $(3 + 1)^2$ . Легко посчитать, сколько фенотипов и в каком соотношении будет образовываться во втором поколении при тригибридном скрещивании: восемь фенотипов ( $2^3$ ) в соотношении  $(3 + 1)^3$ .

Если расщепление по генотипу в  $F_2$  при моногибридном поколении было 1:2:1, то есть было три разных генотипа ( $3^1$ ), то при дигибридном образуется 9 разных генотипов —  $3^2$ , при тригибридном скрещивании образуется  $3^3$  — 27 разных генотипов.

Третий закон Менделя справедлив только для тех случаев, когда гены анализируемых признаков находятся в разных парах гомологичных хромосом.

#### ***Цитологические основы третьего закона Менделя***

Пусть **A** — ген, обуславливающий развитие желтой окраски семян, **a** — зеленой окраски, **B** — гладкая форма семени, **b** — морщинистая. Скрещиваются гибриды первого поколения, имеющие генотип **AaBb**. При образовании гамет из каждой пары аллельных генов в гамету попадает только один, при этом в результате случайного расхождения хромосом в первом делении мейоза ген **A** может попасть в одну гамету с геном **B** или с геном **b**, а ген **a** — с геном **B** или с геном **b**. Таким образом, каждый организм образует четыре сорта гамет в одинаковом количестве (по 25%): **AB**, **Ab**, **aB**, **ab**. Во время оплодотворения каждый из четырех типов сперматозоидов может оплодотворить любую из четырех типов яйцеклеток. В результате оплодотворения возможно появление девяти генотипических классов, которые дадут четыре фенотипических класса.

#### **Контрольные вопросы:**

1. В чем отличие двух понятий: фенотип и генотип?
2. Какое скрещивание называется моногибридным?
3. Какое скрещивание называется дигибридным?
4. В чем сущность закона независимого наследования признаков?

### **Тема Основные закономерности изменчивости**

#### **План**

1. **Ненаследственная изменчивость и ее типы.**
2. **Наследственная изменчивость и ее типы.**
3. **Мутагены и метагенез.**
4. **Классификация мутаций на хромосомном уровне.**

Наличие общих видовых признаков позволяет объединять всех людей на земле в единый вид *Homo sapiens*. Тем не менее, мы без труда, одним взглядом выделяем лицо знакомого человека в толпе незнакомых людей. Чрезвычайное разнообразие людей — как внутригрупповое (например, разнообразие в пределах этноса), так и межгрупповое — обусловлено генетическим их отличием.

Любая популяция обнаруживает внешнюю или фенотипическую изменчивость по большинству качественных и количественных признаков. Популяции человека гетерогенны по росту, пигментации кожи, чертам лица, группам крови и многим другим признакам.

Более того, расчеты комбинаций генетического материала человека свидетельствуют, что за всю историю человечества на земном шаре не было, нет и в обозримом будущем не встретится генетического повторения, т.е. каждый рожденный человек является уникальным явлением во Вселенной. Неповторимость генетической конституции во много определяет особенности развития заболевания у каждого конкретного человека.

Какими же способами достигается бесконечное разнообразие человеческой популяции?



В основе всех способов лежит способность организмов приобретать новые свойства в процессе онтогенеза (индивидуального развития от момента оплодотворения до смерти), т.е. изменяться.

### **1. Классификация изменчивости. Ненаследственная изменчивость и ее типы**

Изменчивость бывает ненаследственная и наследственная.

К ненаследственной относятся онтогенетическая и модификационная изменчивости. Суть онтогенетической изменчивости заключается в том, что фенотип организма меняется на протяжении всей жизни, в то время как генотип не меняется, а происходит лишь переключение генов.

Модификационная изменчивость возникает под влиянием средовых факторов, однако ее размах определяется генотипом, т.е. генетически обусловленной нормой реакции.

Наследственная изменчивость подразделяется на комбинативную и мутационную. Комбинативная изменчивость связана с перекombинацией родительских генов.

### **2. Наследственная изменчивость и ее типы.**

**Комбинативная изменчивость** возникает в генотипах потомков вследствие случайной перекombинации аллелей. Сами гены при этом не изменяются, но генотипы родителей и детей различны. Комбинативная изменчивость возникает в результате нескольких процессов:

- независимого расхождения хромосом в процессе мейоза;
- рекомбинации генов при кроссинговере;
- случайной встречи гамет при оплодотворении.

Комбинативная изменчивость является главным источником наблюдаемого генетического разнообразия. Известно, что в геноме человека содержится примерно 30—40 тыс. генов. Около трети всех генов имеют более чем один аллель, т. е. являются полиморфными. Однако даже при наличии лишь небольшого числа локусов, содержащих по несколько аллелей, только при рекомбинации (вследствие перемешивания генных комплексов) возникает колоссальное; множество уникальных генотипов.

Так, только при 10 генах, содержащих по 4 аллеля каждый, теоретическое число уникальных диплоидных генотипов составляет 10 миллиардов!

Поскольку около одной трети генов в геноме человека являются полиморфными, то только за счет рекомбинации создается неисчерпаемое генетическое разнообразие человека. В свою очередь неповторимость генетической конституции во многом определяет уникальность и неповторимость каждого человека.

Мутационная изменчивость обусловлена мутациями – устойчивыми изменениями генетического материала и, соответственно, наследуемого признака.

Мутационная изменчивость возникает вследствие мутаций. Мутации – нарушение генетического материала, имеющие стойкий характер и возникающие внезапно, скачкообразно (де Фриз).

### **3. Мутагены и метагенез.**

*Мутаген*– соединение химической, биологической или физической природы, способное прямо или косвенно повреждать наследственные структуры клетки.

*Мутация*– в широком смысле слова внезапно возникающее наследуемое изменение. Другими словами мутация – любое структурное или композиционное изменение в ДНК организма (в последовательности нуклеотидов, хромосом, генома), произошедшее спонтанно или индуцированное мутагенами.

По происхождению мутагены можно разделить на *экзогенные* (многие факторы внешней среды) и *эндогенные* (образуются в процессе жизнедеятельности организма).

По природе возникновения различают: физические, химические и биологические мутагены.

К *физическим мутагенам* относятся:

- ионизирующие излучения (например,  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучения, рентгеновское излучение, нейтроны);
- радиоактивные элементы (например, радий, радон, изотопы калия, углерода и др.);
- ультрафиолетовое излучение;
- чрезмерно высокая или низкая температура.

К *химическим мутагенам* относятся:

- сильные окислители или восстановители (например, нитраты, нитриты, активные формы кислорода);
- алкилирующие агенты (например, иодацетамид);
- пестициды (например, гербициды, фунгициды);
- некоторые пищевые добавки (например, ароматические углеводороды, цикламаты);
- продукты переработки нефти;
- органические растворители;
- лекарственные препараты (например, цитостатики, ртуть-содержащие средства, иммунодепрессанты) и другие химические соединения.

К *биологическим мутагенам* относятся:

- некоторые вирусы (например, кори, краснухи, гриппа);
- продукты обмена веществ (например, продукты липопероксидации);
- антигены некоторых микробов и паразитов.

К самым широко распространенным мутагенам, с которыми человек непосредственно контактирует в своей повседневной жизни относятся: *пестициды*, обладающие исключительно высокой стойкостью к химическому и биологическому разложению, *минеральные и органические удобрения*, являющиеся основными поставщиками в окружающую среду нитросоединений – мутагенных и канцерогенных окислов азота, нитратов, нитритов, нитрозаминов и др. К широко используемым веществам с выявленными мутагенными свойствами относятся *полихлорбифенил*, применяющийся в качестве пластификатора, наполнителя, компонента смол, резин, типографских красок, текстильных красителей.

Существенным источником мутагенов в окружающей среде являются промышленные отходы и всевозможные открытые технологические процессы, подвергающие человека действию различных высокореактивных соединений, в частности *алкилирующих*. Этому классу соединений характерна высокая реакционная способность, а механизм действия заключается во введении в азотистые основания молекул ДНК метиловых, этиловых и др. радикалов. Именно в этом классе соединений обнаружены вещества, обладающие огромной мутагенной силой и относительно не влияющие на жизнеспособность организмов и клеток, названные И.А. Рапопортом *супермутагенами*. Для создания различных типов аэрозолей, изготовления пластмассовых упаковок, изоляционного материала широко используется *винилхлорид*, обладающий мутагенными и канцерогенными свойствами.

Источником мутагенных соединений являются и некоторые пищевые продукты. Так, при консервировании используются такие мутагены, как *формалин, гексаметилентетралин, ванилин, нитрат калия, нитрат натрия* и др. И хотя сильных мутагенов в пищевых продуктах не выявлено, проблема заключается в оценке суммарного эффекта от соединений, обладающих слабой и средней мутагенной активностью. Определить малую мутагенную активность трудно, к тому же целый ряд веществ, обладающих мутагенной активностью издавна присутствует в среде (например, *кофеин, танин*) и запретить их использование невозможно.

События, приводящие к возникновению мутаций, называют мутационным процессом (**мутагенезом**). Различают спонтанный и индуцированный мутагенез. Разделение мутационного процесса на спонтанный и индуцированный в определенной степени условно.

*Индукцированные мутации* — это мутации, вызванные направленным воздействием факторов внешней или внутренней среды. Индуцированный мутационный процесс может быть контролируемым (например, в эксперименте с целью изучения механизмов действия и/или их последствий) и неконтролируемым (например, в результате облучения при выбросе радиоактивных элементов в среду обитания).

*Спонтанные мутации* возникают самопроизвольно, в ходе естественного метаболизма клеток и организма без видимого дополнительного воздействия на организм внешних факторов. Спонтанные мутации могут возникать, например, в результате действия химических соединений, образующихся в процессе метаболизма; воздействия естественного фона радиации или УФ-излучения; ошибок репликации и т.д.

Спонтанные мутации (само название говорит за себя) будут возникать даже в том случае, если удастся исключить влияние факторов внешней среды.

Существуют две основные гипотезы, объясняющие происхождение спонтанных мутаций. Первая утверждает, что в системе генотипа, как и во всякой системе, заложена возможность ошибки. Вторая гипотеза объясняет возникновение спонтанных мутаций как стремление популяции к высокой степени генетической изменчивости, и как следствие этого разнообразия.

Опять мы возвращаемся к понятиям разнообразия и изменчивости популяции, и, по праву, возникает вопрос: «Зачем (для чего) такое разнообразие индивидов в человеческой популяции, если наследственная патология является результатом наследственной изменчивости?». Отрицательный эффект наследственной патологии очевиден и проявляется повышенной летальностью (гибель гамет, зигот, эмбрионов и детей), снижением фертильности (уменьшенное воспроизводство потомства), уменьшением продолжительности жизни, социальной дезадаптацией и инвалидизацией, а также обуславливает повышенную необходимость в медицинской помощи.

По данным Всемирной организации здравоохранения генетические факты обуславливают:

- 80% интеллектуальной недостаточности;
- 70% врожденной слепоты;
- 50% врожденной глухоты;
- 40–50% спонтанных аборт и выкидышей;
- 20–30% младенческой смертности.

Первым ответ был предложен английским генетиком Дж. Холдейном, который предположил, что высокая степень генетической изменчивости, необходима биологическому виду для того, чтобы иметь возможность приспосабливаться к меняющимся условиям среды. У человека, как и у любого другого биологического вида, нет резкой границы между наследственной изменчивостью, ведущей к нормальным вариациям признаков, и наследственной изменчивостью, обуславливающей возникновение наследственных болезней.

Таким образом, продолжая мысль Дж. Холдейна, мы можем утверждать, чем популяция разнообразней, тем она стабильнее и у нее больше шансов выжить и адаптироваться даже к экстремальным условиям среды. Следовательно, люди с особенностями психофизического развития являются необходимой постоянной составной частью разнообразной человеческой популяции, как и все остальные обеспечивающие ее стабильность.

#### **4. Классификация мутаций на хромосомном уровне**

Ядерные изменения, как правило, делят на 3 основных типа (таблица 1)

**4.1. Изменения числа хромосом (геномные мутации).** В результате образуются организмы с отличным от нормального типа количеством хромосом. Эти явления играют большую роль в эволюции растений и широко используются селекционерами для выведения новых сортов и видов растений.

**Анеуплоидия.** В нормальном хромосомном наборе либо отсутствует одна или более хромосом, либо присутствует одна или более добавочных хромосом.

- **Нуллисомик**– организм, содержащий на одну пару хромосом меньше нормы, общее число хромосом  $2n-2$ ;
- **Моносомик**– организм, содержащий на одну хромосому меньше нормы, общее число хромосом  $2n-1$ ;
- **Трисомик**– в хромосомном наборе присутствует одна лишняя хромосома, общее число хромосом  $2n+1$ ;
- **Тетрасомик**– в хромосомном наборе присутствует две лишние хромосомы, общее число хромосом  $2n+2$ ;

**Моноплоидия.** Число наборов негомологичных хромосом отличается от двух. Большинство эукариотических организмов диплоидны ( $2n$ ), т.е. несут по два набора негомологичных хромосом в соматической клетке и одному ( $n$ ) – в гаметах. **Моноплоидные** организмы содержат по одному набору хромосом ( $n$ ). Заметим, что для некоторых организмов такое положение является нормой (например, самцы пчел);

**Полиплоидия.** Полиплоидные организмы имеют более двух наборов негомологичных хромосом (триплоиды – организм имеет три набора хромосом (3n), тетраплоид – четыре (4n) и т.д.). Наиболее распространены полиплоидные организмы, у которых число хромосомных наборов в клетке кратно двум: (4 – тетраплоиды, 6 – гексаплоиды, 8 – октоплоиды).

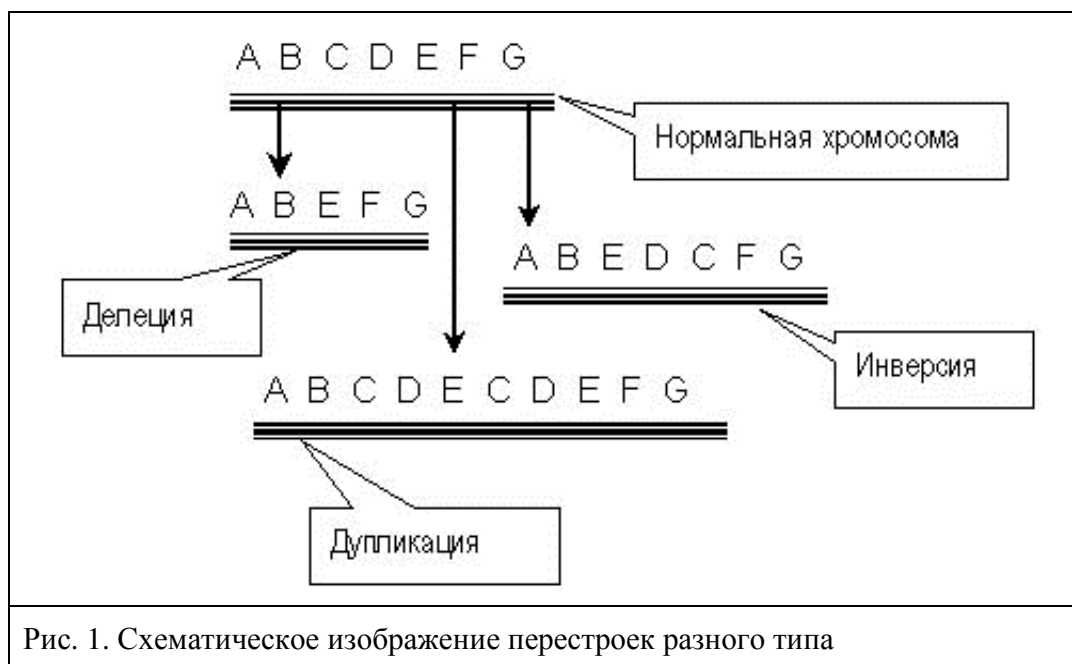
Таблица 1

Классификация мутаций на хромосомном уровне

Изменения числа хромосом (геномные мутации)		Изменения числа и порядка расположения генов (структурные мутации, aberrации)		Изменения индивидуальных генов (генные, собственно мутации)	
Моноплоидия	Моноплоид (1n)	Делеция	Терминальная (концевая)	Замена оснований	Транзиции пурин–пурин; пиримидин- пиримидин ( A ↔ Г; Т ↔ Ц )
	Триплоид (3n);		Интеркалярная (интерстициальная)		Трансверсии Пурип – пиримидин (A↔Т; А↔Ц; Г↔Ц; Г↔Т)
Полиплоидия	Тетраплоид (4n);	Дупликация		Вставка (удаление) одного или нескольких оснований (мутация со сдвигом рамки считывания)	Миссенс- мутации (изменение смысла)
	Гексаплоид (6n).	Инверсия	Перицентрическая (охватывающая центромеру)		
Анеуплоидия	Нуллисомик (2n-2);	Транс- локация	Парацентрическая (околоцентромерная)	Вставка (удаление) одного или нескольких оснований (мутация со сдвигом рамки считывания)	Нонсенс- мутации (терминация по сигналу ТК)
	Моносомик (2n-1);		Реципрокная (реципрокный обмен участками негомологичных хромосом)		
	Трисомик (2n+1);		Транспозиция (нереципрокная, в пределах одной хромосомы)		
	Тэтрасомик (2n+2)		Робертсоновская (центрическое слияние acrocentриков с потерей коротких плеч)		

**4.2. Изменения числа и порядка расположения генов (хромосомные перестройки).** Хромосомные перестройки (их также называют aberrациями) возникают в случае двух или более хромосомных разрывов. Они могут затрагивать число генов в хромосомах (делеции и дупликации) и локализацию генов в хромосомах (инверсии и транслокации).

- *Делеция*, или нехватка. Утрачен участок хромосомы. Случай концевой (терминальной) делеции был подробно рассмотрен выше. Интеркалярные (интерстициальные) делеции возникают в случае двух разрывов хромосом с образованием трех фрагментов.
- *Дупликация*, или удвоение. Один из участков хромосомы представлен в хромосомном наборе более одного раза.
- *Инверсия* возникает в результате двух разрывов в одной хромосоме, но при условии, что внутренний фрагмент хромосомы совершит поворот на 180 градусов, т.е. его полярность изменится на обратную. Инверсии не влияют на жизнеспособность клетки и не вызывают фенотипических изменений, за исключением случаев, где важен эффект положения генов. Инвертированный участок хромосомы может включать или не включать центромеру. В первом случае инверсия называется *перичентрической* (т.е. охватывающей центромеру), а во втором – *парацентрической* (околоцентромерной).



**Транслокации.** Если разрывы оказываются в двух хромосомах, то при воссоединении возможен обмен фрагментами. При симметричном воссоединении образуются новые хромосомы, в которых произошел обмен дистальными участками негомологичных хромосом. Такие транслокации называются *реципрокными*.

Участок хромосомы может также изменять свое положение и без реципрокного обмена, оставаясь в той же хромосоме, или включаясь в какую-нибудь другую. Такие нераципрокные транслокации иногда называют *транспозициями*.

В случае соединения двух акроцентрических хромосом в районе их центромер с потерей коротких плеч наблюдается центрическое слияние – *робертсоновская транслокация*.

**4.3. Изменения индивидуальных генов** (внутригенные изменения, или мутации в наиболее узком смысле этого слова). Более точное название внутригенных мутаций – точковые мутации, так как очень сложно отличить истинные внутригенные мутации от малых структурных изменений (таблица 1).

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое модификации?
2. Что такое норма реакции? Что называют мутацией?
3. В чем заключается комбинативная изменчивость?
4. Каково значение изменчивости в эволюционном процессе?

### **Тема Селекция растений животных и микроорганизмов**

#### **План:**

1. **Определение селекции, основные методы.**
2. **Селекция растений.**
3. **Селекция животных.**
4. **Селекция микроорганизмов.**

#### **1. Определение селекции, основные методы**

Селекция — наука о методах создания и улучшения пород животных, сортов растений, штаммов микроорганизмов с целью увеличения их продуктивности, повышения устойчивости к болезням, вредителям, приспособления к местным условиям и другое. Селекцией называют также отрасль сельского хозяйства, занимающуюся выведением новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур и пород животных. Основными методами селекции являются отбор и гибридизация, а также мутагенез (образующий метод в селекции высших растений и микроорганизмов, который позволяет искусственно получать мутации с целью увеличения продуктивности), полиплоидия (кратное увеличение диплоидного или гаплоидного набора хромосом, вызванное мутацией), клеточная (совокупность методов конструирования клеток нового типа на основе их культивирования, гибридизации и реконструкции) и генная инженерия (наука, создающая новые комбинации генов в молекуле ДНК). Как правило, эти методы комбинируют. В зависимости от способа размножения вида применяют массовый или индивидуальный отбор. Скрещивание разных сортов растений и пород животных – основа повышения генетического разнообразия потомства.

#### ***Методы селекции***

В селекции широко используют искусственный отбор, гибридизацию и мутагенез.

##### **1. Искусственный отбор.**

Отбор, проводимый человеком, состоящий в выбраковке особей, не представляющих ценности для хозяйственной деятельности человека, и оставление для потомства особей с ценными для человека признаками, называется искусственным.

По наличию (отсутствию) цели различают сознательный (целевой) и бессознательный отбор.

Бессознательным называют такой вид искусственного отбора, при котором человек, отбирая (селекционируя) особей для потомства, не ставит перед собой задачи изменить данный организм в каком-то направлении, а лишь учитывает определенные качества организма, необходимые ему для улучшения его хозяйственной деятельности.

Этот отбор применяют в повседневной хозяйственной деятельности при ведении домашнего хозяйства (например, в потомство отбирают кур с большей яйценоскостью).

Целевым, или сознательным, называют отбор, проводимый селекционерами и состоящий в том, что его осуществляют в соответствии с определенной, заранее поставленной целью, когда свойства организмов корректируются в определенном направлении.

Например, ставится задача повышения устойчивости данного организма к какому-то заболеванию. На этот организм оказывается серия воздействий, вызывающих появление у особей ряда признаков, а затем отбираются те особи, у которых признаки в большей степени отвечают поставленной задаче.

И сознательный, и целевой отбор может быть единичным, индивидуальным, массовым и методическим (систематическим).

Единичным называют отбор, проведенный однократно из данной группы особей (может быть и массовым).

Методический отбор проводят в течение нескольких поколений в целях выведения форм организма, в наибольшей степени отвечающих потребностям человека.

Индивидуальным называют отбор на уровне конкретных особей данной породы животных или сортов растений (например, на конкретной делянке отбираются семена с конкретных растений).

Массовым называют отбор потомства большого числа особей одновременно (например, семена всех растений данного сорта, произрастающих на конкретной делянке, поле и т. д.).

В селекции используют все виды отбора, но применение того или другого метода отбора зависит от конкретных обстоятельств, вида организма и т. д. Отбор сам по себе не даст результата, если у организмов не будет возникать каких-либо изменений. Изменения сами по себе возникают медленно, стихийно и не всегда в нужных направлениях, поэтому селекционеры используют воздействия на организм, при которых такие изменения появляются.

## 2. Гибридизация.

Метод гибридизации (скрещивания), применяемый в селекции, состоит в том, что получают потомство от особей, различающихся определенными признаками, при этом полученное потомство отличается от исходных особей признаками, которые можно использовать в дальнейшей селекционной работе.

Скрещивание позволяет в некоторой степени нарушать консерватизм наследственности, что также способствует селекционной работе. Различают близкородственную, неродственную и отдаленную гибридизацию.

Близкородственной гибридизацией (инбридингом) называют скрещивание, в котором участвуют организмы, находящиеся в близком родстве (братья, сестры, отец, дочь, мать, сын и т. д.).

Инбридинг используют для получения «чистых линий», в которых свойства, присущие данному сорту растений, породе животных, выделяются в наиболее концентрированном виде. Подобное выделение признака связано с тем, что генотип родственных организмов близок, а скрещивание этих организмов способствует возникновению гомозиготных форм.

При инбридинге наблюдается инбредная депрессия — снижение жизнеспособности и продуктивности организмов за счет близкородственной гибридизации.

Получение «чистых линий» находит широкое применение в селекции, так как позволяет выявить свойства организмов, важные для хозяйственной деятельности, а затем использовать полученные формы для дальнейшей селекционной работы.

Неродственной гибридизацией называют скрещивание особей данного вида, принадлежащих к разным семьям, например скрещивание организмов разных популяций.

Отдаленная гибридизация — скрещивание организмов, принадлежащих не только к разным породам (сортам, штаммам), но даже и к разным видам.

Примером отдаленной гибридизации является скрещивание пырея и пшеницы, лошади и осла и т. д. Отдаленная гибридизация, при которой осуществляют межвидовое скрещивание, представляет собой очень трудную задачу, но, зная закономерности генетики и молекулярной биологии, эту задачу можно разрешить. Осуществление межвидовой гибридизации возможно за счет использования явления полиплоидии.

Полиплоидия — явление, при котором в клетке возникает набор хромосом, в кратное число раз больший, чем это характерно для нормы. Так, для осуществления отдаленной гибридизации при мейозе создают условия, при которых в гаметах образуется не гаплоидный, а диплоидный набор хромосом, в этом случае зигота будет иметь тетраплоидный или иной (больший, чем диплоидный) набор хромосом.

## 3. Мутагенез.

Источником материала для селекции является и мутагенез — явление возникновения наследственных изменений в результате воздействия на хромосомы и гены половых клеток химических соединений, излучений и т. д.

В результате мутагенеза возможно появление признаков, которые могут быть полезными в хозяйственной деятельности человека. Эти признаки подвергаются отбору и закреплению у потомства.

Вышерассмотренные методы являются основными для современной селекции, но имеются и другие методы, которые в пособии не рассматриваются.

Следует отметить, что формы организмов, получаемые в результате селекции, отвечают требованиям хозяйственной деятельности человека. Для самого организма его свойства могут быть и вредными с точки зрения выживания в природной окружающей среде, поэтому за организмами, выведенными человеком, необходим тщательный уход для обеспечения их выживаемости и реализации полезных свойств, необходимых человеку.

### ***Селекция растений***

Предметом селекции растений является теоретическая разработка и практическое выведение новых сортов растений, а также усовершенствование старых сортов.

**Селекция** растений широко использует общие методы селекции, но имеет свои особенности по сравнению с селекцией животных и микроорганизмов.

В селекции растений большую роль играет разнообразие селекционного материала. Вопросам изучения разнообразия исходного материала посвящены труды Н. И. Вавилова и его последователей. Были исследованы центры происхождения современных растений, возделываемых человеком. Н. И. Вавилов выделил восемь таких центров, наиболее важными среди которых являются:

- 1) Китайский (Восточно-азиатский) — здесь были выведены соя, некоторые сорта ячменя, лука, баклажан, груш, яблонь и других растений;
- 2) Среднеазиатский — родина пшеницы и зернобобовых культур;
- 3) Средиземноморский — родина многих овощей (капусты, петрушки, репы, лука репчатого и т. д.), кормовых культур;
- 4) Южно-американский — родина картофеля, подсолнечника, арахиса, маниоки и других культурных растений.

В этих центрах и в настоящее время произрастают предки современных культурных растений и их можно (и нужно) использовать в селекции растений. Были созданы фонды и коллекции семян исходных форм растений, которые использовались учеными-селекционерами для выведения новых сортов растений.

В селекции растений организмы можно условно разделить на две группы: одно- и двулетние травянистые формы и многолетние древесно-кустарниковые формы. К этим группам растений применимы разные методы селекции. Для первой группы более широко применим массовый отбор и в меньшей степени — индивидуальный, для второй группы более применим индивидуальный отбор.

В выведении новых сортов растений для близкородственного скрещивания используют самоопыление и получают чистые линии (этот метод применим для всех растений).

Получение «чистых линий» практикуют не только для собственно селекционной работы, но и для повышения урожайности растений, используя явление гетерозиса.

Гетерозис — резкое усиление продуктивности организмов первого поколения, полученного при скрещивании особей «чистых линий».

В селекции растений широко применяют явление полиплоидии для преодоления барьера нескрещиваемости при межвидовой гибридизации и повышения урожайности некоторых растений, например сахарной свеклы. Полиплоидия, помимо сахарной свеклы, характерна для пшеницы, ржи, турнепса и др. растений.

Спецификой селекции растений является применение соматических мутаций, так как растения способны к вегетативному размножению. За счет применения таких мутаций был выведен сорт яблок Антоновка полторафунтовая (шестисотграммовая). Использование соматических мутаций возможно из-за широкого применения метода прививок, специфического метода, возможного для многолетних древесно-кустарниковых форм, к которым относятся многие плодово-ягодные культуры.



Прививки и вегетативная гибридизация являются специфическими методами в селекции плодово-ягодных культур. Ученым-практиком, широко применявшим эти методы в селекции плодово-ягодных культур, был И. В. Мичурин. Он также использовал и метод управления доминированием признаков в форме воздействия на гибриды целенаправленным воспитанием, способствовавшим выработке и закреплению свойства, необходимого селекционеру. Последний метод применяется и в селекции животных.

И в селекции, и в практическом возделывании культурных растений необходимо учитывать то, что сорт только тогда будет проявлять свои положительные свойства, когда растения выращиваются в соответствующих условиях и соблюдаются все требования рациональной агротехники. Нет сортов универсальных для любых территорий, поэтому при районировании того или иного сорта необходимо учитывать условия среды, характерные для данного региона.

Рассмотрим некоторые примеры сортов растений, выведенных учеными-селекционерами.

1. И. В. Мичуриным были получены многие сорта плодово-ягодных культур, например Бельфлер-китайка (яблоки), Бере зимняя Мичурина и Ренет бергамотный (груши), гибрид черемухи и вишни и т.д. В своей селекционной работе он широко использовал все перечисленные методы селекции растений, кроме мутагенеза.

2. Н. В. Цицин (академик) вывел пырейно-пшеничный гибрид.

3. В. С. Пустовойт (академик) получил несколько сортов высокомасличного подсолнечника и т.

д.

### ***Особенности селекции животных***

Селекция животных — это область науки, изучающая наиболее оптимальные способы выведения пород домашних животных и улучшения существующих пород.

В селекции животных используют все методы селекции, но эти методы имеют свою специфику, связанную с отсутствием у домашних животных способности к бесполому и вегетативному размножению, а также с особенностями получения потомства — у домашних животных достаточно поздно наступает период половой зрелости и потомство относительно немногочисленно.

При выведении новых пород животных большее применение имеет индивидуальный отбор, так как за животными осуществляется более индивидуальный уход, чем за растениями (например, за стадом в 100 голов ухаживает до 10 человек, в то время как поле, на котором произрастают сотни тысяч растений, обслуживает бригада в 5-8 человек).

Важное значение в селекции животных имеет применение гибридизации, при этом используют инбридинг, неродственное скрещивание и отдаленную гибридизацию.

Неродственное скрещивание представляет собой гибридизацию животных, принадлежащих к разным породам одного вида.

Такое скрещивание приводит к «расшатыванию» наследственности и получению организмов с новыми признаками, которые можно в дальнейшем использовать для выведения новой породы или улучшения старой.

Инбридинг у животных применяется в целях, аналогичных инбридингу у растений, только в отличие от самоопыления растений здесь используют осеменение близкородственных организмов (матери, сестры, дочери и т. д.).

Отдаленная гибридизация проводится для получения животных с ценными эксплуатационными свойствами (так скрещивают осла с лошастью, яка с туром). Полученные гибриды, как правило, потомства не дают.

Важную роль играет направленное воспитание, позволяющее развить и закрепить полезное для хозяйственной деятельности свойство животного.

Классическим примером селекции животных является выведение М. Ф. Ивановым белой украинской породы свиней. Эта порода характеризуется высокой продуктивностью и хорошей приспособленностью к местным условиям. Для выведения этой породы использовали местную украинскую породу, хорошо приспособленную к условиям существования в степях, но обладавшую малой продуктивностью и невысоким качеством мяса. Другой породой была английская белая порода, характеризующаяся высокой продуктивностью, но отсутствием приспособленности к

существованию в условиях Украины. Были использованы инбридинг, неродственное скрещивание, индивидуально-массовый отбор, воспитание условиями содержания. Длительная и кропотливая работа дала положительный результат — была выведена новая порода свиней — украинская белая свинья, сочетающая в себе качества обоих родительских пород в положительном для хозяйственной деятельности контексте — высокая продуктивность и хорошая приспособленность к местным условиям.

М.Ф.Ивановым с коллегами была проведена большая работа по отдаленной гибридизации, в результате которой выведены архаромериносы (гибрид горного барана — архара и овцы-мериноса), зубробизоны и т. д.

### ***Краткая характеристика особенностей селекции микроорганизмов***

Предметом селекции микроорганизмов является выведение новых штаммов микроорганизмов.

Микроорганизмы значительно отличаются от других организмов, применяемых в хозяйственной деятельности человека, поэтому и селекция этих организмов имеет свои отличительные особенности.

1. Малые размеры микроорганизмов обуславливают применение только массового отбора (исключая индивидуальный).

2. Широкое применение находит мутагенез, так как микроорганизмы легко изменяются в результате различных воздействий (химических соединений, излучений).

3. Важнейшим методом селекции микроорганизмов является применение генной инженерии — с помощью специальных методов изменяют структуры генов, либо проводят работы по рекомбинации хромосом; выделяют ДНК, из которой получают рекомбинативную ДНК (полученную из двух разных молекул).

Важно помнить, что работы по генной инженерии очень ответственны с этической точки зрения, ее результаты часто непредсказуемы, их необходимо проводить с предельной тщательностью и осторожностью и не допускать попадания продуктов деятельности генной инженерии в окружающую среду. Для ряда организмов (человека и высших животных) работы по генной инженерии недопустимы.

4. В селекции микроорганизмов, как правило, нельзя использовать скрещивание, так как осуществление этого приема с микроорганизмами вызывает сложности, а целый ряд этих организмов размножается бесполом способом.

Примером работ в области селекции микроорганизмов являются труды С. И. Алиханяна с коллегами по выведению штаммов грибов, вырабатывающих пенициллин.

Важность работ в области селекции микроорганизмов связана с тем, что микроорганизмы являются основой для реализации многих биотехнологических производств.

Биотехнологическими называются производства, в которых получают сложные органические соединения в результате жизнедеятельности микроорганизмов.

Биотехнология лежит в основе производства гормонов, антибиотиков, энзимов (активных составных частей ферментов), витаминов, чистых белков, природных аминокислот и целого ряда продуктов питания (молочнокислая промышленность, получение глюкозы, этанола, хлебопекарная промышленность, производство пива, уксуса и т. д.).

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое селекция и каковы ее основные методы?
2. Что такое гибридизация? Какой она может быть?
3. Дайте определение и назовите виды отбора?
4. Перечислите методы селекции, общие и специфичные для выведения новых пород животных и сортов растений.

## Тема биотехнология

### План:

1. Биотехнология как наука.
2. Задачи и методы биотехнологии.
3. Генная инженерия

Основные направления биотехнологии.

*Биотехнология — это производство необходимых человеку продуктов и материалов с помощью живых организмов, культивируемых клеток и биологических процессов.*

Возможности биотехнологии необычайно велики благодаря тому, что ее методы выгоднее обычных: они используются при оптимальных условиях (температуре и давлении), более производительны, экологически чисты и не требуют химических реактивов, отравляющих среду и др.

*Объектами биотехнологии* служат многочисленные представители групп живых организмов — микроорганизмы (вирусы, бактерии, протисты, дрожжи и др.), растения, животные, а также изолированные из них клетки и субклеточные структуры (органеллы). Биотехнология базируется на протекающих в живых системах физиолого-биохимических процессах, в результате которых осуществляются выделение энергии, синтез и расщепление продуктов метаболизма, формирование химических и структурных компонентов клетки.

*Главными направлениями биотехнологии* являются: 1) производство с помощью микроорганизмов и культивируемых эукариотических клеток биологически активных соединений (ферментов, витаминов, гормональных препаратов), лекарственных препаратов (антибиотиков, вакцин, сывороток, высокоспецифичных антител и др.), а также белков, аминокислот, используемых в качестве кормовых добавок; 2) применение биологических методов борьбы с загрязнением окружающей среды (биологическая очистка сточных вод, загрязнений почвы и т. и.) и для защиты растений от вредителей и болезней; 3) создание новых полезных штаммов микроорганизмов, сортов растений, пород животных и т. п.

**Задачи, методы и достижения биотехнологии.** Человечеству необходимо научиться эффективно изменять наследственную природу живых организмов, чтобы обеспечить себя доброкачественной пищей и сырьем и при этом не привести планету к экологической катастрофе. Поэтому не случайно главной задачей селекционеров в наше время стало решение проблемы создания новых форм растений, животных и микроорганизмов, хорошо приспособленных к индустриальным способам производства, устойчиво переносящих неблагоприятные условия, эффективно использующих солнечную энергию и, что особенно важно, позволяющих получать биологически чистую продукцию без чрезмерного загрязнения окружающей среды. Принципиально новыми подходами к решению этой фундаментальной проблемы является использование в селекции генной и клеточной инженерии.

**Генная (генетическая) инженерия** — раздел молекулярной генетики связанный с целенаправленным созданием новых молекул ДНК, способных размножаться в клетке-хозяине и осуществлять контроль за синтезом необходимых метаболитов клетки. Возникнув на стыке химии нуклеиновых кислот и генетики микроорганизмов, генная инженерия занимается расшифровкой структуры генов, их синтезом и клонированием, вставкой выделенных из клеток живых организмов или вновь синтезированных генов в клетки растений и животных с целью направленного изменения их наследственных свойств.

Для осуществления переноса генов (или трансгенеза) от одного вида организмов в другой, часто очень далекий по своему происхождению, необходимо выполнить несколько сложных операций:

1. выделение генов (отдельных фрагментов ДНК) из клеток бактерий, растений или животных. В отдельных случаях эту операцию заменяют искусственным синтезом нужных генов;
2. соединение (сшивание) отдельных фрагментов ДНК любого происхождения в единую молекулу в составе плазмиды;

3. введение гибридной плазмидной ДНК, содержащей нужный ген, в клетки хозяина;
4. копирование (клонирование) этого гена в новом хозяине с обеспечением его работы.

Клонированные гены путем микроинъекции вводят в яйцеклетку млекопитающих или протопласты растений (изолированные клетки, лишенные клеточной стенки) и из них выращивают целых животных или растения, в геном которых встроены (интегрированы) клонированные гены. Растения и животные, геном которых изменен путем генноинженерных операций, получили название *трансгенных растений* или *трансгенных животных*.

Уже получены трансгенные мыши, кролики, свиньи, овцы, в геноме которых работают чужеродные гены различного происхождения, в том числе гены бактерий, дрожжей, млекопитающих, человека, а также трансгенные растения с генами других, неродственных видов. Трансгенные организмы свидетельствуют о больших возможностях генной инженерии как прикладной ветви молекулярной генетики. Например, в последние годы получено новое поколение трансгенных растений, для которых характерны такие ценные признаки, как устойчивость к гербицидам, к насекомым и др. Трансгенные растения в 1999 г. занимали в мире площадь, равную 48,2 млн. га.

Есть все основания предполагать, что уже в ближайшем будущем будет решена проблема направленного изменения наследственности высших растений, что приведет к революции в сельском хозяйстве. В первую очередь речь идет о создании симбиоза между злаками и азотфиксирующими клубеньковыми бактериями, а это решит проблему азотных удобрений. Имеются уже доказательства того, что свободноживущие азотфиксирующие бактерии способны ассоциировать с корнями злаков, давая возможность растению-хозяину получать некоторое количество азота в результате бактериальной азотфиксации. Теперь генетически нужно добиться, чтобы азотфиксирующие бактерии более эффективно присоединялись к корням злаков, что способствовало бы их более полезной и успешной ассоциации (симбиозу).

Разрабатывается метод переноса в определенные растения более эффективных ферментных систем метаболического пути фиксации атмосферного углерода (темновой фазы фотосинтеза), что позволит повысить скорость фиксации углекислого газа и, как следствие, продуктивность фотосинтеза культурных растений.

Самым важным шагом к победе не только над генетическими болезнями, но и над старостью будет разработка методов генотерапии, безопасных для клетки. Тогда у врачей появится возможность заменять в организме пожилых людей поврежденные в результате мутаций гены на нормальные.

На сегодняшний день методы генной инженерии позволили осуществить синтез в промышленных количествах таких гормонов, как инсулин, интерферон и соматотропин (гормон роста), которые необходимы для лечения ряда генетических болезней человека — сахарного диабета, некоторых видов злокачественных образований, карликовости,

С помощью генетических методов были получены также штаммы микроорганизмов (*Ashbya gossypii*, *Pseudomonas denitrificans* и др.), которые производят в десятки тысяч раз больше витаминов (С, В<sub>3</sub>, В<sub>13</sub>, и др.), чем исходные формы.

В основе *клеточной инженерии* лежит использование методов культивирования изолированных клеток и тканей на искусственной питательной среде в регулируемых условиях. Это стало возможным благодаря способности растительных клеток в результате регенерации формировать целое растение из единичной клетки. Условия регенерации разработаны для многих культурных растений — картофеля, пшеницы, ячменя, кукурузы, томатов и др. Работа с этими объектами делает возможным использование в селекции нетрадиционных методов клеточной инженерии — соматической гибридизации, гаплоидии, клеточной селекции, преодоления нескрещиваемости в культуре и др.

*Соматическая гибридизация* — это слияние двух различных клеток в культуре тканей. Сливаться могут разные виды клеток одного организма и клетки разных, иногда очень далеких видов, например мыши и крысы, кошки и собаки, человека и мыши,

Культивирование клеток растений стало возможным, когда научились с помощью ферментов избавляться от толстой клеточной стенки и получать изолированный протопласт, который можно

культивировать так же, как и клетки животных. Кроме того, можно заставить слиться с протопластом других видов растений и получить в соответствующих условиях новые гибриды. Протопласт является также идеальным реципиентом для чужеродной ДНК, что дает возможность образования генетически модифицированных растений.

Из протопластов многих растений в подходящих условиях формируются полноценные организмы, которые можно пересадить в землю и далее размножить обычным способом. Таким путем получают гибриды между растениями, которые иначе не скрещиваются, освобождаются от вирусов или, наоборот, вводят в растения иные гены.

У растений-регенерантов выявлен широкий спектр мутаций как по качественным, так и по количественным признакам. Для проведения направленной селекции мутантов в культуре создается селективный фон, позволяющий отобрать клетки с нужными качествами. Именно этот тип клеточной селекции обеспечивает возможность повышения приспособленности генотипов, т. е. в культуре возможна селекция на устойчивость к патогенам, гербицидам, засолению почв, высокой или низкой их кислотности, засухе и т. п. Общий принцип отбора растительных клеток в культуре на питательной среде заключается в том, что признак растения, по которому ведется отбор, как правило, должен проявляться на клеточном уровне.

Например, если в культуру растительных клеток добавить токсичные аналоги аминокислот, то будут размножаться только те мутанты, у которых собственный синтез этих аминокислот выше обычного. Так удалось получить клетки, а из них растения моркови, синтезирующие в 20 раз больше метионина, в 30 раз — триптофана, в 5 раз — лизина. Проведение такой селекции на целых растениях потребовало бы огромной работы в течение многих десятков лет.

Очень важное направление клеточной инженерии связано с ранними стадиями эмбриогенеза. Например, оплодотворение яйцеклеток в пробирке уже сейчас позволяет преодолевать некоторые распространенные формы бесплодия у человека. У сельскохозяйственных животных с помощью инъекции гормонов удается получить от одной коровы-рекордистки десятки яйцеклеток, оплодотворить их в пробирке спермой породистого быка, а затем имплантировать в матку других коров; в результате один ценный экземпляр дает в 10 раз больше потомства, чем это было возможно обычным путем.

Культуру растительных клеток выгодно использовать для быстрого размножения медленно растущих растений — женьшеня, маслинной пальмы, малины, персиков и др. Так, при обычном разведении куст малины дает не более 50 отростков в год, а с помощью культуры клеток можно получить более 50 тыс. растений. При таком разведении иногда вырастают растения более продуктивные, чем исходный сорт. Так были выведены новые ценные сорта картофеля, грейпфрута и т. д.

Уже многие годы для решения проблемы загрязнения окружающей среды используются биологические методы, разработанные биотехнологами. Так, бактерии родов *Rhodococcus* и *Nocardia* с успехом применяют для эмульгирования и сорбции углеводородов нефти из водной среды. Они способны разделять водную и нефтяную фазы, концентрировать нефть, очищать сточные воды от примесей нефти. Ассимилируя углеводороды нефти, такие микроорганизмы преобразуют их в белки, витамины группы В и каротины. Если в питательную среду из нефтяных фракций добавить азотистые вещества с минеральными солями, то процесс образования белков пойдет необычайно интенсивно. Практически с каждой тонны углеводородов таким путем можно получить до тонны белков. Это означает, что менее одного процента обрабатываемой теперь сырой нефти хватило бы для возмещения недостатка в белках на всей планете.

Некоторые из штаммов галобактерий с успехом применяют для удаления мазута с песчаных пляжей. Получены также генно-инженерные штаммы, способные расщеплять октан, камфору, нафталин, ксилол, эффективно утилизировать сырую нефть. Для извлечения металлов из сточных вод могут широко использоваться штаммы *Citrobacter*, *Zoogloea*, способные накапливать уран, медь, кобальт.

Получены высокоэффективные штаммы *Pseudomonas* и термофильной бактерии *Sulfolobus* для удаления серы из угля; это одна из сложнейших экологических проблем; так как при сжигании угля происходит сильное загрязнение окружающей среды серой.

Биотехнология проникает в тяжелую промышленность, где микроорганизмы используются для добычи, превращения и переработки природных ископаемых. Уже в древности первые металлурги получали железо из болотных руд, производимых железобактериями, которые способны концентрировать железо. Теперь разработаны способы бактериальной концентрации ряда других ценных металлов — марганца, цинка, меди, хрома и др. Эти методы используются для разработки отвалов старых рудников и бедных месторождений, где традиционные методы добычи экономически невыгодны.

Биотехнология решает не только конкретные задачи науки и производства. У нее есть более глобальная методологическая задача — она расширяет и ускоряет масштабы воздействий человека на живую природу и способствует адаптации живых систем к условиям существования человека, т. е. к ноосфере. Биотехнология, таким образом, выступает в роли мощного фактора антропогенной адаптивной эволюции.

У биотехнологии, генетической и клеточной инженерии многообещающие перспективы. Со временем человек будет внедрять нужные гены в клетки растений, животных и человека, что позволит постепенно избавиться от многих наследственных болезней, заставит клетки синтезировать необходимые лекарства и биологически активные соединения, а затем — непосредственно белки и незаменимые аминокислоты, употребляемые в пищу. Используя методы, уже освоенные природой, биотехнологи надеются получать с помощью фотосинтеза водород — самое экологически чистое топливо будущего, а также превращать в аммиак атмосферный азот при обычных условиях и т. д.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое биотехнология и каковы ее задачи?
2. Какие задачи стоят перед клеточной и генной инженерией?
3. Какие перспективы для практической деятельности человека открывает биотехнология?
4. С какими проблемами может столкнуться человечество в связи с последними открытиями в области генетики?

## **Раздел IV ЭВОЛЮЦИОННОЕ УЧЕНИЕ**

### **Тема История развития эволюционных идей**

#### **План:**

- 1. Общая характеристика додарвинского периода в биологии.**
- 2. Научные предпосылки возникновения учения Дарвина.**

#### **1. Общая характеристика додарвинского периода в биологии.**

Эволюция означает постепенный, закономерный переход от одного состояния в другое. Под биологической эволюцией понимают изменение популяций растений и животных в ряду поколений, направляемое естественным отбором. В течение многих миллионов лет, начиная с возникновения жизни на Земле, в результате непрерывного, необратимого, естественного процесса смены одних видов другими сформировались животные и растительные формы, существующие в настоящее время.

Идея о том, что организмы развиваются в течение поколений, интересовала многих натуралистов. Мысль о том, что современные живые организмы произошли от более простых, примитивных, давно жила в умах людей.

Первую систематизацию материала о растениях и животных произвёл знаменитый шведский ученый Карл Линней в 1735 г. На основе одного-двух признаков (преимущественно

морфологических) он классифицировал растения и животных на виды, роды, классы. За единицу классификации им был принят вид.

Вклад К. Линнея в прогрессивное развитие естествознания огромен: он предложил систему животных и растений; ввел бинарную систему двойных названий; описал около 1 200 родов и более 8 000 видов растений; реформировал ботанический язык и установил до 1 000 терминов, многие из которых ввел впервые.

Труды К. Линнея помогли его последователям осуществить систематизацию разрозненного фактического материала и усовершенствовать ее.

В начале XVIII в. французский ученый Жано-Батисто Ламарк создал первую эволюционную теорию, которую изложил в труде “Философия зоологии” (1809 г.). По Ламарку, одни организмы произошли от других в процессе длительной эволюции, постепенно изменяясь и совершенствуясь под воздействием внешней среды. Изменения закреплялись и передавались по наследству, что и явилось тем основным фактором, который обусловил эволюцию.

Ж.-Б. Ламарк впервые изложил идеи эволюции живой природы, утверждавшие историческое развитие от простого к сложному. Доказательства эволюционной теории, выдвинутые Ж.-Б. Ламарком, оказались недостаточными для полного их принятия, поскольку не были даны ответы на вопросы: чем объяснить большое разнообразие видов в природе; с чем связано совершенствование организации живых существ; как объяснить приспособленность организмов к условиям внешней среды?

В России XVIII в. примечателен появлением новых научных идей. Гениальный русский ученый М. В. Ломоносов, философ-материалист А. Н. Радищев, академик К. Ф. Вольф и другие видные ученые высказывали представления об эволюционном развитии и изменчивости природы.

М. В. Ломоносов утверждал, что изменения ландшафта Земли вызывали изменения климата, в связи с чем изменялись животные и растения, ее населяющие.

К. Ф. Вольф утверждал, что во время развития зародыша цыпленка все органы появляются в результате развития, а не предопределены заранее (теория эпигенеза), а все изменения связаны с питанием и климатом. Не располагая еще достаточным научным материалом, К. Ф. Вольф высказал предположение, гениально предвосхитившее полное научное эволюционное учение будущего.

В XIX в. все больше подвергаются критике метафизические представления о неизменности живых существ. В России эволюционные идеи высказывались постоянно.

Например, Афанасий Каверзнев (конец XVIII - начало XIX вв.) в труде “О перерождении животных” утверждал, что виды действительно существуют в природе, но они изменчивы. Факторами изменчивости являются изменения окружающей среды: пищи, климата, температуры, влажности, рельефа и др. Он поставил вопрос о происхождении видов один от другого и о их родстве. Свои рассуждения А. Каверзнев подтверждал примерами из практики человека по выведению пород животных.

К. Ф. Рулье (1814-1858 гг.) еще за 10-15 лет до выхода в свет труда Ч. Дарвина “Происхождение видов” писал об историческом развитии природы, резко критикуя метафизические взгляды о неизменяемости и постоянстве видов и описательное направление в науке. Он связывал происхождение видов с их борьбой за существование.

Прогрессивные эволюционные идеи высказывал К. М. Бэр (1792-1876 гг.), занимаясь исследованиями в области эмбриологии.

А другой ученый - А. И. Герцен (1812-1870 гг.) в работах “Дилетантизм в науке” и “Письма об изучении природы” писал о необходимости изучать происхождение организмов, их родственные связи, рассматривать строение животных в единстве с физиологическими особенностями и о том, что психическую деятельность также следует изучать в развитии - от низших к высшим, включая человека. Основную задачу он видел во вскрытии причин единства органического мира при всем его разнообразии и объяснении происхождения животных.

Н. Г. Чернышевский (1828-1889 гг.) в своих произведениях останавливался на причинах изменчивости и вопросе о единстве происхождения человека и животных.

## **2. Научные предпосылки возникновения учения Дарвина.**

Величайший английский натуралист Ч. Дарвин (1809-1882 гг.) своей эволюционной теорией положил начало новой эпохе в развитии естествознания.

Возникновению эволюционного учения Ч. Дарвина способствовали общественно-экономические предпосылки - интенсивное развитие капитализма, давшее импульс развитию науки, промышленности, техники, сельскому хозяйству.

После пятилетнего путешествия в качестве натуралиста на корабле “Бигль” вокруг света и почти 20-летнего обобщения и осмысливания большого объема фактических данных им была написана книга “Происхождение видов путем естественного отбора или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь”, опубликованная в 1859 г., ровно через 50 лет после книги Ламарка.

Во время этого путешествия у Дарвина зародилась идея эволюции - собственная свежая концепция, исправлявшая или улучшавшая взгляды и аргументы его предшественников. Идея Дарвина объясняла законы развития жизни лучше, чем какая-либо другая теория.

Ч. Дарвин в этой книге изложил эволюционную теорию, которая произвела переворот в биологическом мышлении и стала историческим методом исследования в биологии.

Ещё спустя 12 лет Дарвин опубликовал книгу “Происхождение человека” - исследование об эволюции человека.

Основная заслуга Дарвина состоит в том, что он объяснил механизм процесса эволюции, создал теорию естественного отбора. Многочисленные отдельные явления органической жизни Дарвин связал в логическое целое, благодаря чему царство живой природы предстало перед людьми как нечто непрерывно меняющееся, стремящееся к постоянному совершенствованию.

Теория естественного отбора, выдвинутая Дарвиным, была настолько разумна и так хорошо обоснована, что большинство биологов очень скоро признали ее. Многочисленные отдельные явления органической жизни Дарвин связал в логическое целое, благодаря чему царство живой природы предстало перед людьми как нечто непрерывно меняющееся, стремящееся к постоянному совершенствованию.

Русскими эволюционистами была подготовлена почва для принятия теории Дарвина, поэтому в России она нашла своих последователей. Однако во времена Дарвина многие области биологической науки не были достаточно хорошо развиты и мало что могли дать ему при разработке его теории.

Основные открытия Грегора Менделя в учении о наследственности (в генетике) не были известны ни Дарвину (хотя они творили в одно время), ни большинству ученых его времени. Цитология, изучающая клетки, еще не знала, как делятся клетки. Палеонтология - наука об ископаемых, была молодой наукой, и еще не были открыты прекрасные образцы ископаемых животных и растений, которые появились позже.

Дискретность фактического материала и отсутствие в тот период достижений науки, появившихся позже, позволило оппонентам Дарвина высказывать мнение о недостаточности доказательств правильности положений теории эволюции.

Из-за отсутствия этих и некоторых других данных развитие теории эволюции путем естественного отбора в XIX в. было даже более замечательным достижением, чем если бы это имело место в середине XX в.

Таким образом, существовавшие в XVII-XVIII вв. метафизические представления в науке и философии наложили глубокий отпечаток на изучение физиологических проблем: все явления в природе рассматривались как постоянные и неизменные. Эволюционное учение Ч. Дарвина нанесло сильнейший удар метафизическому взгляду на природу.

В целом, крупнейшим достижением биологии 19 в. была разработка клеточной теории, согласно которой в основе строения и развития животных и растительных организмов лежит единая форма организации живого вещества – клетка. Клеточная теория явилась основой для последующего развития эволюционной теории.



### Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте вклад в развитие биологии и взгляды К.Линнея.
2. Охарактеризуйте вклад в развитие биологии и взгляды Ж.Б.Ламарк.
3. Охарактеризуйте вклад в развитие биологии и взгляды Ч.Дарвина.

## Тема Микроэволюция

1. Понятие вида в современной биологии.
2. Критерии вида.
3. Популяции.

1. **Понятие вида в современной биологии.** Вид является одной из основных форм организации жизни на Земле и основной единицей классификации биологического разнообразия. Разнообразие современных видов огромно. По различным оценкам в настоящее время на Земле обитает около 2-2,5 млн. видов (до 1,5-2 млн. видов животных и до 500 тыс. видов растений). Процесс описания новых видов непрерывно продолжается. Каждый год описываются сотни и тысячи новых видов насекомых и других беспозвоночных животных, микроорганизмов. Распределение видов по классам, семействам и родам очень неравномерно. Есть группы с огромным числом видов и группы – даже высокого таксономического ранга, – представленные немногими видами в современной фауне и флоре. Например, целый подкласс рептилий представлен лишь одним видом – гаттерией.

Так число видов насекомых составляет около 80% от общего числа видов животных. Отношение числа водных видов растений (около 8%) к числу сухопутных (около 92%) совпадает с таковым в мире животных (соответственно 7 и 93%). *Как вы считаете, в чем заключаются причины этого явления?*

В тоже время современное видовое разнообразие значительно меньше числа вымерших видов. Из-за хозяйственной деятельности человека ежегодно вымирает огромное число видов. Поскольку сохранение биоразнообразия – непереносимое условие существования человечества, то эта проблема сегодня становится глобальной. А для того, чтобы охранять следует знать, что мы охраняем. Понятие "вид" до сих пор остается одним из наиболее сложных и неоднозначных биологических понятий. Проблемы, связанные с понятием биологического вида легче понять, рассматривая их в историческом аспекте.

Термин «вид» был впервые применен Аристотелем (384-322 гг. до н. э.). Однако, эта категория была логической, а не биологической. Современному пониманию вида у Аристотеля соответствует понятие «порода». Аристотель описал около 500 пород животных. Эта трактовка вида просуществовала вплоть до XVII в.

Научное изучение вида началось с работ английского ботаника Дж. Рэя («*Historia plantarum*», 1686), сформулировавшем представление о биологическом виде. Ему же принадлежит честь введения в биологию термина «вид» – species (от латинского species – рассматриваю, разглядываю). По Дж. Рэю «*Видовое тождество быка и коровы, мужчины и женщины вытекает из того, что они происходят от одинаковых родителей; у растений точно также самый верный признак принадлежности к одному виду есть происхождение от одного и того же растения. Формы, принадлежащие к различным видам, сохраняют неизменный характер своего вида и никогда один вид не возникает из семян другого и наоборот.* Таким образом, Дж. Рей (1686) сформулировал представление о биологическом виде, как о совокупности организмов, отличающихся друг от друга не сильнее, чем различаются дети одной пары родителей. Тем самым Рей превратил логическую категорию в биологическую.

Однако основной классификационной единицей биологии вид стал только в результате работ К. Линнея. К. Линней заложил основы современной систематики живых организмов (*Система природы*, 1735). К.Линней установил, что в пределах вида многие существенные признаки меняются постепенно, так что их можно выстроить в непрерывный ряд. Однако между двумя разными видами

можно обнаружить разрыв постепенности в распределении признаков. В этой связи К. Линней рассматривал виды как объективно существующие группы живых организмов, достаточно легко отличимые друг от друга. Выделение видов в то время происходило на основе различий между особями по ограниченному числу внешних признаков. Этот подход к изучению вида получил название *типологического*. Согласно типологической концепции *вид – это совокупность особей, тождественных между собой по видовому признаку. Каждый вид отделен от других видов – хиатусом – перерывом в постепенности изменения признаков. Как совокупности организмов виды реально существуют в природе.*

В практической систематике типологическая концепция означала необходимость сравнения особи с типовым экземпляром вида – **голотипом (типовым экземпляром)**. Голотип – особь, по которой вид был впервые описан. Сравнение проводилось по внешним признакам, доступным для наблюдения без расчленения особи. Это позволяло пользоваться музейными коллекциями и создавать их, сохраняя голотипы. Если признаки не удавалось соотнести ни с одним из существующих видовых диагнозов, то по данному экземпляру описывался новый вид. Вместе с тем в вопросе о происхождении видов К. Линней, как и Дж. Рэй, придерживался креационизма, считая, что все особи любого вида суть потомки одной первоначально созданной пары и после акта творения на Земле не появлялся ни один новый вид.

В первой половине XIX в. стали складываться представления об изменении вида в процессе развития живой природы. Возникла дилемма: *либо виды без эволюции, либо эволюция без видов*. Жан-Батист Ламарк отрицал реальность существования видов. Противопоставляя эволюцию неизменности видов, Ламарк создал *номиналистическую концепцию вида*. *Noten – имя, название. Виды не реальны. Существуют только их названия, придуманные людьми для собственного удобства, в природе существуют только особи*. Ч. Дарвин в одних высказываниях считал их "искусственными понятиями, придуманными ради удобства", в других – признавал реальность существования видов.

К концу XIX века стали очевидны недостатки типологического подхода: Выяснилось, что животные из разных мест порой хоть и незначительно, но достаточно надежно отличаются друг от друга. В соответствии с установленными правилами им надо было присваивать статус самостоятельных видов. Число новых видов росло лавинообразно. Наряду с этим крепло сомнение: стоит ли различным популяциям близкородственных животных присваивать видовой статус только на том основании, что они слегка друг от друга отличаются? Формирование в первой половине XX века синтетической теории эволюции привело к пересмотру ряда определений и концепций в систематике. Таким образом, возникла популяционная (биологическая) концепция вида.

*Биологическая концепция вида*. Биологическая концепция сформировалась в 30-х-60-х годах XX в. на базе синтетической теории эволюции и данных по структуре видов. С наибольшей полнотой она разработана в книге Майра «Зоологический вид и эволюция» (1968).

Майр сформулировал биологическую концепцию в виде трех пунктов:

1. виды определяются не различиями, а обособленностью;
2. виды состоят не из независимых особей, а из популяций;
3. виды определяют, исходя из их отношения к популяциям других видов. Решающим критерием является не плодовитость при скрещивании, а репродуктивная изоляция».

Таким образом, согласно биологической концепции *вид – это группа фактически или потенциально скрещивающихся популяций, репродуктивно изолированных от других таких же популяций*. Эту концепцию также называют *политипической*.

Положительной стороной биологической концепции является ясная теоретическая база, хорошо разработанная в трудах Майра и других сторонников этой концепции. Вместе с тем, эта концепция неприменима для видов, размножающихся половым путем и в палеонтологии.

Морфологическая концепция вида сформировалась на базе типологической, точнее, на базе многомерного политипического вида. В тоже время она представляет собой шаг вперед, по сравнению с этими концепциями.

Согласно ей вид – это *совокупность особей, обладающих наследственным сходством морфологических, физиологических и биохимических особенностей, свободно скрещивающихся и*

дающих плодовитое потомство, приспособленных к определенным условиям жизни и занимающих в природе определенную область – ареал.

Таким образом, в современной литературе обсуждаются и применяются в основном две концепции вида: *биологическая* и *морфологическая (таксономическая)*.

## 2. Критерии вида

Современная биология разработала ряд критериев, которые позволяют отличать один вид от другого (критерии – это признаки, по которым виды отличаются друг от друга). К ним относятся *морфологический, физиологический, биохимический, экологический, географический, репродуктивный и генетический*. Следует отметить, что ни один из этих критериев в отдельности недостаточен для определения вида. Это связано с тем, что большинство видов является политипическими, т.е. состоящими из нескольких популяций, в различной степени отличающихся друг от друга. Поэтому установление видовой принадлежности проводится по совокупности всех или большинства критериев.

*Морфологический критерий*. Это один из важнейших и древнейших критериев, в основе которого лежит сходство внешнего и внутреннего строения особей одного вида. С его помощью легко определяются особи вида, которые не являются близкородственными (кошка-собака и т. д.). В тоже время существуют виды, сходные морфологически, но в природе надежно разделенные репродуктивной изоляцией (виды-двойники). Например, два вида черных крыс: у одного вида в кариотипе 38 хромосом, у другого – 42. Другой пример относится к комплексу видов-двойников, прежде объединяемых под названием «малярийный комар» (*Anopheles maculipennis*). В одних регионах он предпочитает кормиться на человеке, в других – на домашних животных; в одних районах он размножается в солоноватой воде, в других – только в пресной и т. д. Изучение показало, что существует не один, а шесть видов-двойников. Внешне они почти неразличимы, известные пока различия касаются особенностей структуры яиц, числа и ветвистости щетинок у личинок. Сложность различения таких видов связана со сложностью выделения или неудобстве использования их диагностических признаков. Сами виды-двойники прекрасно разбираются в собственной "таксономии". Чаше виды-двойники встречаются среди групп животных, использующих для поиска полового партнера запах (насекомые, грызуны) и реже – у тех, которые пользуются зрительной и акустической сигнализацией (птицы). **Клесты еловик и сосновик** являются одним из немногочисленных примеров видов-двойников среди птиц. Обитая совместно на значительной территории, охватывающую Северную Европу и Скандинавский полуостров, эти виды не скрещиваются друг с другом. Морфологические различия между ними, незначительные и весьма ненадежные, выражаются в размерах клюва: у сосновика он несколько толще, чем у еловика"

Следовательно, для определения видовой принадлежности одного морфологического критерия недостаточно. В тоже время этот критерий полностью сохраняет свое значение и по настоящее время, поскольку изучение видов всегда начинается с описания внешних признаков особей.

*Физиологический критерий*. В основе этого критерия лежит сходство всех процессов жизнедеятельности (питание, дыхание, выделение) у особей одного вида. Вместе с тем многие виды характеризуются сходством некоторых физиологических показателей. Так у ряда арктических рыб интенсивность обмена и общая активность такие же, как у рыб, обитающих в тропических водах.

*Биохимический критерий*. Основан на сравнении органических макромолекул у различных видов, в первую очередь, сравнении ДНК и белков. По сходству в строении ДНК и белков можно судить о том, насколько близкими в систематическом отношении являются те или иные виды. Однако в ряде случаев этот критерий также является недостаточным.

*Экологический критерий*. В основу экологического критерия положена приспособленность каждого вида к определенным экологическим факторам. Например, белый медведь приспособлен к одним экологическим факторам, бурый - к другим. В тоже время несколько видов могут занимать очень сходные экологические ниши, а внутри вида часто обнаруживается изменчивость по экологическим предпочтениям.

*Географический критерий.* Это территория, на которой обитает данный вид (ареал). У некоторых видов-эндемиков ареал небольшой, есть виды-космополиты, распространенные повсеместно. Но ареалы многих видов перекрываются, а отдельные популяции одного вида могут быть отделены друг от друга значительными расстояниями. Поэтому этот критерий также не является решающим.

*Репродуктивный критерий.* Наиболее существенной характеристикой вида является нескрещиваемость его с другими видами. Однако имеются примеры нарушения барьеров нескрещиваемости, наблюдаемых при межвидовой гибридизации.

*Генетический критерий.* Отражает характерный для каждого вида набор хромосом, строго определенное их число, размеры и форму. Это один из важнейших критериев. Особи разных видов имеют разные наборы хромосом, поэтому они не могут скрещиваться и ограничены друг от друга в природных условиях. Так, анализ хромосомного набора позволил разделить прежде воспринимавшийся как единый вид полевки обыкновенной на 4 вида: обыкновенная полевка 46 хромосом, восточноевропейская – 54 хромосомы, киргизская – 54 хромосомы, но иной морфологии, чем у восточноевропейской полевки, и закаспийская – 52 хромосомы. К сожалению, этот критерий также не является универсальным. Встречаются случаи, когда относительно далекие виды (например, почти все представители семейства кошачьих) имеют одинаковые кариотипы. С другой стороны, локальные популяции одного вида (например, обыкновенной бурозубки) могут значительно различаться по числу и форме хромосом. Поэтому этот критерий также не может считаться главным.

3. В природе каждый существующий вид представляет собой сложный комплекс или даже систему внутривидовых групп, которые охватывают особей со специфическими чертами строения, физиологии и поведения. Таким внутривидовым объединением особей и является **популяция**.

Слово «популяция» происходит от латинского «популюс» — народ, население. Следовательно, **популяция** — совокупность живущих на определенной территории особей одного вида, т.е. таких, которые скрещиваются только друг с другом. Термин «популяция» в настоящее время используют в узком смысле слова, когда говорят о конкретной внутривидовой группировке, населяющей определенный биогеоценоз, и широком, общем смысле — для обозначения обособленных групп вида независимо оттого, какую территорию она занимает и какую генетическую информацию несет.

Члены одной популяции оказывают друг на друга не меньшее воздействие, чем физические факторы среды или другие обитающие совместно виды организмов. В популяциях проявляются в той или иной степени все формы связей, характерные для межвидовых отношений, но наиболее ярко выражены **мутуалистические** (взаимно выгодные) и **конкурентные**. Популяции могут быть монолитными или состоять из группировок субпопуляционного уровня - **семей, кланов, стад, стай** и т.п. Объединение организмов одного вида в популяцию создает качественно новые свойства. По сравнению со временем жизни отдельного организма популяция может существовать очень долго.

Вместе с тем популяция обладает сходством с организмом как биосистемой, так как имеет определенную структуру, целостность, генетическую программу самовоспроизведения, способность к авторегуляции и адаптации. Взаимодействие людей с видами организмов, находящихся в среде, в природном окружении или под хозяйственным контролем человека, опосредуется обычно через популяции. Важно, что многие закономерности популяционной экологии относятся и к популяциям человека.

**Популяция** является генетической единицей вида, изменения которой осуществляет эволюция вида. Как группа совместно обитающих особей одного вида, популяция выступает первой надорганизменной биологической макросистемой. У популяции приспособительные возможности значительно выше, чем у составляющих ее индивидов. Популяция как биологическая единица обладает определенными структурой и функциями.

**Структура популяции** характеризуется составляющими ее особями и их распределением в пространстве.

**Функции популяции** аналогичны функциям других биологических систем. Им свойствен рост, развитие, способность поддерживать существование в постоянно меняющихся условиях, т.е. популяции обладают конкретными генетическими и экологическими характеристиками.

В популяциях действуют законы, позволяющие таким образом использовать ограниченные ресурсы среды, чтобы обеспечить оставление потомства. Популяции многих видов обладают свойствами, позволяющими им регулировать свою численность. Поддержание оптимальной в данных условиях численности называют **гомеостазом популяции**.

Таким образом, популяции, как групповые объединения, обладают рядом специфических свойств, которые не присущи каждой отдельно взятой особи. Основные характеристики популяций: численность, плотность, рождаемость, смертность, темп роста.

Популяции свойственна определенная организация. Распределение особей по территории, соотношения групп по полу, возрасту, морфологическим, физиологическим, поведенческим и генетическим особенностям отражают **структуру популяции**. Она формируется, с одной стороны, на основе общих биологических свойств вида, а с другой — под влиянием абиотических факторов среды и популяций других видов. Структура популяций имеет, следовательно, приспособительный характер.

Адаптивные возможности вида в целом как системы популяций значительно шире приспособительных особенностей каждой конкретной особи.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение понятию «вид».
2. Дайте определение понятию «популяция».
3. Что такое критерии вида? Перечислите их.

#### **Тема Борьба за существование и ее формы**

##### **План:**

1. Понятие борьбы за существование.
2. Характеристика форм борьбы за существование

Размышляя о механизмах и движущих силах эволюции, Ч. Дарвин пришел к представлению о **борьбе за существование**. Это одно из центральных понятий теории эволюции, Ч. Дарвин обратил внимание на то, что всем живым существам присуща способность практически «безграничного» размножения. Самка аскариды, например, дает 200 тысяч яиц в сутки, серая крыса 5 пометов в год, в среднем по 8 крысят, достигающих половой зрелости к трехмесячному возрасту, в одном плоде кукушкиных слезок не менее 186 000 семян. Способность к быстрому размножению приводит к важным последствиям: с ростом численности обострившейся конкуренции за ресурсы возрастает вероятность появления новых мутаций и создается «давление жизни», вследствие чего происходит борьба за существование. Ч. Дарвин неоднократно подчеркивал, что борьба за существование не сводится к прямой схватке, она представляет собой сложные и многообразные отношения организмов внутри одного вида, между разными видами и с неорганической природой. «Я должен предупредить, — писал Дарвин, — что применяю этот термин в широком, метафорическом смысле... Про двух собак или волков в голодное время можно с полным правом сказать, что они борются друг с другом за пищу и тем самым за жизнь. Но про растение, растущее на "краю пустыни, можно сказать\* что оно борется за жизнь против засухи». Наградой в борьбе за существование является жизнь и возможность ее продолжения в череде последующих поколений.

Формы борьбы за существование. Дарвин различал три формы борьбы за существование: *внутривидовую*, *межвидовую* и *борьбу с неблагоприятными условиями неорганической природы*. Наиболее напряженная из них — **внутривидовая борьба**. Яркий пример внутривидовой борьбы — состязание между одновозрастными деревьями хвойного леса. Самые высокие деревья своими широко раскинутыми кронами перехватывают основную массу солнечных лучей, а их мощная корневая система поглощает из почвы растворенные минеральные вещества в ущерб более слабым

соседям. Внутривидовая борьба особенно обостряется при повышении плотности популяций, например при обилии птенцов у некоторых видов птиц (многие виды чаек, буревестники) более сильные выталкивают из гнезд более слабых, обрекая их на гибель от хищников или голода.

**Межвидовая борьба** может проявляться в различных формах, например в форме соревнования (конкуренции) за пищу или иные ресурсы или в форме одностороннего использования одного вида другим. Наглядный пример конкуренции за пищу дают хищники африканских саванн (гепарды, львы, гиены, гиеновые собаки и др.), которые нередко отнимают друг у друга пойманную и убитую добычу. Часто объектом соревнования являются привлекательные местообитания. Например, в борьбе за место в поселениях человека серая крыса, более сильная и агрессивная, со временем вытеснила черную, которая в настоящее время встречается лишь в лесных районах или в пустынях. Завезенная в Европу американская норка вытесняет аборигенный европейский вид. Ондатра (выходец из Северной Америки) перехватила часть ресурсов, используемых ранее местными видами, например русской выхухолью. В Австралии обыкновенная пчела, которую привезли из Европы, вытеснила маленькую туземную, не имеющую жала.

Другие проявления межвидовой борьбы — сложные взаимоотношения, развивающиеся между хищниками и жертвами (тигр и кабан, волк и косуля, судак и укляка и т. д.), паразитами и хозяевами (всевозможные случаи экто- и эндопаразитизма). В случаях, когда хищники сражаются с жертвами или грызутся из-за добычи, борьба выражается в непосредственной схватке. С точки зрения эволюции важным следствием межвидовых взаимоотношений являются согласованные эволюционные изменения взаимодействующих видов. У хищника, например, появляются изошпренные средства нападения — клыки, когти, быстрые движения, подстерегающее поведение, у жертв — не менее изошпренные формы защиты — вещества, делающие их ядовитыми, маскировочная окраска, выставление охраны и пр.

Третья форма борьбы за существование — **борьба с неблагоприятными внешними условиями**. Факторы неживой природы оказывают непосредственное и опосредованное влияние на эволюцию живого. Про растения в пустыне говорят, что они «борются с засухой», имея в виду развитие у них многочисленных приспособлений, способствующих добыванию воды и питательных веществ из почвы (особая корневая система) или снижению интенсивности транспирации (особое строение листьев). Условия неорганического мира оказывают значительное влияние на эволюцию организмов не только сами по себе, их влияние может усиливать или ослаблять внутри- и межвидовые взаимоотношения. При недостатке территории, тепла или света внутривидовая борьба обостряется, и наоборот, при избытке необходимых для жизни ресурсов ослабевает.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Перечислите основные формы борьбы за существование.
2. Какие факты позволяют говорить о «давлении жизни»?
3. Почему внутривидовая борьба является самой напряженной формой борьбы за существование?

### **Тема Макроэволюция, ее доказательства**

#### **План:**

1. Понятие макроэволюции.
2. Доказательства макроэволюции.
3. Главные направления эволюции органического мира.

Процесс образования из видов новых родов, из родов — новых семейств и так далее называют **макроэволюцией**.

Макроэволюция — надвидовая эволюция, в отличие от **микроэволюции**, происходящей внутри вида, внутри его популяций. Однако принципиальных различий между этими процессами нет, так как в основе макроэволюционных процессов лежат микроэволюционные. В макроэволюции действуют те же факторы — борьба за существование, естественный отбор и связанное с ним вымирание. Макроэволюция, так же как микроэволюция, носит дивергентный ха-

рактер. Макроэволюция происходит в исторически грандиозные промежутки времени, поэтому она недоступна непосредственному изучению. Несмотря на это, наука располагает множеством доказательств, свидетельствующих о реальности макроэволюционных процессов.

**Палеонтологические доказательства макроэволюции.** Вам уже известно, что палеонтология изучает ископаемые остатки вымерших организмов и устанавливает их сходство и различия с современными организмами. Палеонтологические данные позволяют узнать о растительном и животном мире прошлого, реконструировать внешний облик вымерших организмов, обнаружить связь между древнейшими и современными представителями флоры и фауны.

Убедительные доказательства изменений органического мира во времени дает сопоставление ископаемых остатков из земных пластов разных геологических эпох. Оно позволяет установить последовательность возникновения и развития разных групп организмов. Так, например, в самых древних пластах находят остатки представителей типов беспозвоночных животных, а в более поздних пластах — уже к остаткам хордовых. В еще более молодых геологических пластах содержатся остатки животных и растений, относящихся к видам, похожим на современные.

Данные палеонтологии дают большой материал о преемственных связях между различными систематическими группами. В одних случаях удалось установить *переходные формы* между древнейшими: современными группами организмов, в других — реконструировать *филогенетические ряды*, т. е. ряды видов, последовательно сменяющих один другой.

Ископаемые переходные формы. На берегах Северной Двины была найдена группа зверозубых рептилий. Они совмещали признаки млекопитающих и пресмыкающихся. Зверозубые рептилии имеют сходство с млекопитающими в строении черепа, позвоночника и конечностей, а также в делении зубов на клыки, резцы и коренные.

Большой интерес с эволюционной точки зрения представляет находка археоптерикса. Это животное величиной с голубя имело признаки птицы, но сохраняло еще черты пресмыкающихся. Признаки птиц: задние конечности с цевкой, наличие перьев, общий вид. Признаки пресмыкающихся: длинный ряд хвостовых позвонков, брюшные ребра и наличие зубов. Археоптерикс не мог быть хорошим летуном, так как у него слабо развита грудная кость (без киля), грудные мышцы и мышцы крыльев. Позвоночник и ребра не являлись жесткой костной системой, устойчивой при полете, как у современных птиц. Археоптерикса можно считать переходной формой между пресмыкающимися и птицами. Переходные формы сочетают в себе одновременно признаки как древних, так и более эволюционно молодых групп. Еще одним примером служат ихтиостеги — переходная форма между пресноводными кистеперыми рыбами и земноводными

Филогенетические ряды. По целому ряду групп животных и растений палеонтологам удалось воссоздать непрерывные ряды форм от древнейших до современных, отражающие их эволюционные изменения. Отечественный зоолог **В. О. Ковалевский** (1842—1883) воссоздал филогенетический ряд лошадей. Эти изменения явились следствием изменений образа жизни лошади, перешедшей на питание исключительно растительностью, в поисках которой было необходимо перемещаться на большие расстояния. Считается, что на все эти эволюционные преобразования ушло 60—70 млн лет.

**Эмбриологические доказательства макроэволюции.** Убедительные доказательства степени родства между организмами представляет эмбриология, изучающая зародышевое развитие организмов. Еще Ч. Дарвин отметил наличие взаимосвязей между индивидуальным развитием организма (*онтогенезом*) и их эволюционным развитием (*филогенезом*). Эти связи были подробно изучены последующими исследователями.

подавляющее большинство организмов развиваются из оплодотворенного яйца. Проследим последовательные стадии развития зародышей рыбы, ящерицы, кролика, человека. Удивительное сходство касается формы тела, наличия хвоста, зачатков конечностей, жаберных карманов по бокам глотки. Во многом сходна на этих ранних стадиях и внутренняя организация зародышей. У всех сначала имеется хорда, затем позвоночник из хрящевых позвонков, кровеносная система с одним кругом кровообращения (как у рыб), одинаковое строение почек и др.

По мере развития сходство между зародышами ослабевает, все более четко проявляются черты тех классов, к которым они принадлежат. У ящерицы, кролика и человека зарастают жаберные карманы; у зародыша человека особенно сильно развивается головной отдел, включающий мозг, формируются пятипалые конечности, а у зародышей рыбы — плавники. По мере эмбрионального развития последовательно происходит расхождение признаков зародышей, приобретающих черты, характеризующие класс, отряд, род и, наконец, вид, к которому они принадлежат.

Изложенные факты говорят о происхождении всех хордовых от одного «ствола», который в ходе эволюции распался на множество «ветвей».

Другие доказательства. Из курсов биологии 7—8 классов вы знаете об общем плане строения позвоночных. Для подавляющего числа организмов характерно клеточное строение. Принципы деления клеток одинаковы у всех эукариот. Осуществление генетического кодирования, биосинтеза белков и нуклеиновых кислот также происходит по единому для всего живого на Земле механизму. Все эти факты неоспоримо свидетельствуют о едином плане строения и общности происхождения всех организмов.

4. Типы эволюционных изменений. К основным типам эволюционных изменений относятся: *параллелизм*, *конвергенция* и *дивергенция*.

**Параллелизм** — эволюционное изменение, результатом которого является образование сходных признаков у родственных организмов. Например, среди млекопитающих китообразные и ластоногие независимо друг от друга перешли к обитанию в водной среде и приобрели соответствующие приспособления — ласты. Известное общее сходство имеют неродственные млекопитающие тропического пояса, обитающие на разных континентах, в близких климатических условиях.

**Конвергенция** — тип эволюционного изменения, в результате которого сходные признаки приобретают неродственные организмы. Два или более вида, не связанные близким родством, становятся все более и более похожими друг на друга. Такой тип эволюционных изменений является результатом приспособлений к сходным условиям внешней среды.

Конвергентные изменения затрагивают лишь органы, непосредственно связанные с одними и теми же факторами среды. Очень похожи внешне хамелеоны и лазающие агамы, обитающие на ветвях деревьев, хотя относятся они к разным подотрядам. У сумчатых и плацентарных млекопитающих вследствие сходного образа жизни независимо друг от друга возникли сходные черты строения. Похожи европейский крот и сумчатый крот, сумчатый летун и белка-летяга. Конвергентное сходство наблюдается даже у групп животных, очень далеко отстоящих друг от друга



в систематическом положении. У птиц и у бабочек имеются крылья, но происхождение этих органов различно. В первом случае — это измененные конечности, во втором — складки кожи.

**Дивергенция** — наиболее общий тип эволюционного процесса, основа образования новых систематических групп. Дивергенция (от лат. *divergantia* — расхождение) — расходящаяся эволюция. Процесс дивергенции представляют обычно в виде эволюционного древа сходящимися ветвями. Это образ дивергентной эволюции, или радиации: общий предок дал начало двум или большему количеству форм, которые, в свою очередь, стали родоначальниками многих видов и родов. Дивергенция почти всегда отражает расширение адаптации к новым жизненным условиям. Класс млекопитающих распался на многочисленные отряды, представители которых отличаются по строению, образу жизни, характеру физиологических и поведенческих адаптаций (насекомоядные, рукокрылые, хищные, китообразные и др.).

**Главные направления эволюции.** Развитие живой природы шло от простого к сложному и имело прогрессивный характер. Наряду с этим происходило приспособление видов к конкретным условиям жизни, осуществлялась их специализация.

Для понимания исторического развития органического мира важно определить главные линии эволюции. В разработку проблемы эволюции значительный вклад внесли крупные российские ученые **А. Н. Северцов** и **И. И. Шмальгаузен**. Они установили, что главные направления эволюции составляют **ароморфозы, идиоадаптации и дегенерации**

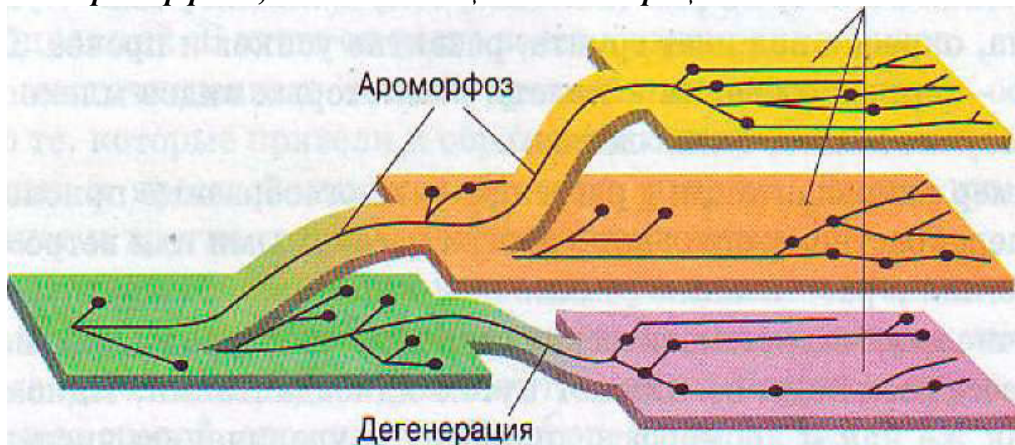


Схема соотношений между ароморфозом, идиоадаптацией и дегенерацией.

**Ароморфоз** (от греч. *aiomorphosis* — поднимаю форму) представляет собой такие крупные, масштабные, эволюционные изменения, которые ведут к общему подъему организации, повышают интенсивность жизнедеятельности, но не являются узкими приспособлениями к резко ограниченным условиям существования.

Ароморфозы дают значительные преимущества в борьбе за существование, делают возможным переход в новую среду обитания.

К ароморфозам у животных можно отнести появление живорождения, способности к поддержанию постоянной температуры тела, возникновение замкнутой системы кровообращения, а у растений — появление цветка, сосудистой системы, способности к поддержанию и регулированию газообмена в листьях.

Путем ароморфоза возникают в процессе эволюции крупные систематические группы, рангом выше семейства.

Ароморфозы способствуют повышению выживаемости и снижению смертности в популяциях. Численность организмов увеличивается, расширяется их ареал, образуются новые популяции, ускоряется формирование новых видов. Все это составляет сущность **биологического прогресса**, или победы вида (иной систематической единицы) в борьбе за существование.

**Идиоадаптация** (от греч. *idios* — своеобразный и лат. *adaptatio* — приспособление) 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.

Примеры идиоадаптаций — защитная окраска животных или приспособления некоторых рыб (камбала, сом) к жизни у дна — уплощение тела, окраска под цвет грунта, развитие усиков и прочее. Другой пример — приспособления к полету у некоторых видов млекопитающих (летучие мыши, белки-летяги).

Пример идиоадаптации у растений — многообразные приспособления к перекрестному опылению цветка насекомыми или ветром, приспособления к рассеиванию семян.

Обычно мелкие систематические группы — виды, роды, семейства — в процессе эволюции возникают путем идиоадаптации. Идиоадаптация, так же как и ароморфоз, приводит к увеличению численности вида, расширению ареала, ускорению видообразования, т. е. к биологическому прогрессу.

**Общая дегенерация** (от лат. *degenero* — вырождение) представляет собой эволюционные изменения, которые ведут к упрощению организации, к утрате ряда систем и органов. Дегенерация часто связана с переходом к сидячему или паразитическому образу жизни. Упрощение организации обычно сопровождается возникновением различных приспособлений к специфическим условиям жизни.

У свиного цепня, лентеца широкого и других червей — паразитов человека — нет кишечника, слабо развита нервная система, почти отсутствует способность к самостоятельному передвижению. Но одновременно у паразитических червей появляются присоски, крючки, при помощи которых они держатся на стенках кишечника своего хозяина. Они имеют также сильно развитые органы размножения и отличаются огромной плодовитостью. Повилика, паразитирующая на клевере, хмеле и других растениях, лишена главного органа — листа, а вместо корней у нее образуются на стебле присоски, которыми она всасывает питательные вещества из растения-хозяина.

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

Многие современные виды охвачены биологическим прогрессом. Например, еще сто лет назад граница распространения зайца-русака на севере доходила до линии С.-Петербург — Казань, а к востоку — до реки Урал. В настоящее время он распространился на севере — до Центральной Карелии и на востоке — до Омска. Сейчас известно около 20 его подвидов.

В природе, наблюдается и **биологический регресс**. Он характеризуется чертами, противоположными биологическому прогрессу: уменьшением численности; сужением ареала; уменьшением числа видов, популяций. В итоге он часто ведет к вымиранию видов.

Из многочисленных ветвей древнейших земноводных остались только те, которые привели к образованию современных классов земноводных и пресмыкающихся. Исчезли древние папоротникообразные, многие другие группы растений и животных.

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 биологического прогресса одних видов, нередко вредных для него, и биологического регресса других, нужных и полезных ему. Вспомните появление многих видов 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 немногочисленными искусственными. Усиленное истребление человеком многих видов ведет к их биологическому регрессу, который грозит им вымиранием.

Соотношение путей эволюции. Пути эволюции крупных систематических групп (например, типов и классов) очень сложны. Нередко в развитии этих групп происходит последовательная смена одного пути эволюции другим. Из всех рассмотренных путей достижения биологического прогресса

наиболее редки ароморфозы, поднимающие ту или иную систематическую группу на качественно новый, более высокий уровень развития. Ароморфозы можно рассматривать как переломные пункты развития жизни. Для групп, подвергнувшихся соответствующим морфофизиологическим преобразованиям, открываются новые возможности в освоении внешней среды.

За каждым ароморфозом следует множество идиоадаптаций, которые обеспечивают более полное использование всех имеющихся ресурсов и освоение новых местообитаний.

Птицы и млекопитающие заняли господствующее положение среди наземных животных. Приобретение постоянной температуры тела (ароморфоз) позволило им выжить в условиях оледенения и проникнуть далеко в холодные страны, далее эволюция продолжалась путем идиоадаптаций, которые привели к возникновению новых видов, освоивших различные местообитания.

Есть систематические группы, которые развиваются по пути общей дегенерации. Этот путь развития может осуществляться при попадании организмов в постоянную, сравнительно однородную среду, например при паразитическом образе жизни.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое макроэволюция? Что общего между макро- и микроэволюцией?
2. Какие доказательства макроэволюции дают нам палеонтологические данные? Приведите примеры переходных форм.
3. В чем состоит значение реконструкции филогенетических рядов?
4. Назовите основные характеристики биологического прогресса и биологического регресса.
5. Перечислите главные типы эволюционных изменений, дайте их характеристику.
6. Каковы основные направления эволюции?

## **Тема Развитие органического мира**

### **План:**

1. Архейская эра.
2. Протерозойский
3. Палеозойская эра
4. Кембрийский период
5. Ордовикский период
6. Силурийский период
7. Девонский период
8. Каменноугольный период
9. Пермский период
10. Мезозойская эра
11. Триасовый период
12. Юрский период
13. Меловой период
14. Кайнозойская эра
15. Палеогеновый период
16. Четвертичный (антропогеновый) период

Вся толща земной коры на основании изменений в ходе эволюции органического мира в сочетании с тектоническими факторами разделена на крупные комплексы эонов, периодов, эпох и т.д. Каждое из этих подразделений имеет свой набор ископаемых организмов, позволяющих отличать

один временной отрезок от другого. Но не всегда этапы развития органического мира совпадают с границами геохронологических подразделений. Так, появление высших растений и освоение ими суши - важный этап в развитии органического мира, но в геохронологической шкале он соответствует границе веков внутри силурийского периода. А этап развития аммонитов (Д-К) охватывает поздний палеозой и мезозой и не совпадает с объёмами эр. И таких примеров можно привести много. Поэтому описание органического мира эонов правильнее называть характеристикой, а не этапами.

### **Археозойская эра**

Продолжительность археозоя свыше 2 млрд. лет. В археозое возникла жизнь и появились первые организмы, представленные бактериями и продуктами их жизнедеятельности, и цианобионтами, продуктами жизнедеятельности которых являются известковые образования в виде строматолитов и онколитов. Продуктами жизнедеятельности бактерий являются различные неорганические и органические соединения (железородные формации, фосфориты, графит и т.д.)

В археозое произошло становление литосферы, гидросферы, биосферы и атмосферы. Количество кислорода в атмосфере в конце археозоя принципиально не отличалось от его содержания в настоящее время.

### **Протерозойская эра**

Продолжительность протерозоя 1800 млн. лет. Органический мир был уже достаточно разнообразен.

В раннем и среднем протерозое развивались простейшие одноклеточные прокариотные (т.е. не имеющие ядра) синезелёные водоросли. Из отложений этого возраста (формация Ганфлит, Канада) известны строматолиты, - онколиты и катаграфии (узорчатые известковые тела). На границе среднего и позднего рифея появились первые эукариотные (со сформировавшимся ядром) водоросли, вероятно относящиеся к типу зелёных, их остатки установлены в формации Биттер- Спринг (Австралия). В конце позднего рифея уже существовали водоросли с многоклеточным слоевищем (так называемая вендотениевая флора в Прибалтике). Из рифейских отложений известны массовые находки разнообразных строматолитов (столбчатых, пластовых, желваковых). Они формировались в сублиторали в пределах зоны фотосинтеза и являлись единственными пороодообразующими из всех организмов рифея.

Наиболее богаты окаменелостями отложения венда. В них обнаружены многочисленные остатки одноклеточных организмов и бесспорные отпечатки и слепки многоклеточных: Cnidaria, червей, членистоногих, иглокожих и др. Все они были мягкотелыми бесскелетными организмами. Находки многоклеточных известны в вендских отложениях СНГ, Англии, США, Ю. Африки и Австралии. Наибольший интерес представляют многоклеточные из отложений венда Ю. Австралии. Здесь найдено свыше 1500 экземпляров разнообразных морских бесскелетных животных хорошей сохранности. Среди них установлены кишечнополостные - медузы; кольчатые черви, членистоногие и др. В России на побережье Белого моря в вендских отложениях обнаружено местонахождение с многочисленными отпечатками мягкотелых животных и следов их жизнедеятельности (норки, следы ползания и т.д.). По разнообразию и сохранности организмов это местонахождение, по-видимому, не уступает австралийскому.

Несомненно, венд представляет собой важный этап в эволюции беспозвоночных многоклеточных животных.

### **Палеозойская эра**

Продолжительность палеозоя около 340 млн. лет. По палеонтологическим данным эту эру подразделяют на 2 части: ранний (кембрийский, ордовикский и силурийский периоды) и поздний (девонский, каменноугольный и пермский периоды) палеозой.

#### **Ранний палеозой**

Органический мир раннего палеозоя представлен всеми типами животных и низших растений, развитие которых происходило в морских условиях. Господствовали древние группы беспозвоночных и различные водоросли, позвоночные были немногочисленны и примитивны. На суше, по-видимому, обитали одноклеточные водоросли и бактерии, а к концу этого этапа сушу начали заселять и примитивные высшие растения.

### **Кембрийский период**

Продолжительность кембрия около 8)5\* млн. лет. В кембрийских морях обитали почти все типы беспозвоночных животных. Главной особенностью многих из них была способность строить прочный, сначала хитиново-фосфатный, а позднее известковый скелет. Широко распространены трилобиты, археоциаты, брахиоподы, и, вероятно, многие бесскелетные кишечнополостных, червей и других групп животных.

Наибольшее развитие получили трилобиты. Они составляют до 60% всех известных палеонтологических остатков кембрия.

Археоциаты обитали в мелководных тёплых морях раннего кембрия. Среди них были разнообразные одиночные и колониальные формы, часто принимавшие участие в рифообразовании.

В кембрии известны представители брахиопод, особенно беззамковые, но в конце периода появились первые замковые - ортиды (р. *orthis*). Кроме того, встречены остатки простейших (фораминифер, радиолярий), губок, кишечнополостных, червей, членистоногих, моллюсков, иглокожих, граптолитов. В морях кембрия произрастало гораздо большее число водорослей, чем в протерозое. Среди них выделялись одноклеточные и многоклеточные (багряные, синезелёные, зелёные).

### **Ордовикский период**

Продолжительность ордовика около 63 млн. лет. В ордовикских морях были широко распространены беспозвоночные и водоросли, появились первые позвоночные. Суша была заселена только бактериями и водорослями, нередко формировавшими колонии. Среди беспозвоночных господствовали древние группы: трилобиты, граптолиты. Кишечнополостных появляются табуляты, ругозы, многие моллюски, в том числе двусторонки, мшанки, замковые брахиоподы, разнообразные иглокожие.

Трилобиты сохранили своё ведущее положение, хотя их было меньше, чем в кембрии. Преобладали формы с прочным известковым скелетом.

Граптолиты играли важную роль. Они быстро эволюционировали и имели широкие ареалы распространения.

Брахиоподы продолжали своё развитие, среди замковых преобладали ортиды (р. *Orthis*), пентамериды (р. *Pentamerus*) и строфомениды (р. *strophomena*). Кишечнополостных становятся многочисленными.

Моллюски были представлены всеми классами, но широко были распространены только головоногие (р.р. *Endoceras*, *Orthoceras*, достигавшие 2-3 м в длину). Иглокожие становятся разнообразными, среди них преобладали морские пузыри (кл. *cystoidea*), а со среднего ордовика появились морские лилии (КЛ. *Crinoidea*).

Начало ордовика ознаменовалось появлением первых позвоночных - бесчелюстных рыб. Значительного развития достигли водоросли - сине-зелёные, зелёные, багряные.

### **Силурийский период**

Продолжительность силура около 30 млн. лет. Органический мир стал богаче, хотя в морях продолжали своё развитие те же древние группы животных, что и в ордовике. В конце силура появились первые рыбы, а на суше - первые высшие растения. Граптолиты в начале силура достигли апогея в своём развитии. К концу периода большое количество их вымирает.

Кишечнополостных - рифостроители были широко представлены строматопоратами, табулятами, ругозами. Брахиоподы продолжали своё развитие. Иглокожие представлены в основном прикрепленными формами, но наряду с цистоидеями заметно увеличилась роль морских лилий - криноидей.

Среди моллюсков значительную роль играли наутилоидеи с прямой раковиной (р.р. *Orthoceras*, *Endoceras*). Трилобиты резко сократились в количестве. В конце силура появились первые настоящие рыбы - акантоды, соединяющие в себе признаки хрящевых и костных рыб.

Конец силура ознаменовался появлением первых высших растений. Это были примитивные риниофиты.

### **Поздний палеозой**

Органический мир позднего палеозоя сильно отличался от раннепалеозойского богатством и разнообразием как животных, так и растений. Многие древние беспозвоночные вымерли или

потеряли своё значение. К ним относятся трилобиты, граптолиты, из иглокожих - цистоидеи, наутилоидеи. Их место заняли получившие расцвет кораллы ругозы, мшанки, из брахиопод - спирифериды, продуктиды, ринхонеллиды; из простейших - фузулиниды; из головоногих - гониатиты. Важными особенностями позднего палеозоя являются пышный расцвет наземной растительности, появление и развитие сухопутных позвоночных.

### **Девонский период**

Продолжительность девона около 50 млн. лет. Органический мир в течение этого периода быстро эволюционировал и достиг большого разнообразия как в морях, так и на суше.

Морские беспозвоночные были менее разнообразны, чем в силурийском периоде, за счёт исчезновения и угасания многих раннепалеозойских групп. Господствовали замковые брахиоподы и головоногие моллюски - агониатиды. Брахиоподы достигли максимума своего развития - известно более 320 родов замковых брахиопод.

Гониатиты появились в начале девона и быстро получили широкое распространение.

Среди кораллов уменьшилась роль табулят, больше стало ругоз, которые вместе со строматопоратами и мшанками участвовали в рифообразовании. Продолжали развиваться иглокожие, губки, фораминиферы, гастроподы, но все они имели второстепенное значение.

Появились первые наземные беспозвоночные - скорпионы и насекомые.

Водные позвоночные быстро эволюционировали и заселили большие территории. В раннем девоне достигли расцвета бесчелюстные и вымерли в конце периода. Особенно разнообразны были рыбы, -они господствовали, поэтому девон часто называют "веком рыб". Появились, испытали расцвет и вымерли пластинокожие рыбы; появились хрящевые. В континентальных бассейнах широко распространились кистепёрые и двоякодышащие рыбы. В конце девона позвоночные появились на суше. Первыми наземными четвероногими суши были стегоцефалы, которые произошли от кистепёрых рыб. У девонских стегоцефалов из Гренландии ещё сохранились в строении тела отличительные свойства, сближающие их с кистепёрыми рыбами, но пятипалые конечности уже свидетельствуют о наземном образе жизни.

Поразительно быстро эволюционировали и расселялись растения. В девонском периоде появились основные типы растений: плауновидные, хрящевые, папоротники овидные, а в конце девона - первые голосеменные. Риниофиты, достигли своего расцвета к середине девона и вымерли в конце Д2.

### **Каменноугольный период**

Продолжительность около 74 млн. лет. Органический мир этого периода типичен для позднего палеозоя. На всех континентах пышно развивалась древесная растительность, достигли расцвета стегоцефалы и появились первые пресмыкающиеся. Среди морских беспозвоночных полностью потеряли своё бывшее значение древние группы (вымерли граптолиты, доживали последние трилобиты и ракоскорпионы, резко уменьшилось число наутилоидеи). Господствовали фораминиферы (фузулиниды), замковые брахиоподы, гониатиты, ругозы; мшанки, морские лилии и древние морские ежи. Фузулиниды достигли значительного развития, они принимали участие в накоплении известкового ила, превратившегося затем в фузулинозные известняки.

Среди бентоса преобладали брахиоподы, хотя число их по сравнению с девонem несколько сократилось. Изменился и их состав: преобладали разнообразные продуктиды (р. Productus, Linoproductus), широко распространены спирифиды (р. Spirifer, Cyrtospirifer).

Гониатиты продолжали своё развитие, усложнялась их лопастная линия.

В раннем карбоне гониатитов было ещё немного, но в среднем и позднем карбоне заметно увеличилось их число и состав стал разнообразнее.

Среди кораллов достигли расцвета ругозы, как одиночные так и колониальные. Последние участвовали в построении рифов вместе с хететидами и мшанками.

Среди иглокожих были очень разнообразны и многочисленны морские лилии, возросла роль древних морских ежей.

Наземные беспозвоночные были представлены различными членистоногими, которые продолжали своё развитие. Особенно многочисленны были паукообразные и скорпионообразные.

Появились первые крылатые насекомые, среди которых некоторые древние стрекозы достигали поистине гигантских размеров — до 1 м. в размахе крыльев.

Среди морских позвоночных продолжали своё развитие рыбы, хотя их количество и состав несколько уменьшилось. На суше достигли своего развития стеноцефалы. В конце С появились первые древние группы рептилий — котилозавры и зверообразные.

Растительность на суше бурно развивалась. Каменноугольный период был временем максимального развития плауновидных, хвощевидных настоящих папоротников, появились и первые семенные — кордаитовые. На многих континентах произрастали настоящие Леса. Карбон является первым периодом глобального накопления огромных масс погибших растений, давших начало угольным толщам, отчего и возникло русское название периода — каменноугольный. В конце карбона наметилась чёткая дифференциация растительного мира г выразившаяся в появлении следующих фитогеографических областей: Еврамерийская (тропическая), Ангарская и Катазиатская (умеренные северные) и Гондванская-южная умеренная.

### **Пермский период**

Продолжительность перми около 40 млн. лет. Органический мир перми был во многом сходен с органическим миром карбона. И только в поздней перми произошли изменения в составе и распределении животных и растений, что было следствием серьёзных перемен на поверхности Земли — (сокращение морских бассейнов, аридизация климата, интенсивные процессы горообразования). Конец пермского периода ознаменовался вымиранием многих палеозойских беспозвоночных: фузулинид, основных отрядов табулят, ругоз, гониатитов (на смену последним приходят аммониты с цератитозой лопастной линией), наутилоидей, трилобитов, палеозойских брахиопод, многих морских лилий. Изменения произошли и среди рыб: среди костных рыб вымирают древние лучепёрые и палеозойские группы кистепёрых и двоякодышащих рыб, сокращается количество хрящевых рыб.

Вследствие аридизации климата некоторые стегоцефалы вымерли, часть из них приспособилась к жизни в сухих районах. Зато палеозойские рептилии достигли своего расцвета (котилозавры и зверообразные). Аридизация климата отразилась и на составе наземной растительности. Постепенно вымирают плауновидные и хвощевидные, получают широкое распространение древние хвойные. На границе перми и триаса вымирают кордаитовые, флористический состав всюду обедняется. В конце Р началась перестройка растительного мира.

Процесс вымирания палеозойских животных и растений в Р не был одноактным явлением. Вымирание многих групп происходило медленно в течение длительного времени. Оно было обусловлено естественными законами эволюционного развития органического мира и значительные измерения существования.

### **Мезозойская эра**

Продолжительность мезозойской эры около 196 млн. лет. Органический мир мезозоя сильно отличается от палеозойского. На смену вымершим в конце перми палеозойским группам появились новые — мезозойские.

В морях исключительное развитие получили головоногие моллюски — аммониты и белемниты, резко увеличивалось число двустворок.

На суше были чрезвычайно распространены разнообразные рептилии (особенно динозавры). Среди наземных растений получили расцвет различные голосеменные и папоротники.

### **Триасовый период**

Продолжительность около 35млн. лет. В органическом мире триаса ещё присутствовали некоторые палеозойские группы. Это были спирифириды (р. Spirifer, Cyrtospirifer) из брахиопод; среди позвоночных — стегоцефалы, среди растений — каламитозы. Но в триасе впервые появились Hexacorallia (шестилучевые), аммоноидеи с аммонитовой лопастной линией, новые морские ежи с прочным панцирем. Двустворчатые моллюски стали более разнообразными по составу, они заселили те экологические ниши, которые в палеозое были заняты брахиоподами (р. Pseudomonotis).

Позвоночные продолжали своё развитие. Среди рыб сократилось число хрящевых, в среднем триасе (Т2) появились костистые рыбы. Кистепёрые к двоякодышащие встречаются редко. Стегоцефалы ещё присутствуют, но, в конце периода многие из них вымирают.

Появились бесхвостные земноводные — амфибии. Среди позвоночных пресмыкающиеся становятся господствующей группой. Вымерли палеозойские котилозавры и зверообразные, их сменили мезозойские рептилии — текодонты, динозавры, крокодилы, черепахи. В конце триаса появились первые млекопитающие небольших размеров.

Растительный мир суши испытывал значительные изменения. В начале триаса его состав был сильно обеднён, но во второй половине триаса испытал обновление: появились разнообразные папоротники, хвойные, цикадовые, беннеттитовые, гинкговые, чекановские. К концу триаса флора приобретает мезозойский облик.

### **Юрский период**

Продолжительность около 70 млн. лет.

Органический мир этого периода имеет наиболее типичный мезозойский характер. Реликтовые палеозойские формы практически отсутствуют, широко распространены мезозойские группы. Среди морских беспозвоночных были наиболее распространены аммониты, белемниты, двустворчатые и брюхоногие моллюски, шестилучевые кораллы, фораминиферы, новые морские ежи.

Аммониты со сложной лопастной линией занимали господствующее положение в морях. Белемниты юры резко отличались от триасовых по строению роста и фрагмокона. Разнообразны по составу шестилучевые кораллы (р. *Montlivaultia*), которые с поздней юры принимали участие в рифообразовании. — Рифообразующими в юре являлись известковые губки, строматопораты, мшанки и водоросли (зелёные и красные).

Из позвоночных лидируют пресмыкающиеся: на суше — динозавры, в морях — ихтиоптерии, в воздухе — летающие ящеры — рамфоринхи. Вымерли последние стегоцефалы. Появились хвостатые амфибии. С конца периода известны древние ящерохвостые птицы и млекопитающие.

Наземный растительный мир отличается расцветом голосеменных. Юрский период был этапом интенсивного углеобразования, по масштабу сравнимый с каменноугольным.

### **Меловой период**

Продолжительность около 80 млн. лет.

Органический мир в течение этого периода претерпел значительные изменения. В раннем мелу он был сходен с юрским, в позднем мелу произошли глубочайшие преобразования. Для этого периода характерны расцвет, а затем довольно быстрое вымирание многих групп организмов.

Аммониты продолжали господствовать в морях, но состав их изменился. В конце периода все аммониты вымерли. Белемниты достигли своего расцвета, были многочисленны и разнообразны. Возросло значение двустворчатых и брюхоногих моллюсков, многочисленны и разнообразны морские ежи, шестилучевые кораллы. Максимального развития достигли фораминиферы (из них р. *Globigerina*). Белый песчаный мел состоит в основном из микроскопических водорослей — кокколитофорид и планктонных фораминифер — глобигерин.

Среди позвоночных преобладали рептилии на суше — птицетазовые и ящеротазовые динозавры, в морях — ихтиозавры, мезозавры и черепахи; в воздухе — птеродактили. Появились зубастые птицы. Среди млекопитающих появились первозвери, сумчатые и первые плацентарные. К концу мела вымерли динозавры, крылатые ящеры, водные рептилии, зубастые птицы.

В наземной флоре появляются покрытосеменные, которые к концу периода вместе с хвойными становятся господствующей группой. Вымирают беннеттитовые, чекановские.

Итак, в конце мелового периода произошли сильные изменения — как в животном, так и в растительном мире — вымерло большинство мезозойских групп. Исчезли все аммониты, основные группы белемнитов, подавляющее большинство рептилий, зубастые птицы, многие группы растений.

### **Кайнозойская эра**

И продолжается в настоящее время, уже прошло 65 млн. лет. Органический мир существенно отличается от мезозойской эры. В морских бассейнах начинается быстрое развитие новых родов и видов двустворчатых и брюхоногих моллюсков, а также кистепёрых рыб; на суше — млекопитающих и птиц. В растительном мире господствуют покрытосеменные. Кайнозойская эра знаменует новый этап в развитии органического мира.

### **Палеогеновый период**



Продолжительность палеогена около 40 млн. лет.

Органический мир разнообразен. Среди морских беспозвоночных получили исключительное развитие простейшие - крупные фораминиферы — нуммулиты, участвовавшие в формировании нуммулитовых известняков. По-прежнему широко распространены двустворчатые и брюхоногие моллюски, многочисленны морские ежи, шестилучевые кораллы и губки.

Из позвоночных существуют костистые рыбы, амфибии, рептилии (крокодилы и черепахи). Млекопитающие занимают господствующее положение.

Они представлены примитивными животными — сумчатыми, насекомоядными, древними копытными. Характерна наиболее древняя индрикотеривая сауна млекопитающих.

В наземном флоре попрежнему господствуют покрытосеменные. Сохраняют своё значение хвойные. В палеогене происходило углеобразование, особенно вдоль побережья Тихого океана.

### **Неогеновый период**

Продолжительность около 23 млн. лет. В течение периода органический мир постепенно приобретает черты, близкие к современным, как по составу фауны и флоры, так и по её географическому распределению по провинциям. Особенно отчётливо это проявилось на суше.

Среди морских беспозвоночных продолжали господствовать двустворчатые и брюхоногие моллюски. Значительные изменения произошли среди фораминифер. Нуммулиты вымерли, на смену им пришли другие отряды, в частности милиолиды р. *Triloculina*, *Purgo*. Продолжали своё развитие рифостроящие кораллы, губки, иглокожие.

Из позвоночных в морях господствовали костные рыбы. Амфибии и рептилии по своему составу близки к современным. Появляются новые птицы. Быстро эволюционировали млекопитающие, среди них господствовали плацентарные: мастодонты, гиппарионы, носороги, олени, верблюды, саблезубые кошки.

Наземная флора мало чем отличается от палеогеновой. Покрытосеменные продолжают господствовать. Сократились ареалы тропической растительности, возник пояс степей. Похолодание климата привело к появлению зоны хвойных лесов, а к началу четвертичного — зоны холодных степей и тундры.

### **Четвертичный (антропогенный) период**

Продолжительность периода неясна: он длится уже около 1.6 - 2 млн. лет. Растительный и животный мир мало чем отличается от современного. Изменения, которые произошли в его составе, были вызваны, главным образом, изменениями климата — похолоданиями, потеплениями, связанными с наступлением и отступлением ледников. Это привело к широкой миграции фауны и флоры в Северном полушарии, а во время максимального оледенения к вымиранию теплолюбивых форм.

В морях формировалась современная фауна и флора. На суше в позднее четвертичное время теплолюбивые животные в Северном полушарии вымерли, широкое развитие получили холоднолюбивые: мамонты, шерсти носороги, овцебыки, северные олени и т. п.

Наиболее важной особенностью четвертичного периода, отличающей его от всех других геологических периодов, является появление и развитие человека.

Современная флора сформировалась в течение четвертичного периода.

С четвертичным временем связана ещё одна эпоха углеобразования.

### **Контрольные вопросы:**

1. Охарактеризуйте развитие жизни в архейскую эру.
2. Охарактеризуйте развитие жизни в протерозойскую эру
3. Охарактеризуйте развитие жизни в палеозойскую эру

## Тема Положение человека в системе животного мира

### План:

1. Доказательства происхождения человека от животных.
2. Отличия человека от животных.
3. Основные стадии антропогенеза.

Охарактеризуйте развитие жизни в **Развитие взглядов на происхождение человека**. История взглядов на происхождение человека гораздо древнее самой науки о происхождении человека — **антропологии**, которая возникла на рубеже XVIII— XIX вв. Ученые античного мира обсуждали вопросы появления человека и его места в природе. Например, Аристотель признавал предками человека животных. Он создал первую классификацию животных, основанную на их внешнем виде, строении тела и некоторых особенностях поведения, и разделил животных на «кровяных» и «бескровных», отнеся человека к группе «кровяных». Между животными и человеком Аристотель поместил обезьян. Гален также признавал близость человека к животным, делая этот вывод на основе изучения анатомического строения.

К. Линней пошел намного дальше по сравнению со своими предшественниками. В 1735 г. в своей книге «Система природы» он выделил род людей с одним видом — Человек разумный (*Homo sapiens* L.) и поместил его в отряд приматов вместе с низшими и высшими обезьянами. В 1760г. К.Линней даже опубликовал работу «Родственники человека», в которой подчеркивал внешнее и внутреннее сходство человека и обезьян.

Жан Батист Ламарк в своем труде «Философия зоологии» (1809 г.) указывал на родство человека с обезьянами и предполагал, что человек произошел от древних человекообразных обезьян в результате перехода к прямохождению, причем стадный образ жизни первобытных людей способствовал развитию речи.

Значительный вклад в решение проблемы антропогенеза внес Ч.Дарвин. В своих трудах «Происхождение человека и половой отбор» (1871 г.) и «Выражение эмоций у человека и животных» (1872 г.) он на большом фактологическом материале показал поразительное сходство человека с животными и особенно с человекообразными обезьянами. На основании этого он пришел к выводу о наличии у обезьян и человека общего предка, обратив внимание на влияние социальных факторов в эволюции человека.

**Доказательства происхождения человека от животных.** В основе современных научных представлений о происхождении человека лежит концепция, в соответствии с которой человек вышел из мира животных.

Данные сравнительной эмбриологии и анатомии ясно показывают черты сходства в строении и развитии тела человека с животными.

Для человека характерны основные черты, присущие *типу Хордовые* и *подтипу Позвоночные*. У человека (как и у всех хордовых) на ранних этапах эмбрионального развития внутренний скелет представлен хордой, нервная трубка закладывается на спинной стороне, тело имеет двустороннюю симметрию. По мере развития эмбриона хорда заменяется на позвоночный столб, формируются череп, пять отделов головного мозга. Сердце располагается на брюшной стороне, появляется скелет парных свободных конечностей.

Для человека характерны основные черты *класса Млекопитающие*. Позвоночник человека разделен на пять отделов, кожа покрыта волосами и содержит потовые и сальные железы. Как и для других млекопитающих, для человека характерно живорождение, наличие диафрагмы, молочных желез и вскармливание детенышей молоком, четырехкамерное сердце, теплокровность.

Для человека характерны основные черты *подкласса Плацентарные*. Мать вынашивает плод внутри своего тела, и питание плода происходит через плаценту.

Для человека характерны основные черты *отряда Приматы*. К ним можно отнести конечности хватательного типа, наличие ногтей, расположение глаз в одной плоскости (что обеспечивает объемное зрение), замена молочных зубов на постоянные и др. Много общих признаков

у человека и с человекообразными обезьянами: сходная структура мозгового и лицевого отделов черепа, хорошо развитые лобные доли головного мозга, большое число извилин коры больших полушарий, исчезновение хвостового отдела позвоночника, развитие мимической мускулатуры и др. Кроме морфологических признаков о сходстве человека и человекообразных обезьян, свидетельствует и ряд других данных: сходные резус-факторы, антигены групп крови (АБО); наличие менструального периода и беременности длительностью 9 месяцев, как у шимпанзе и гориллы; сходная чувствительность к возбудителям одних и тех же болезней и т. д.

В последнее время широко применяются методы определения эволюционного родства организмов путем сравнения их хромосом и белков. Родство между видами тем больше, чем больше сходство между белками. Исследования показали, что белки человека и шимпанзе сходны на 99%.

О родстве человека с животными свидетельствует также наличие у человека атавизмов (наружный хвост, многососковость, обильный волосяной покров на лице и др.) и рудиментов (аппендикс, ушные мышцы, третье веко и др.)

**Систематическое положение современного человека.** Царство Животные, подцарство Многоклеточные, тип Хордовые, подтип Позвоночные (Черепные), класс Млекопитающие, подкласс Плацентарные, отряд Приматы, подотряд Человекообразные, семейство Люди (Гоминиды), род Человек (Номо), вид Человек разумный (Homo sapiens), подвид Homo sapiens sapiens.

Поскольку в настоящее время к виду Человек разумный также относят вымерший подвид Человек разумный неандертальский, то полное название современного человека — Человек разумный разумный (Homo sapiens sapiens).

Отличия человека от животных. Однако между человеком и животными существуют коренные отличия. Только для человека характерно истинное прямохождение. В связи с этим в строении скелета человека произошли характерные изменения: позвоночник приобрел S-образную форму, появилась сводчатость стопы, большой палец нижних конечностей приблизился к остальным и принял на себя функцию опоры, тазовые кости стали более широкими, произошло уплощение грудной клетки в переднезаднем направлении.

Освободившиеся верхние конечности с гибкими кистями и противопоставленным большим пальцем превратились в органы труда.

В черепе человека мозговой отдел преобладает над лицевым. Средняя масса мозга человека составляет 1350—1500 г, тогда как гориллы и шимпанзе — всего лишь 460—600 г.

Человек обладает сознанием и абстрактным мышлением, способен общаться с помощью речи (вторая сигнальная система) и абстрактных символов (письмо), а также передавать и воспринимать знания, накопленные предыдущими поколениями. Он создал искусство и науку. Эволюция человека вышла из-под ведущего контроля биологических факторов и приобрела социальный характер.

### ***Антропология.***

Современные взгляды на развитие человека. Широко распространено мнение, что человек произошел от человекообразных обезьян. Это не совсем верно.

Развитие человека и человекообразных обезьян — это не последовательные ступени, а параллельные ветви эволюции, расхождение между которыми с эволюционной точки зрения очень глубокое.

Находки палеонтологов свидетельствуют, что приматы появились около 70 млн лет назад.

Примерно 30—40 млн лет назад от общей исходной формы разошлись две ветви эволюции: первая, приведшая к современным высшим обезьянам, и вторая, развитие которой в конечном счете привело к появлению человека современного анатомического типа. В дальнейшем представители этих ветвей в течение многих миллионов лет развивались независимо друг от друга. В ходе эволюции у представителей каждой из двух ветвей выработались специфические особенности биологической организации, связанные с приспособлением к соответствующему образу жизни.

Древнейшими общими предками человека и человекообразных обезьян (антропоидов) принято считать *паранитеков* — малоспециализированных высших обезьян, которые вели как древесный, так и наземный образ жизни. От них произошла вымершая впоследствии сборная группа обезьян — *дриопитеки*.

Ученые считают, что именно от какой-то группы дриопитеков, например рамапитеков, начинается эволюционная линия гоминид.

Настоящее время

Отечественные антропологи, внесшие большой вклад в разработку теории эволюции человека, выделяют четыре *стадии антропогенеза*.

I. Предшественники человека — *австралопитековые*.

II. Древнейшие люди — прогрессивные австралопитеки, *архантропы* (питекантропы, синантропы, атлантропы, гейдельбергский человек и др.).

III. Древние люди — *палеоантропы* (неандертальцы).

IV. Ископаемые люди современного анатомического типа — *неоантропы* (кроманьонцы).

Предшественники человека. Наиболее ранними представителями семейства гоминид считаются австралопитековые (лат. australis — южный и греч. pithecos — обезьяна). Наиболее древние находки австралопитековых (их иногда называют «*предавстралопитеки*»), найденные в Восточной Африке, датируются 4,5—6,5 млн лет. Изучение остатков скелета этих существ показало, что их зубы почти сходны с человеческими, объем головного мозга достигал более 500 см<sup>3</sup>, а масса тела составляла 35—55 кг. Они обладали способностью к прямохождению. От них произошли несколько видов более поздних австралопитеков, отличавшихся размерами, массой тела, особенностями в строении черепа.

Древнейшие люди. Первыми представителями рода Номо, по мнению большинства специалистов, был прогрессивный вариант австралопитека — *Человек умелый* (H. habilis). Это название связано с тем, что эти существа умели изготавливать примитивные режущие и рубящие орудия из гальки.

Рост Человека умелого достигал 150 см, объем мозга был на 100 см<sup>3</sup> больше, чем у других австралопитеков и имел массу до 650 г. Он имел зубы человеческого типа, а первый палец стопы, как и у современного человека, не был отведен в сторону. В морфологическом плане Человек умелый незначительно отличался от австралопитеков, но способность изготовления орудий труда (хотя еще очень примитивных) позволила ему преодолеть грань, отделявшую ископаемых человекообразных обезьян от древнейших людей.

Считается, что первая популяция человеческих существ имеет древность 2—2,5 млн лет. Но, по мнению многих ученых, первые люди могли появиться значительно раньше.

Предполагают, что, расселяясь и попадая в новые условия существования, популяции Человека умелого образовывали отдельные изолированные формы архантропов, занимающих по многим существенным признакам промежуточное положение между австралопитеком и современным человеком.

К настоящему времени известно несколько ископаемых форм архантропов: *питекантроп* (обезьяночеловек), его останки были обнаружены на острове Ява; *синантроп*, его останки были обнаружены в пещере близ г. Пекина. Останки ископаемых людей, сходных с питекантропами и синантропами, были обнаружены на территории ФРГ (гейдельбергский человек), Алжира (атлантроп) и многих других стран. Судя по археологическим находкам, популяции архантропов обитали в различных районах земного шара приблизительно от 2 млн до 200 тыс. лет назад. "Ученые считают, что все они относились к одному виду — *Человек прямоходящий* (H. erectus).

Рост Человека прямоходящего достигал 160 см и более. Средний объем его мозга составлял 800—1200 см<sup>3</sup>. Он умел изготавливать каменные орудия труда и поддерживать огонь.

Древние люди. Палеоантропы представляли собой крайне разнообразную как в морфологическом, так и хронологическом отношении группу ископаемых людей. Они заселяли обширные территории Европы, Азии и Африки. Первая находка скелетных останков палеоантропов была сделана в долине реки Неандерталь в Германии в 1856 г., откуда и пошло другое их название — *неандертальцы*.

Большинство многочисленных находок останков палеоантропов датируется временем от 250 до 35 тыс. лет назад. Но ученые считают, что палеоантропы появились значительно раньше.

Древние люди имели объем черепной коробки около 1400 см<sup>3</sup>, изготавливали разнообразные каменные орудия (рубила, скребла, остроконечники и др.), обладали зачатками членораздельной речи (рис. 109).

Ученые еще не пришли к общему мнению о месте и роли неандертальцев в антропогенезе и выдвинули три гипотезы:

- неандертальцы — прямые предки человека современного типа;
- неандертальцы внесли некоторый генетический вклад в генофонд человека современного типа;
- неандертальцы являются боковой тупиковой ветвью эволюции гоминидов.

Многие находки ископаемых останков в разных регионах свидетельствуют о значительной изменчивости популяций ранних неандертальцев. В настоящее время неандертальцев считают одним из подвидов Человека разумного.

**Люди современного анатомического типа.** Последняя стадия эволюции человека — современные люди, или неоантропы. Впервые костные останки неоантропов были найдены в гроте Кро Маньон во Франции в 1868 г., откуда и пошло другое название — **кроманьонцы**.

В целом кроманьонцы уже не имели существенных отличий от ныне живущих людей. Рост их составлял до 180 см, объем мозга — до 1600 см<sup>3</sup>. Мозговой отдел их черепа преобладал над лицевым, сплошной надглазничный валик отсутствовал, развитый подбородочный выступ указывал на то, что они смогли общаться с помощью членораздельной речи.

Не окончательно решенным остается вопрос о возникновении подвида *H. sapiens sapiens*, к которому принадлежит современное человечество.

Анализ палеонтологических материалов показал, что можно выделить три типа ископаемых людей, живших одновременно: неандертальцев, людей современного типа и промежуточные формы. Это дает основание предположить, что неандертальцы и кроманьонцы долгое время сосуществовали рядом и нередко были случаи смешения.

После длительного сосуществования двух подвидов гоминид, примерно 40 тыс. лет назад, произошел демографический взрыв в популяциях людей современного анатомического типа, который сопровождался увеличением плотности населения и прогрессивными изменениями в области материальной культуры. В тяжелых условиях ледникового периода неандертальцы, очевидно, не выдержали конкурентной борьбы с кроманьонцами, были ими вытеснены и, возможно, частично истреблены.

Дальнейшие исследования палеоантропологов и специалистов других специальностей, несомненно, внесут ясность в еще не решенные вопросы антропогенеза.

Контрольные вопросы:

1. Какая концепция лежит в основе современных научных представлений о происхождении человека?
2. Какие данные указывают на связь человека с животными?
3. Каково систематическое положение современного человека?
4. Какие коренные отличия существуют между человеком и животными? Чем их можно объяснить?
5. Какие стадии принято выделять в антропогенезе?

## Раздел V ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

### Тема Определение жизни на земле. Возраст Земли и сроки зарождения жизни на нашей планете

#### План:

1. **Гипотезы о происхождении жизни.**
2. **Современные представления о происхождении жизни.**
3. **Основные этапы развития жизни на Земле.**

1. Проблема возникновения жизни на нашей планете является одной из центральных в современном естествознании. С древнейших времен люди пытались найти ответ на этот вопрос.

**Креационизм** (лат. creatio — сотворение). В разные времена у разных народов были свои представления о возникновении жизни. Свое отражение они нашли в священных книгах различных религий, которые объясняют возникновение жизни как акт Творца (воля Бога). Гипотезу божественного возникновения живого можно принять только на веру, так как ее нельзя экспериментально проверить или опровергнуть. Следовательно, она не может рассматриваться с научной точки зрения.

**Гипотеза самопроизвольного зарождения жизни.** С античных времен и до середины XVII в. ученые не сомневались в возможности самопроизвольного зарождения жизни. Считалось, что живые существа могут появляться из неживой материи, например рыбы — из ила, черви — из почвы, мыши — из тряпок, мухи — из гнилого мяса,

а также, что одни формы могут порождать другие, например из плодов могут образовываться птицы и животные.

Так, великий *Аристотель*, изучая угрей, установил, что среди них не встречаются особи с икрой или молоками. На основании этого он предположил, что угри рождаются из «колбасок» ила, образующихся от трения взрослой рыбы о дно.

Первый удар по представлениям о самозарождении нанесли эксперименты итальянского ученого *Франческа Реди*, который в 1668 г. доказал невозможность самозарождения мух в гниющем мясе

Несмотря на это, идеи самозарождения жизни сохранялись до середины XIX в. Только в 1862 г. французский ученый *Луи Пастер* окончательно опроверг гипотезу самозарождения жизни. Работы Л.Пастера позволили утверждать, что принцип «Все живое - из живого» справедлив для всех известных организмов на нашей планете но они не разрешали вопрос о происхождении жизни.

Гипотеза панспермии. Доказанность невозможности самозарождения жизни породила другую проблему. Если для возникновения живого организма необходим другой живой организм, то откуда мог взяться первый живой организм? Это дало толчок к возникновению гипотезы панспермии, которая имела и имеет много сторонников, в том числе и среди видных ученых. Они считают, что впервые жизнь возникла не на земле, а была занесена каким-то образом на нашу планету

Однако гипотеза панспермии пытается лишь объяснить появление жизни на Земле. Она не отвечает на вопрос, как возникла жизнь

Отрицание факта самозарождения жизни в настоящее время не противоречит представлениям о принципиальной возможности развития жизни в прошлом из неорганической материи.

Гипотеза биохимической эволюции. В 20-е годы XX в. русский ученый *А. И. Опарин* и англичанин *Дж. Холдейн* высказали гипотезу о возникновении жизни в процессе биохимической эволюции углеродных соединений, которая и легла в основу современных представлений.

В 1924 г. А. И. Опарин опубликовал основные положения своей гипотезы происхождения жизни на Земле. Он исходил из того что в современных условиях возникновение живых существ из неживой природы невозможно. Абиогенное (т. е. без участия живых организмов) возникновение живой материи возможно было только в условиях древней атмосферы и отсутствия живых организмов.

По мнению А. И. Опарина, в первичной атмосфере планеты, насыщенной различными газами, при мощных электрических разрядах, а также под действием ультрафиолетового излучения (кислород в атмосфере отсутствовал и, следовательно, не было защитного озонового экрана, атмосфера была восстановительной) и высокой радиации могли образовываться органические соединения, которые накапливались в океане, образуя «первичный бульон».

Известно, что в концентрированных растворах органических веществ (белков, нуклеиновых кислот, липидов) при определенных условиях могут образовываться сгустки, называемые коацерватными каплями, или *коацерватами*. Коацерваты в условиях восстановительной атмосферы не разрушались. Из раствора в них поступали химические вещества, в них шел синтез новых соединений, в результате чего они росли и усложнялись.

Коацерваты уже напоминали живые организмы, однако таковыми еще не были, так как не имели упорядоченной внутренней структуры, присущей живым организмам, и не были способны размножаться. Белковые коацерваты рассматривались А. И. Опариным как *пробионты* — предшественники живого организма. Он предполагал, что на определенном этапе белковые пробионты включили в себя нуклеиновые кислоты, создав единые комплексы.

Взаимодействие белков и нуклеиновых кислот привело к возникновению таких свойств живого, как самовоспроизведение, сохранение наследственной информации и ее передача последующим поколениям.

Пробионты, в которых обмен веществ сочетался со способностью к самовоспроизведению, можно уже рассматривать как примитивные проклетки,

В 1929 г. английский ученый Дж. Холдейн также выдвинул гипотезу абиогенного происхождения жизни, но согласно его взглядам первичной была не коацерватная система, способная к обмену веществ с окружающей средой, а макромолекулярная система, способная к самовоспроизводству. Другими словами, А. И. Опарин отдавал первенство белкам, а Дж. Холдейн — нуклеиновым кислотам.

Гипотеза *Опарина—Холдейна* завоевала много сторонников, так как получила экспериментальное подтверждение возможности абиогенного синтеза органических биополимеров.

В 1953 г. американский ученый *Стенли Миллер* в созданной им установке смоделировал условия, предположительно существовавшие в первичной атмосфере Земли. В результате опытов были получены аминокислоты. Сходные опыты многократно повторялись в различных лабораториях и позволили доказать принципиальную возможность синтеза в таких условиях практически всех

мономеров основных биополимеров. В дальнейшем было установлено, что при определенных условиях из мономеров возможен синтез более сложных органических биополимеров: полипептидов, полинуклеотидов, полисахаридов и липидов.

Но гипотеза Опарина — Холдейна имеет и слабую сторону, на которую указывают ее оппоненты. В рамках данной гипотезы не удается объяснить главную проблему: как произошел качественный скачок от неживого к живому. Ведь для саморепродукции нуклеиновых кислот необходимы ферментные белки, а для синтеза белков — нуклеиновые кислоты.

2. *Гипотеза абиогенного зарождения жизни* в процессе биохимической эволюции с научной точки зрения является наиболее разработанной. Но спорными остаются вопросы о том, где и когда происходил абиогенный синтез органических соединений, а главное, как произошел качественный скачок от неживого к живому.

Сейчас достоверно известно, что образование соединений углерода протекает практически на всех космических объектах, но условия, необходимые для возникновения предклеточных структур и далее первичных организмов, по мнению ученых, могли возникнуть лишь на планетах типа Земли.

Многие ученые считают, что значительная часть органических соединений могла образоваться за пределами Земли и попасть на сформировавшуюся планету с космическими телами.

Наиболее сложно объяснимым является вопрос, как произошло объединение двух функций — каталитической, присущей белкам-ферментам, и информационно-генетической, которую выполняют

нуклеиновые кислоты (ДНК). Ведь только в этом случае возможен качественный скачок от неживого к живому.

Сторонники биохимической эволюции считали, что на протяжении многих миллионов лет в «первичном бульоне» происходили постоянные взаимодействия различных молекул, которые в конечном счете привели к случайному удачному сочетанию и образованию такого белково-нуклеинового комплекса в пробионте. Но их оппоненты совершенно справедливо отмечают, что вероятность такой счастливой случайности практически равна нулю.

Возможно, ключ к пониманию данной проблемы дают открытия, сделанные при изучении РНК.

Считалось, что носителем генетической информации является только ДНК, но оказалось, что некоторые РНК имеют явно выраженную каталитическую активность и способны к саморепродукции в отсутствие белковых ферментов. Таким образом, древняя РНК могла совмещать в себе каталитические и информационно-генетические функции, что обеспечивало макромолекулярной системе способность к само репродукции.

Если данное предположение верно, то, очевидно, дальнейшая эволюция шла в направлении РНК > белок > ДНК.

Эволюционное развитие столь сложного механизма еще недостаточно выяснено. Бесспорным является то, что в системе генетического кодирования РНК заменилась на ДНК, которая обеспечивает большую стабильность хранимой генетической информации. За РНК закрепилась функция «посредника»: она переносит информацию от ДНК к белку. Для всех ныне существующих живых организмов характерно именно такое направление потока информации: ДНК > РНК > белок.

Таким образом, в настоящее время мы не можем считать, что проблема происхождения жизни решена, а можем лишь говорить, что ученые продолжают искать наиболее перспективные пути ее решения.

Экспериментально было установлено, что в искусственных условиях, имитирующих те, которые, как полагают, были на первобытной Земле, первыми образуются цепочки РНК, а не ДНК или белков. В связи с этим можно предположить, что в результате каких-то неизвестных нам событий и процессов РНК-подобные полинуклеотиды со временем приобрели способность направлять сборку белков, а белки-ферменты, в свою очередь, стали катализировать синтез новых копий РНК с большей эффективностью.

3. Этап химической эволюции. На этом этапе происходил абиогенный синтез органических мономеров. Вы уже знаете, что древняя атмосфера Земли была насыщена вулканическими газами, в состав которых входили оксиды серы, азота, аммиак, оксиды и двуоксиды углерода, пары воды и ряд других веществ. Активная вулканическая деятельность, сопровождавшаяся выбросами больших масс радиоактивных компонентов, сильные и частые электрические разряды во время практически не прекращающихся гроз, а также ультрафиолетовое излучение способствовали образованию органических соединений. Древняя атмосфера не содержала свободного кислорода, поэтому органические соединения не окислялись и могли накапливаться в теплых и даже кипящих водах различных водоемов, постепенно усложняясь по строению, формируя так называемый «первичный бульон». Продолжительность этих процессов составляла многие миллионы и десятки миллионов лет



Этап предбиологической эволюции. На этом этапе протекали реакции полимеризации, которые могли активизироваться при значительном увеличении концентрации раствора (пересыхание водоема) и даже во влажном песке. В конечном счете сложные органические соединения формировали белково-иуклеиново-липоидные комплексы (ученые называли их по-разному: коацерваты, гиперциклы, пробионты, прогеноты и т. д.). В результате предбиологического естественного отбора появились первые примитивные живые организмы, которые вступили в биологический естественный отбор и дали начало всему органическому миру на Земле. Жизнь, очевидно, развивалась в водной среде на некоторой глубине, так как единственной защитой от ультрафиолетового излучения была вода.

Биологический этап эволюции. Большинство ученых считают, что первые примитивные живые организмы были близки по строению к прокариотам, Они питались органическими веществами «перечного бульона», т. е. были гетеротрофами. Самой древней формой обмена веществ являлся, по-видимому, гликолиз.

При увеличении численности гетеротрофных прокариотических клеток запас органических соединений в первичном океане истощался. В этих условиях обострилась конкуренция между древними прокариотами, которая, с одной стороны, способствовала усложнению их строения, с другой — привела к появлению новых способов получения энергии для жизненных процессов. Так произошли крупные ароморфозы — появление автотрофного способа питания (хемосинтез и фотосинтез) и фиксация атмосферного азота. Организмы, способные к автотрофности, т. е. к синтезу органических веществ из неорганических за счет реакций окисления и восстановления, получили значительные преимущества в конкурентной борьбе.

В результате фотосинтеза в земной атмосфере начал накапливаться кислород. Это привело к смене восстановительной атмосферы планеты на окислительную, что явилось предпосылкой для возникновения нового типа энергетических процессов дыхания, отличающегося от гликолиза и брожения значительно большим выходом энергии и ставшего вследствие этого основой более быстрого и эффективного типа обмена веществ. Способность синтезировать при дыхании большее количество АТФ позволила организмам расти и размножаться быстрее, а также усложнять свои структуры и обмен веществ.

Гипотезы происхождения эукариот. Большинство ученых считают, что эукариоты произошли от прокариотических клеток. Существует две наиболее признанные гипотезы происхождения эукариотических клеток и их органоидов.

Первая гипотеза связывает происхождение эукариотической клетки и ее органоидов с процессом впячивания клеточной мембраны.

Больше сторонников имеет гипотеза симбиотического происхождения эукариотической клетки. Согласно этой гипотезе, митохондрии, пластиды и базальные тельца ресничек и жгутиков эукариотической клетки были когда-то свободноживущими прокариотическими клетками. Органеллами они стали в процессе симбиоза. В пользу этой гипотезы свидетельствует наличие собственных РНК и ДНК в митохондриях и хлоропластах. По своему строению РНК митондрий сходны с РНК пурпурных бактерий, РНК хлоропластов ближе к РНК цианобактерий.

Гипотеза биопоза. Гипотеза симбиотического происхождения эукариотических клеток. Гипотеза происхождения эукариотических клеток и их органелл путем впячивания клеточной мембраны.

На основании сравнения последовательности нуклеотидов в рибосомных РНК ученые пришли к выводу, что все живые организмы можно отнести к трем группам: эукариотам, зубактериям и архебактериям (две последние группы — прокариоты).

Поскольку генетический код во всех трех группах один и тот же, была выдвинута гипотеза, что они имеют общего предка, которого назвали «прогенот» (т. е. прародитель). Предполагается, что зубактерии и архебактерии могли произойти от прогенота, а современный тип эукариотической клетки, по-видимому, мог возникнуть в результате симбиоза древнего эукариота с зубактериями. Именно это, как считают ученые, обеспечило большое сходство строения всех прокариот, а впоследствии и эукариот.

## Контрольные вопросы:

1. Почему представление о божественном происхождении жизни нельзя ни подтвердить, ни опровергнуть?
2. Каковы основные положения гипотезы Опарина — Холдейна?
3. Какие экспериментальные доказательства можно привести в пользу данной гипотезы?
4. В чем отличия гипотезы А. И. Опарина от гипотезы Дж. Холдейна?
5. Какие доводы приводят оппоненты, критикуя гипотезу Опарина — Холдейна?
6. Почему ученые считают гипотезу абиогенного зарождения жизни в процессе биохимической эволюции наиболее приемлемой?
7. Какая проблема в гипотезе абиогенного зарождения жизни является наиболее сложной?
8. Почему ученые считают, что открытия, сделанные при изучении РНК, могут дать ключ к решению проблемы возникновения жизни?
9. Какие основные этапы можно выделить в возникновении и развитии жизни на Земле?
10. Какое значение для эволюции живых организмов имело появление в атмосфере планеты свободного кислорода?
11. Какие доводы свидетельствуют в пользу симбиотической гипотезы происхождения эукариотической клетки?

## Раздел VI ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

### Тема Определение, предмет и задачи экологии

#### План:

1. Развитие экологии как науки.
2. Предмет и задачи экологии.
3. Среда обитания организмов и ее факторы.
4. Место обитания и экологические ниши.
5. Основные типы экологических взаимодействий.
6. Конкурентные взаимодействия.
7. Экологические сообщества.
8. Структура сообществ.
9. Взаимосвязь организмов в сообществах.

Наиболее распространенным определением экологии как научной дисциплины является следующее: **экология** – наука, изучающая условия существования живых организмов и взаимоотношения между организмами и средой их обитания. Термин «экология» (от греч. «ойкос» – дом, жилище и «логос» – учение) был впервые введен в биологическую науку немецким ученым Э. Геккелем в 1866 г. Изначально экология и развивалась как составная часть биологической науки, в тесной связи с другими естественными науками – химией, физикой, геологией, географией, почвоведением, математикой.

**Предметом экологии** является совокупность или структура связей между организмами и средой. **Главный объект изучения в экологии** – *экосистемы*, т. е. единые природные комплексы, образованные живыми организмами и средой обитания. Кроме того, в область ее компетенции входит изучение *отдельных видов организмов* (организменный уровень), их *популяций*, т. е. совокупностей особей одного вида (популяционно-видовой уровень), совокупностей популяций, т. е. биотических сообществ – *биоценозов* (биоценотический уровень) и *биосферы* в целом (биосферный уровень).

Основной, традиционной, частью экологии как биологической науки является *общая экология*, которая изучает общие закономерности взаимоотношений любых живых организмов и среды (включая человека как биологическое существо).

В составе общей экологии выделяют следующие основные разделы:

– *аутэкологию*, исследующую индивидуальные связи отдельного организма (виды, особи) с окружающей его средой;

– *популяционную экологию* (демоэкологию), в задачу которой входит изучение структуры и динамики популяций отдельных видов. Популяционную экологию рассматривают и как специальный раздел аутэкологии;

– *синэкологию* (биоценологию), изучающую взаимоотношение популяций, сообществ и экосистем со средой.

Для всех этих направлений главным является изучение **выживания живых существ в окружающей среде**, и задачи перед ними стоят преимущественно биологического свойства – изучить закономерности адаптации организмов и их сообществ к окружающей среде, саморегуляцию, устойчивость экосистем и биосферы и т. д.

В изложенном выше понимании общую экологию нередко называют *биоэкологией*, когда хотят подчеркнуть ее биоцентричность.

С точки зрения фактора времени экология дифференцируется на **историческую и эволюционную**.

Кроме того, экология классифицируется по конкретным объектам и средам исследования, т. е. различают *экологию животных, экологию растений и экологию микроорганизмов*.

**В последнее время роль и значение биосферы как объекта экологического анализа непрерывно возрастает. Особенно большое значение в современной экологии уделяется проблемам взаимодействия человека с окружающей природной средой. Выдвижение на первый план этих разделов в экологической науке связано с резким усилением взаимного отрицательного влияния человека и среды, возросшей ролью экономических, социальных и нравственных аспектов, в связи с резко негативными последствиями научно-технического прогресса.**

Таким образом, современная экология не ограничивается только рамками биологической дисциплины, трактующей отношения главным образом животных и растений со средой, она превращается в междисциплинарную науку, изучающую сложнейшие проблемы взаимодействия человека с окружающей средой. Актуальность и многогранность этой проблемы, вызванной обострением экологической обстановки в масштабах всей планеты, привела к «экологизации» многих естественных, технических и гуманитарных наук.

Так, например, на стыке экологии с другими отраслями знаний продолжается развитие таких новых направлений, как *инженерная экология, геоэкология, математическая экология, сельскохозяйственная экология, космическая экология, радиационная экология и т. д.*

Соответственно более широкое толкование получил и сам термин «экология», а экологический подход при изучении взаимодействия человеческого общества и природы был признан основополагающим.

Экологическими проблемами Земли как планеты занимается интенсивно развивающаяся *глобальная экология*, основным объектом изучения которой является биосфера, как глобальная экосистема. В настоящее время появились и такие специальные дисциплины, как *социальная экология*, изучающая взаимоотношение в системе «человеческое общество – природа», и ее часть – *экология человека* (антропоэкология), в которой рассматривается взаимодействие человека как биосоциального существа с окружающим миром.

Современная экология тесно связана с политикой, экономикой, правом (включая международное право), психологией и педагогикой, так как только в союзе с ними возможно преодолеть технократическую **парадигму\*** мышления и выработать новый тип экологического сознания, коренным образом меняющий поведение людей по отношению к природе.

С научно-практической точки зрения вполне обосновано деление экологии на теоретическую и прикладную.

**Теоретическая экология** вскрывает общие закономерности организации жизни.

**Прикладная экология** изучает механизмы разрушения биосферы человеком, способы предотвращения этого процесса и разрабатывает принципы рационального использования природных ресурсов. Научную основу прикладной экологии составляет система общеэкологических законов, правил и принципов.

Исходя из приведенных выше понятий и направлений следует, что задачи экологии весьма многообразны.

**В общетеоретическом плане к ним относятся:**

- разработка общей теории устойчивости экологических систем;
- изучение экологических механизмов адаптации к среде;
- исследование регуляции численности популяций;
- изучение биологического разнообразия и механизмов его поддержания;
- исследование продукционных процессов;
- исследование процессов, протекающих в биосфере с целью поддержания ее устойчивости;
- моделирование состояния экосистем и глобальных биосферных процессов.

**Основные прикладные задачи**, которые экология должна решать в настоящее время следующие:

- прогнозирование и оценка возможных отрицательных последствий в окружающей природной среде под влиянием деятельности человека;
- улучшение качества окружающей среды;
- оптимизация инженерных, экономических, организационно-правовых, социальных или иных решений для обеспечения экологически безопасного устойчивого развития, в первую очередь в экологически наиболее угрожаемых районах.

*Стратегической задачей* экологии считается развитие теории взаимодействия природы и общества на основе нового взгляда, рассматривающего человеческое общество как неотъемлемую часть биосферы.

В настоящее время экология становится одной из важнейших естественных наук, и, как полагают многие экологи, – само существование человека на нашей планете будет зависеть от ее прогресса.

3. Организмы могут обитать в одной среде (рыбы — в воде), в двух (наземные растения — в воздухе и почве) и даже в трех средах (прибрежные водные растения — в почве, воде и воздухе). Некоторые организмы периодически переходят из одной среды в другую (насекомые с водными личинками, земноводные). При паразитическом образе жизни среда жизни паразита — другой организм.

***Водная среда жизни.***

Вода — первичная среда для живых существ, поскольку именно в ней зародилась жизнь. Большинство организмов не способны к активной жизнедеятельности без поступления воды в организм или по крайней мере без сохранения определенного содержания жидкости внутри организма. Внутренняя среда организма, в которой происходят основные физиологические процессы, очевидно, по-прежнему сохраняет черты той среды, в которой происходила эволюция первых организмов. Так, содержание солей в крови человека (поддерживаемое на относительно постоянном уровне) близко к таковому в океанической воде. Свойства водной океанической среды во многом определили химико-физическую эволюцию всех форм жизни. *Главной отличительной особенностью* водной среды является ее относительная стабильность (амплитуда сезонных или суточных колебаний температуры в водной среде намного меньше, чем в наземно-воздушной). Рельеф дна, различие условий на разных глубинах, наличие коралловых рифов и прочее создают разнообразие условий в водной среде.

**Особенности водной среды** проистекают из физико-химических свойств воды. Так, большое экологическое значение имеют высокая плотность и вязкость воды. Удельная масса воды соизмерима с таковой у тела живых организмов. Плотность воды примерно в 1000 раз выше плотности воздуха. Поэтому водные организмы (особенно активно движущиеся) сталкиваются с большой силой гидродинамического сопротивления. Эволюция многих групп водных животных по этой причине шла в направлении формирования формы тела и типов движения, снижающих лобовое сопротивление, что приводило к снижению энергозатрат на плавание. Так, обтекаемая форма тела встречается у представителей различных групп организмов, обитающих в воде, — дельфинов (млекопитающих), костистых и хрящевых рыб.

Высокая плотность воды является также причиной того, что механические колебания (вибрации) хорошо распространяются в водной среде. Это имело важное значение в эволюции органов чувств, ориентации в пространстве и коммуникации между водными обитателями. Вчетверо большая, чем в воздухе, скорость звука в водной среде определяет более высокую частоту эхолокационных сигналов.

В связи с высокой плотностью водной среды ее обитатели лишены обязательной связи с субстратом, которая характерна для наземных форм и связана с силами гравитации. Поэтому есть целая группа водных организмов (как растений, так и животных), существующих без обязательной связи с дном или другим субстратом, «парящих» в водной толще. Электропроводность открыла возможность эволюционного формирования электрических органов чувств, обороны и нападения.

**Наземно-воздушная среда жизни характеризуется** огромным разнообразием условий существования, экологических ниш и заселяющих их организмов. Важно отметить, что организмы играют первостепенную роль в формировании условий наземно-воздушной среды жизни, и прежде всего газового состава атмосферы. Практически весь кислород земной атмосферы имеет биогенное происхождение.

Основными особенностями наземно-воздушной среды являются большая амплитуда изменения экологических факторов, неоднородность среды, действие сил земного тяготения, низкая плотность воздуха. Комплекс физико-географических и климатических факторов, свойственных определенной природной зоне, приводит к эволюционному становлению морфофизиологических адаптации организмов к жизни в этих условиях, многообразие форм жизни.

Высокое содержание кислорода в атмосфере (около 21 %) определяет возможность формирования высокого (энергетического) уровня обмена веществ.

Атмосферный воздух отличается низкой и изменчивой влажностью. Это обстоятельство во многом лимитировало (ограничивало) возможности освоения наземно-воздушной среды, а также направляло эволюцию водно-солевого обмена и структуры органов дыхания.

**Почва** как среда жизни является результатом деятельности живых организмов. Заселявшие наземно-воздушную среду организмы приводили к возникновению почвы как уникальной среды обитания. Почва представляет собой сложную систему, включающую твердую фазу (минеральные частицы), жидкую (почвенная влага) и газообразную. Соотношение этих трех фаз и определяет особенности почвы как среды жизни. Важной особенностью почвы является также наличие определенного количества органического вещества. Оно образуется в результате отмирания организмов и входит в состав их экскретов (выделений).

Условия почвенной среды обитания определяют такие свойства почвы, как аэрация (т. е. насыщенность воздухом), влажность (присутствие влаги), теплоемкость и термический режим (суточный, сезонный, многогодичный ход температур). Термический режим по сравнению с наземно-воздушной средой более консервативный, особенно на большой глубине. В целом почва отличается довольно устойчивыми условиями жизни. Вертикальные различия характерны и для других свойств почвы, например, проникновение света зависит от глубины.

Почвенная среда занимает промежуточное положение между водной и наземно-воздушной средами. В почве возможно обитание организмов, обладающих как водным, так и воздушным типом дыхания. Вертикальный градиент проникновения света в почве еще более выражен, чем в воде. Микроорганизмы встречаются по всей толще почвы, а растения (в первую очередь корневые системы) связаны с наружными горизонтами. Для почвенных организмов характерны

специфические органы и типы движения (роющие конечности у млекопитающих; способность к изменению толщины тела; наличие специализированных головных капсул у некоторых видов); формы тела; прочные и гибкие покровы; редукция глаз и исчезновение пигментов. Среди почвенных обитателей широко развита сапрофагия — поедание трупов других животных, гниющих остатков и т. д.

**Организм как среда обитания.** Живой организм может также служить средой обитания для паразитов и симбионтов.

Организм как среда обитания характеризуется определенным постоянством (гомеостазом). В то же время некоторые виды паразитов вынуждены противостоять агрессивной среде организма (например, агрессивной среде желудочно-кишечного тракта) и иммунной системе. Организм, как правило, обеспечивает паразитов и симбионтов питательными веществами, находящимися в доступной форме и не требующими дальнейшего пищеварения и переработки. Поэтому у большинства паразитов наблюдается упрощенное строение (редукция) органов пищеварения. Стратегия их выживания направлена на оставление как можно большего числа потомков, формирование защитных механизмов и приспособлений к распространению.

**Экологические факторы** — элементы среды, оказывающие влияние на организмы, в ответ на которые организмы реагируют приспособительными реакциями.

По природе различают:

- **неорганические, или абиотические факторы:** температура, свет, вода, воздух, ветер, соленость и плотность среды, ионизирующие излучения;
- **биотические факторы**, связанные с совместным обитанием, взаимным влиянием животных и растений друг на друга;
- **антропогенные факторы** — воздействия человека, человеческой деятельности на природу; по размаху и глобальности своего воздействия они приближаются к геологическим силам.

**Каждый из экологических факторов незаменим.** Так, недостаток тепла нельзя заменить обилием света, минеральные элементы, необходимые для питания растений, — водой.

**К абиотическим факторам** – или факторам неживой природы, относятся климатические, температурные условия, влажность, освещенность, химический состав атмосферы, почвы, воды, особенности рельефа.

**К биотическим факторам** относятся все организмы и непосредственные продукты их жизнедеятельности. Организмы одного вида вступают в различные по характеру отношения, как друг с другом, так и с представителями других видов. Эти отношения, соответственно подразделяются на внутривидовые и межвидовые.

**Внутривидовые отношения** проявляются во внутривидовой конкуренции за пищу, кров, самку. Так же они проявляются в особенностях поведения, иерархии отношений между членами популяции.

**Межвидовые отношения** могут быть симбиотическими, хищническими, паразитическими.

**Антропогенные факторы** связаны с деятельностью человека, под влиянием которой среда изменяется и формируется. Деятельность человека распространяется, практически, на всю биосферу: добыча полезных ископаемых, освоение водных ресурсов, развитие авиации и космонавтики сказываются на состоянии биосферы. В результате возникают разрушительные процессы в биосфере, к которым относятся загрязнение вод, «парниковый эффект», связанный с увеличением концентрации диоксида углерода в атмосфере, нарушения озонового слоя, «кислотные дожди» и т.д.

Организмы *адаптируются* (приспосабливаются) к влиянию определенных факторов в процессе естественного отбора. Их адаптационные возможности определяются *нормой реакции* по отношению к каждому из факторов, как постоянно действующих, так и колеблющихся в своих значениях. Например, длина светового дня в конкретном регионе постоянна, а температура и влажность могут колебаться в достаточно широких пределах.

Экологические факторы характеризуются интенсивностью действия, оптимальностью значения (*оптимумом*), максимальным и минимальным значениями, в пределах которых

возможна жизнь конкретного организма. Эти параметры для представителей разных видов различны.

Отклонение от оптимума какого-либо фактора, например, снижение количества пищи, может сузить *пределы выносливости* птиц или млекопитающих по отношению к понижению температуры воздуха.

Фактор, значение которого в данный момент находится на пределах выносливости, или выходит за них называется *ограничивающим*.

Организмы, способны существовать как в широких пределах колебания фактора, так и в узких. Например, организмы, обитающие в условиях континентального климата, переносят широкие колебания температур. Такие организмы обычно имеют широкие ареалы распространения. В узких пределах колебания фактора, т.е. в относительно постоянных условиях, существуют паразитические или симбиотические формы. Ареал таких организмов ограничен.

Интенсивность воздействия различных экологических факторов на популяцию в целом называется *правилом оптимума* и описывается графически. По оси ординат откладывается численность популяции в зависимости от дозы того или иного фактора (ось абсцисс). Выделяют оптимальные дозы фактора и дозы действия фактора, при которых происходит угнетение жизнедеятельности данного организма. На графике это соответствует пяти **зонам**: зона оптимума, справа и слева от нее зоны пессимума (от границы зоны оптимума до *max* или *min*) и летальные зоны (находящиеся за пределами *max* и *min*), в которых численность популяции равна 0. Интенсивность фактора, наиболее благоприятную для жизнедеятельности, называют оптимальной, или оптимумом. Границы, за которыми существование организма невозможно, называют **нижним и верхним пределами выносливости**.

4. Любая популяция (вид) занимает определенное местообитание и определенную экологическую нишу.

**Местообитание** – это территория или акватория, занимаемая популяцией (видом), с комплексом присущих ей экологических факторов. Местообитание вида является компонентом его экологической ниши. Применительно к наземным животным местообитание вида называется **стация**. Местообитание сообщества – **биотоп**.

**Экологическая ниша** – совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе. То есть экологическая ниша – это место вида в природе, включающее не только его положение в пространстве и отношение к абиотическим факторам, но и его функциональную роль в сообществе (прежде всего трофический статус). Местообитание – это как бы «адрес» организма, а экологическая ниша – это его «профессия».

Для характеристики экологической ниши обычно используют два важных показателя: *ширина ниши* и *степень перекрывания* ее с соседними. Экологические ниши разных видов могут быть разной ширины и перекрываться в различной степени.

Разделение экологических ниш между видами происходит за счет приуроченности разных видов к разным местообитаниям, разной пищи и разному времени использования одного и того же местообитания. **Принцип конкурентного исключения (принцип Гаузе)** гласит: «Два вида не могут сосуществовать в одной и той же местности, если их экологические потребности идентичны. Такие виды обязательно должны быть разобщены в пространстве или во времени».

Несовместимость конкурирующих видов еще раньше была подчеркнута Ч. Дарвином, который считал конкуренцию одной из важнейших составных частей борьбы за существование, играющей большую роль в эволюции видов.

В опытах Г. Ф. Гаузе с культурами инфузорий *Paramecium aurelia* и *P. caudatum* каждый из видов, помещенных отдельно в пробирки с санным настоем, успешно размножался, достигая определенного уровня численности. Если же оба вида со сходным характером питания помещали совместно, то первое время наблюдался рост численности каждого из них, но затем количество *P. caudatum* постепенно сокращалось, и они исчезали из настоя, тогда как количество *P. aurelia* оставалось постоянным.

Победителем в конкурентной борьбе оказывается, как правило, тот вид, который в данной экологической обстановке имеет хотя бы небольшие преимущества перед другим, т. е. больше

приспособлен к условиям окружающей среды, поскольку даже близкие виды никогда не совпадают по всему экологическому спектру.

5. В природных условиях каждый живой организм живет не изолированно, а среди множества других представителей живой природы. Взаимодействия между организмами, а также влияние их на условия жизни представляют собой совокупность биотических факторов среды. В сообществах организмы одной популяции могут питаться особями другой; могут использовать их как среду обитания; один из видов может испытывать на себе влияние продуктов жизнедеятельности другого. Все это **непосредственные взаимодействия**: их исход решается в ходе прямого контакта между особями.

— Но разные организмы могут использовать один и тот же ресурс; один вид может быть передающим звеном в цепи развития паразита, живущего за счет второго. Такие взаимоотношения, осуществляющиеся через промежуточные звенья, называются **опосредованными, или косвенными**.

— Экологические взаимодействия обычно имеют чрезвычайно сложный характер, зависят от многих факторов и по-разному протекают в различных условиях. Это делает их трудно предсказуемыми.

— Среди огромного разнообразия взаимосвязей живых существ выделяют определенные *типы отношений*, имеющие много общего у организмов разных систематических групп.

— **Нейтрализм**, при котором *совместно обитающие на одной территории организмы не влияют друг на друга*. При нейтральности особи разных видов не связаны друг с другом непосредственно. Например, белки и лоси в одном лесу не контактируют друг с другом.

— **Антибиоз**, при котором *обе взаимодействующие популяции или одна из них испытывают отрицательное влияние*.

— **Комменсализм** — форма взаимоотношений, при которой *один вид получает какое-либо преимущество, выгоду, не принося другому ни вреда, ни пользы*. Отношения такого типа широко распространены в природе. Например, крупные млекопитающие (собаки, олени) служат разносчиками плодов и семян с зацепками (вроде репейника), не получая от этого ни вреда, ни пользы.

— **Аменсализм** — это взаимоотношения, при которых *для одного из совместно обитающих видов влияние другого отрицательно, в то время как угнетающий не получает ни вреда, ни пользы*. Например, светолюбивые травы, растущие под елью, страдают от сильного затенения, тогда как самому дереву это не приносит неудобств. Симбиоз (от греч. "сим" — вместе, "биос" — жизнь) — *сожительство; форма взаимоотношений, при которой оба партнера или один из них извлекают пользу от другого*.

— Самый простой тип симбиотических связей — *протокооперация*. При этой форме совместное существование выгодно для обоих видов, но не обязательно для них, т. е. не является непременным условием выживания популяций. Примером таких отношений можно назвать распространение муравьями семян некоторых растений леса, опыление пчелами разных луговых растений — в этих случаях отсутствует необходимая тесная связь конкретной пары партнеров.

— Симбиотические отношения, при которых присутствие каждого из двух видов становится обязательным для другого партнера, называется *мутуализмом*. Таковы, например, взаимоотношения узкоспециализированных к опылению растений с опыляющими их видами насекомых. Другой пример мутуализма - птицы кормятся насекомыми — паразитами на коже носорога, а их взлет служит ему сигналом опасности.

— Если в экологической системе два или более вида популяции со сходными экологическими требованиями обитают совместно, между ними возникают взаимоотношения отрицательного типа, которые называются **конкуренцией**.

— Вобщем смысле слово "конкуренция" означает сталкивание, соперничество, соревнование.

— **Хищничество** — такой *тип взаимоотношения популяций, при котором представители одного вида поедают (уничтожают) представителей другого*, т. е. организмы одной популяции служат пищей для организмов другой.

— **Паразитизм** — это форма взаимосвязей между видами, при которой *организмы одного вида (паразита) живут за счет питательных веществ или тканей организма другого вида (хозяина) в*



*течение определенного времени.* Обычно паразит использует живого хозяина не только как источник пищи, но и как место постоянного или временного проживания. В отличие от хищничества, при нападении паразита хозяин не погибает сразу, но испытывает угнетение (нередко в течение длительного времени).

— Таковы основные типы биотических взаимоотношений в живой природе. Необходимо помнить, что **тип взаимодействия конкретной пары видов может изменяться** в различных условиях и в зависимости от стадий их пожизненных циклов. Кроме того, один и тот же вид в сообществе может находиться в разных отношениях с окружающими его видами.

6. Конкуренентное взаимодействие может касаться:

- пространства;
- пищи;
- света;
- зависимости от хищников и других врагов;
- подверженности болезням и другим экологическим ресурсам.

Для популяции, испытывающей конкурентное давление, поражение во взаимодействиях означает, что ее плотность, а также ее роль в сообществе снизятся или будут регулироваться действием конкуренции. Конкуренцию подразделяют на **внутривидовую** и **межвидовую**. Как внутренняя, так и межвидовая конкуренция могут иметь большое значение в формировании разнообразия видов и численности организмов.

**2.** Внутривидовая конкуренция — это *борьба за одни и те же ресурсы, происходящая между особями одного и того же вида.* Это важный фактор саморегуляции популяций.

У некоторых организмов под влиянием внутривидовой конкуренции за пространство сформировался интересный тип поведения. Его называют территориальностью. Территориальность свойственна многим видам птиц, некоторым рыбам, другим животным.

Таким образом, *территориальное поведение* можно считать *экологическим регулятором*, поскольку оно одинаково позволяет избегать как перенаселения, так и недостаточной заселенности территории.

**3.** Конкуренция между видами чрезвычайно *широко распространена* в природе и касается практически всех, поскольку редко какой вид не испытывает хоть небольшого давления со стороны других. **Формы проявления межвидовой конкуренции** могут быть различными: *от жесткой борьбы до почти мирного сосуществования.* Но, как правило, из двух видов с одинаковыми экологическими потребностями один обязательно *вытесняет* другой. В Европе в поселениях человека серая крыса совершенно вытеснила другой вид того же рода — черную крысу, которая теперь живет в лесных и пустынных районах.

Основным ресурсом, представляющим собой предмет конкуренции у растительных организмов, является **свет**. Из двух сходных видов растений, сосуществующих в одной и той же среде, преимущества достигает тот вид, который способен раньше выйти в верхний, лучше освещенный ярус. Этому могут способствовать:

- с одной стороны, быстрый рост и раннее появление листвы;
- с другой — наличие более длинных черенков и выше посаженных листьев.

Быстрый рост и раннее появление листвы дают преимущества в начальный период вегетации, длинные черенки и высоко посаженные листья — на стадии взрослого растения.

В результате конкуренции в сообществе **совместно уживаются** только те виды, которые сумели хотя бы немного *разойтись в экологических требованиях.*

**Межвидовая конкуренция** может иметь два итога:

- либо вытеснение одного из двух видов из сообщества,
- либо расхождение обоих видов по экологическим нишам.

**Конкуренентные отношения** — один из важнейших факторов формирования видового состава и регуляции численности популяций видов в сообществе.

7. Отдельные особи не могут существовать в природе вне популяции, так и популяции не могут существовать в определенном месте обособленно от популяций других видов, т.е. вне

биогеоценоза. В природе популяции разных видов интегрируются в макросистемы более высокого ранга - в сообщества, или биоценозы. **Биоценоз** (от греч.-жизнь,-общий)-это организованная группа популяций растений, животных, грибов и микроорганизмов, живущих совместно в одних и тех же условиях среды. Понятие «биоценоз» предложено в 1877г. немецким зоологом К. Мебиусом.

**Биотоп (экотоп)**- относительно однородное по абиотическим факторам среды пространство, занятое биоценозом.

**Биогеоценоз** -это комплекс взаимосвязанных и взаимодействующих популяций разных видов, обитающих на определенной территории с относительно однородными условиями существования. С точки зрения понятия биогеоценоза эта территория с относительно однородными условиями существования ранее была определена как **биотоп**. Например, биотопом популяций лесных видов растений и животных является лес, который естественным образом разделяется на участки - станции, занятые различными древесными породами (сосна, береза, лиственница), для каждой из которых характерны определенные условия произрастания, отличающиеся разными почвами, влажностью и др.

**Экологическая ниша**-это положение вида, которое он занимает в общей системе биоценоза, комплекс его биотических связей и требований к абиотическим факторам среды

**Понятие экосистемы** является одним из основных понятий в современной экологии. Термин "экосистема" был введен в употребление А. Тенсли в 1935 г., спустя более полувека после выделения экологии как самостоятельной отрасли научных знаний (1866). Экологической системой называется совокупность совместно обитающих разных видов организмов и условий их существования, находящихся в закономерной взаимосвязи друг с другом, обусловленной обменом веществ и распределением потока энергии. Следовательно, в биологическом смысле под экосистемой понимается любая система, включающая в свой состав сообщества живых существ и среду их обитания, объединенные в единое функциональное целое.

**Соотношение между понятиями экосистемы и биогеоценоза.** *Биогеоценоз* представляет собой комплекс взаимосвязанных видов организмов (популяций разных видов), обитающих на определенной территории с более или менее однородными условиями существованиями. Как и биогеоценоз, экосистема в биологическом смысле является совокупностью взаимосвязанных живых существ и среды их обитания, образующих единое целое. Однако основу биогеоценоза составляют зеленые растения, производящие живое органическое вещество. Примеры биогеоценозов - однородные участки леса, луга, степи, болота и т.п.

Экосистема, по определению, может и не включать растительные организмы в свой видовой состав. Таким примером являются природные экосистемы, формирующиеся на базе разлагающихся органических остатков, гниющих в лесу деревьев, трупов животных и т.п.. Таким образом, каждый биогеоценоз может быть назван экосистемой, но не каждая экосистема является биогеоценозом.

Биогеоценозы и экосистемы могут различаться и по временному фактору (продолжительности существования). Любой биогеоценоз потенциально бессмертен, поскольку все время пополняется энергией за счет деятельности растительных организмов. В то же время экосистемы, в составе которых отсутствует растительное звено, заканчивают свое существование одновременно с высвобождением в процессе разложения органического субстрата всей содержащейся в нем энергии

Каждая экосистема характеризуется совокупностью свойств и структурой. С точки зрения изучения проблем устойчивого функционирования экосистем интерес представляют такие основные свойства, как способность к образованию живого вещества из компонентов неживой природы, способность осуществлять круговорот веществ в экосистеме, видовое разнообразие, способность поддерживать ее нормальное функционирование в условиях изменяющейся среды обитания и др. Важнейшей с точки зрения организации экосистем является их видовая структура.

**Видовая структура природных экосистем.** Под *видовой структурой экосистемы* понимается перечень видов организмов, образующих экосистему, и соотношение их численностей. Видовое разнообразие обычно тем значительнее, чем разнообразнее и богаче

условия (биотоп) экосистемы. В этом отношении самыми богатыми по видовому разнообразию являются, например, экосистемы дождевых тропических лесов.

Виды, явно преобладающие по численности особей, называются *доминантными*. Наряду с доминантами в экосистемах выделяются *виды-эдификаторы* (от лат. строитель), которые являются основными образователями среды, или, как говорят, средообразующие виды. Обычно вид-доминант одновременно является и эдификатором. Например, ель в еловом лесу наряду с доминантностью обладает высокими эдификаторными свойствами, которые выражаются в ее способности сильно затенять почву, создавать кислую среду своими корневыми выделениями и при разложении мертвого органического вещества образовывать специфические для кислой среды подзолистые почвы. Вследствие высоких эдификаторных свойств ели под ее пологом могут жить только такие виды растений, которые способны мириться со скудным освещением (теневыносливые и тенелюбивые). В то же время под пологом елового леса доминантным видом может быть, например, черника, но она не является существенным эдификатором.

Видовую структуру обычно используют для оценки условий состояния экосистем по видам - *индикаторам* (от лат. указатель). Так, для лесной зоны кислица указывает на условия увлажнения, близкие к оптимальным, и значительное богатство почв питательными минеральными веществами; черника - на несколько избыточное увлажнение и некоторый дефицит элементов минерального питания; брусника - на дефицит увлажнения и почвенного плодородия; мхи (кукушкин лен и особенно сфагнум) - на чрезмерно избыточное увлажнение, дефицит минеральных веществ, недостаток кислорода для дыхания корней и наличие процессов торфообразования. Наряду с индикаторами меняется состав и других видов, произрастающих под пологом эдификаторов. По растениям-эдификаторам или доминантам и растениям-индикаторам обычно дают названия природным экосистемам. Например, лесоводы по ним определяют типы леса (например, ельники-кисличники, ельники-черничники и др.). По такому же принципу классифицируются и называются другие экосистемы. Например, для степей выделяются типчаково-ковыльные, злаково-разнотравные и другие системы.

**Виды экосистем.** Экосистема - сложный объект, при изучении которого используют методы системного анализа. Классификация таких сложных систем должна проводиться по различным основаниям, или признакам деления на классы. По пространственному масштабу выделяются экосистемы различного ранга: микроэкосистемы, мезоэкосистемы, макроэкосистемы и глобальная экосистема. Наименьший ранг имеют *микроэкосистемы*, примерами которых могут служить маленький водоем, труп животного с населяющими его организмами или ствол упавшего дерева в стадии биологического разложения, домашний аквариум и даже лужица или капля воды, пока в них присутствуют живые организмы, способные осуществлять круговорот веществ. Экосистемы промежуточного ранга называются *мезоэкосистемами* (лес, пруд, река и т.п.). *Макроэкосистемы* имеют большой пространственный масштаб и связаны с крупными географическими объектами, составляющими по размерам значительную часть земной поверхности (например, океан, континент и т.п.). Самый большой ранг имеет *глобальная экосистема*, эквивалентная биосфере Земли в целом. Таким образом, более крупные экосистемы включают в себя экосистемы меньшего ранга.

По характеру среды обитания сообществ живых организмов природные (естественные) экосистемы разделяют на *наземные* и *водные*, среди последних иногда выделяют пресноводные и морские экосистемы. Основные экологические свойства экосистем существенно зависят от различия условий среды обитания (географических, гидрографических, климатических, почвенных и др). Поэтому указанные виды природных экосистем разделяются в свою очередь на различные типы экосистем. В классе наземных экосистем выделяют тундровые, таежные, степные и др., а пресноводные экосистемы делят на озерные, речные, болотные и т.п.

Для удобства рассмотрения некоторых особенностей взаимодействия общества и природы в рамках изучаемой дисциплины по степени антропогенного воздействия на природную среду будем различать три следующих вида экосистем: природные, социоприродные и антропогенные. *Природные экосистемы*, рассмотренные выше, - это естественные экосистемы, при изучении которых не учитываются какие бы то ни было антропогенные воздействия. К *антропогенным* будем относить искусственные экосистемы, непосредственно и целенаправленно созданные

человеком для удовлетворения своих потребностей. Их удобно разделять на *техногенные и агроэкосистемы*. К техногенным относятся экосистемы, целенаправленно созданные для решения определенных задач охраны окружающей среды и природопользования, например, сложные очистные сооружения и комплексы биологической очистки сточных вод во многих крупных городах мира. *Агроэкосистемы* создаются практически во всех странах и предназначены для резкого повышения плодородия земель и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур на основе химизации и применения новых технологий сельскохозяйственного производства.

Под *социоприродными* понимаются экосистемы, которые формируются не в результате целенаправленной деятельности человека, а возникают опосредованно вследствие взаимодействия человеческого общества с природной средой. Неосознанная деятельность человека, связанная с удовлетворением его постоянно растущих потребностей, приводит к тому, что естественные экосистемы в окружающей его среде трансформируются (преобразуются) в социоприродные экосистемы, состоящие из живой и неживой природы и не природы, т.е. культуры. Особенностью рассмотрения социоприродных экосистем является включение в состав экосистемы человека как носителя культуры. Необходимость такого социоприродного подхода к рассмотрению экосистем в современной экологии обусловлена и тем, что человек в современных условиях стал геологической преобразующей силой, без учета которой невозможно разрабатывать стратегии устойчивого развития цивилизации и рационального природопользования.

Отношения организмов в биоценозах: трофическая (пищевая), топическое-пространственное расположение, форическое-по расселению и фабрическое-строительное.

.Типы биотических взаимоотношений: нейтрализм, аменсализм-одностороннее угнетение одного вида другим, комменсализм- одностороннее благоприятствование одного вида другому виду, конкуренция, ресурс- эксплуататор(жертва- хищник), мутуализм(симбиоз)- взаимное благоприятствование.

Экологическая сукцессия- последовательная смена одного биоценоза другим. Биоценоз формируется и изменяется в течение определенного времени. Различают два вида сукцессии: первичная и вторичная. Первичная сукцессия- формирование биоценоза на месте абсолютно лишенном жизни. Вторичная - формирование биоценоза на месте прежнего развитого биоценоза, разрушенного по какой-то причине. Например, после пожара леса или степи. Основными факторами сукцессии являются климат, почва, рельеф и др.

### **Структура сообщества**

Структурой сообщества называют соотношение различных групп организмов, различающихся по систематическому положению: по роли, которую они играют в процессах переноса энергии и вещества, по месту, занимаемому в пространстве, в пищевой, или трофической, сети, либо по иному признаку, существенному для понимания закономерностей функционирования естественных экосистем.

Видовая структура – один из важнейших признаков сообщества. Ее главными показателями являются число видов, то есть видовой состав, и количественное соотношение особей, то есть численность популяций. В сообществе, как правило, имеется сравнительно мало видов, представленных большим числом особей, или большой биомассой, и сравнительно много видов, встречающихся менее обильно.

При изучении сообществ наиболее многочисленным видам уделяется основное внимание. Однако редкие виды часто оказываются лучшими индикаторами (показателями) состояния среды. Их исчезновение позволяет сделать вывод о наличии загрязнений или иных неблагоприятных воздействий на экосистему. По общему числу видов и их соотношению судят о видовом разнообразии сообщества. Видовое разнообразие – признак экологического разнообразия: чем больше видов, тем больше экологических ниш, то есть выше богатство среды. Сообщества с большим видовым разнообразием являются более устойчивыми: чем разнообразнее видовой состав, тем шире возможность адаптации сообщества к изменившимся условиям, например к изменениям климата или других факторов.

Морфологическая структура – важный структурный признак сообщества, показывающий его пространственное сложение. Число жизненных форм, входящих в биоценоз, обычно гораздо

меньше общего числа образующих его видов. Но набор жизненных форм, занимающих разные экологические ниши, всегда закономерен для данного местообитания и гораздо лучше характеризует экологические условия в сообществе – как абиотические, так и биотические. По преобладающим (доминирующим) жизненным формам определяется принадлежность сообщества к тому или иному типу растительности (например, леса, луга, кустарники).

Совместное существование разных видов и жизненных форм в сообществе приводит к их пространственному обособлению. Это выражается в горизонтальном и вертикальном расчленении растительного сообщества (фитоценоза) на отдельные элементы, каждый из которых играет свою роль в накоплении и преобразовании вещества и энергии.

По вертикали растительное сообщество разделяется на ярусы – горизонтальные слои, толщи, в которых располагаются надземные или подземные части растений определенных жизненных форм. Ярусность особенно четко выражена в лесных фитоценозах, где насчитывается обычно пять-шесть ярусов: древесные ярусы (высоких и низких деревьев), кустарниковый (подлесок), травяно-кустарничковый, моховой (или лишайниковый), подстилка (опад листвы).

Ярусное строение фитоценоза дает растениям возможность более полно использовать ресурсы среды, прежде всего свет, тепло и влагу. Растения разных ярусов живут в разных условиях, что уменьшает конкуренцию и способствует увеличению видового разнообразия. Животное население биоценоза (зооценоз) «привязано» к растениям и также распределено по ярусам. Например, микрофауна почвенных животных наиболее богата в подстилке. Разные виды птиц строят гнезда и кормятся в разных ярусах – в траве, в кустарниках, в кронах деревьев. По горизонтали сообщество также расчленяется на отдельные элементы – микрогруппировки, расположение которых отражает неоднородность условий жизни. Пространственная структура сообщества является показателем имеющегося в данном местообитании разнообразия экологических ниш., богатства и полноты использования сообществом ресурсов среды, а также показателем относительной устойчивости сообщества.

Трофическая структура сообщества – экологический показатель пищевых взаимосвязей в нем. Любое сообщество можно представить в виде пищевой сети, то есть схемы всех пищевых, или трофических (от греч. трофо – питание), взаимосвязей между видами этого сообщества. Пищевая сеть (ее переплетения бывают очень сложными) обычно состоит из нескольких пищевых цепей, каждая из которых является отдельным каналом, по которому передаются и вещество, и энергия. Простой пример пищевой цепи дает следующая последовательность: растительность – питающееся растительностью насекомое – популяция хищного насекомого – насекомоядная птица – хищная птица. В этой цепи осуществляется однонаправленный поток вещества и энергии от одной группы организмов к другой.

Различные организмы занимают разное положение (в сообществе) относительно основного источника поступающей энергии. В этих случаях говорят, что организмы располагаются на разных трофических уровнях, характеризующих положение каждого организма в пищевой цепи. Лишь зеленые растения способны фиксировать световую энергию при фотосинтезе и использовать простые неорганические вещества для образования из них органических веществ, необходимых для построения своего тела. Такие организмы называются автотрофами (от греч. авто – сам и трофо – питание, то есть самопитающиеся) или первичными продуцентами (производителями).

Автотрофы занимают первый трофический уровень и являются важнейшей частью сообщества, потому что практически все остальные организмы, входящие в его состав, прямо или косвенно зависят от снабжения веществом и энергией, запасенными растениями. На суше автотрофы – это обычно крупные растения с корнями, тогда как в водоемах их роль берут на себя многочисленные микроскопические водоросли, парящие в толще воды (фитопланктон).

Все остальные организмы, занимая последующие трофические уровни, относятся к гетеротрофам (от греч. гетеро – разный), питающимся готовыми органическими веществами. Гетеротрофы разлагают, перестраивают и усваивают сложные органические вещества, созданные первичными продуцентами. Интенсивная гетеротрофная деятельность сосредоточена в тех местах, где скапливается органическое вещество, – в почве и иле.

Гетеротрофные организмы подразделяются на консументов (потребителей) и редуцентов (разлагателей). Также гетеротрофов подразделяют на макро- и микроконсументов.

Макроконсументы (буквально – крупные потребители) представляют собой главным образом консументов - животных, которые пожирают другие организмы или измельченные органические вещества. Микроконсументы представлены в основном грибами и бактериями, разлагающими сложные составные компоненты мертвой цитоплазмы, доводя их до простых органических соединений, которые в последующем могут быть использованы продуцентами. Итак, состав трофической сети отражает число трофических уровней, соотношение продуцентов, консументов и редуцентов.

### **Взаимосвязь организмов в природе**

Ни один организм в природе не существует вне связей со средой и другими организмами. Эти связи - основное условие функционирования экосистем. Через них осуществляется образование цепей питания, регулирование численности организмов и их популяций, реализация механизмов устойчивости систем и другие явления. В процессе взаимосвязей происходит поглощение и рассеивание энергии и в конечном счете осуществляются средообразующие, средоохраняющие и средостабилизирующие функции систем. Подобные экосистемные связи обусловлены всем ходом эволюционного процесса. По этой причине и любое их нарушение не остается бесследным, требует длительного времени для восстановления. В связи с этим экологически обусловленное поведение человека в природе невозможно без знакомства с этими связями и последствиями их нарушения. Целесообразно выделять взаимосвязи и взаимоотношения организмов в природе (экосистемах) как различные понятия.

Взаимодействие живых организмов с компонентами биосферы ( литосферой, атмосферой, гидросферой) происходит путем обмена, питания, дыхания, выделения продуктов метаболизма. Все организмы неодинаковы с точки зрения ассимиляции ими веществ и энергии. Растения используют солнечную энергию, осуществляя процесс фотосинтеза, а животные потребляют органические вещества, созданные растениями - фотосинтетиками.

Область взаимодействия живых организмов с элементами неживой природы, как известно, называется биосферой.

Следовательно / в результате многообразных процессов взаимодействия живого организма и окружающей среды последняя не остается по отношению к организму инертной и независимой от него.

Закономерный направленный процесс изменения сообществ в результате взаимодействия живых организмов между собой и окружающей их абиотической средой называется сукцессией. В природе каждый живой организм живёт не изолированно. Его окружает множество других представителей живой природы. И все они взаимодействуют друг с другом. Взаимодействия между организмами, а также влияния их на условия жизни представляют собой совокупность биотических факторов.

Биотические факторы – это совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на другие.

Среди них обычно выделяют:

1. Влияние животных организмов (зоогенные факторы)
2. Влияние растительных организмов (фитогенные факторы)
3. Влияние человека (антропогенные факторы)

Действие биотических факторов может рассматриваться как действие их на среду, на отдельные организмы, населяющие эту среду, или действие этих факторов на целые сообщества.

### **Контрольные вопросы:**

2. Что изучает экология?
3. Какие научные направления в экологии вам известны?
4. Что такое экологические факторы? Какие группы экологических факторов вам известны?

5. Какие среды обитания организмов вам известны?
6. Какие виды конкуренции вам известны?
7. Что такое место обитания?
8. Что такое пищевая цепь?
9. Какие экологические сообщества вам известны?
10. В чем различия между биоценозом и экосистемой?
11. Какие вы знаете биоценозы и экосистемы?
12. Какие организмы называются автотрофами?
13. Какие организмы относятся к гетеротрофам?

## **Тема Биосфера – глобальная экосистема**

### **План:**

- 1. Состав и границы биосферы**
- 2. Роль биосферы (живого вещества) на Земле**
- 3. Классификация функций живого вещества из которого состоит биосфера**

**Биосфера** – особая оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть веществ планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами.

Биосфера включает:

- живое вещество;
- биогенное вещество;
- косное вещество;
- биокосное вещество;
- радиоактивное вещество;
- вещество космического происхождения;
- рассеянные атомы.

Представление Вернадского об организованности биосферы – согласованное взаимодействие живого и неживого.

Представление о её возникновении и развитии: биосфера возникла в результате эволюции.

По-видимому, первыми были анаэробные бактерии.

1. Формирование литосферы
2. Никогда не наблюдались периоды, лишённые жизни
3. Живые организмы.
4. Их количество бесконечно велико и действуют они бесконечно длительное время
5. Движущий фактор – биохимическая энергия живого вещества

### Состав и границы биосферы

Жан Батист Ламарк (1744 год – 1783 год) – термин «биосфера».

Вернадский В. И. (1926). Биосфера - поверхностная оболочка Земли, созданная и преобразуемая деятельностью живых организмов.

Строение биосферы:

- Атмосфера до высоты 25 км (озоновый слой)
- Гидросфера на всю толщу (11 км)
- Литосфера до глубины 5 км (температурный барьер +105°C)

Характерные черты биосферы:

- Наличие вещества в трех агрегатных состояниях – жидком, твердом и газообразном.
- Наличие большого количества воды в свободной форме.
- Наличие большого количества энергии, как солнечного, так и земного происхождения.

Основные компоненты биосферы:

- Живое вещество – вся сумма живых организмов, находящихся на планете в данный исторический период.

- Биогенное вещество – органическое или органо-минеральное вещество, созданное организмами далекого прошлого и представленное в виде каменного угля, горючих сланцев, горючих газов, торфа, сапропеля, нефти.

- Биокосное вещество – неорганические вещества, преобразованные деятельностью организмов (вода, воздух, железная и марганцевая руды).

Термин «Биосфера» был впервые введен в литературу австрийским геологом Э.Зюссом для обозначения всего того пространства атмосферы, гидросферы и литосферы, где обитают живые организмы. Целостное учение о биосфере было создано академиком В.И.Вернадским (1863 – 1945 гг.), который определил биосферу как область существования и функционирования *живого вещества* – совокупности всех живых организмов на планете. В учении В.И.Вернадского впервые была раскрыта роль живых организмов в процессах планетарного масштаба, показано, что живые организмы и продукты их жизнедеятельности являются наиболее мощной геологической силой, играющей первостепенную роль в механизмах разрушения горных пород, круговорота веществ, изменения водной и воздушной оболочек планеты, эволюции верхних слоев литосферы.

Наряду с живым веществом, В.И.Вернадский выделил еще несколько категорий вещества в биосфере. Живому веществу противопоставляется *косное вещество* – все геологические образования, не входящие в состав живых организмов и не созданные ими. Примеры косного вещества – гранит, кварц и тому подобные. Геологические породы, созданные в результате деятельности живого вещества, относятся к веществу *биогенному* (известняк, каменный уголь, и пр.). В отдельную категорию выделяется *биокосное вещество*, представляющее собой комплекс взаимодействующих живого и косного вещества, примерами которого являются почвы, природные воды.

Живое вещество составляет примерно 0,01% от всей массы биосферы, но благодаря высокой химической и геологической активности, именно оно является основой биосферы, состав которой определяется совокупной деятельностью живых организмов в настоящем и прошлом.

Современная биосфера охватывает пространство, в котором живые организмы обитают в настоящее время. В то же время безжизненные скопления органических веществ и других соединений, образовавшихся при участии живых организмов в прежние геологические эпохи (залежи каменного угля, нефти, горючих сланцев, рудные образования, известняки и т.д.), относят к так называемым былым биосферам.

Биосфера включает нижнюю часть атмосферы (аэриобиосферу), всю гидросферу (гидробиосферу) – океаны, моря, поверхностные воды суши, террабиосферу – поверхность самой суши, а также литосферу (литобиосферу) – верхние горизонты твердой земной оболочки. В пределах биосферы выделяют две категории слоев: собственно биосферу, где живое вещество локализовано постоянно (эубиосферу), а также расположенные выше и ниже ее соответственно парабиосферу и метабиосферу. В эти слои живые организмы могут попадать лишь случайно. Общая протяженность эубиосферы по вертикали – 12-17 км, хотя у разных авторов эти оценки несколько варьируют.

Верхней границей биосферы (включая парабиосферу) является озоновый экран (или слой).

Озоновый экран (озоносфера) – это слой атмосферы в пределах стратосферы, расположенный на разной высоте от поверхности Земли и имеющий наибольшую плотность (концентрацию молекул) озона на высоте 22-26 км.

Высота озонового слоя у полюсов оценивается в 7-8 км, у экватора – 17-18 км, а максимальная высота присутствия озона – 45-50 км. Выше озонового экрана существование жизни без специальной защиты невозможно из-за жесткого ультрафиолетового излучения Солнца.

Метабиосфера не опускается ниже 10-15 км, а нижней границей эубиосферы считаются донные отложения океана и верхние горизонты литосферы, подвергавшиеся ныне (или подвергавшиеся в прошлом) воздействию живых организмов. К биосфере, например, относятся некоторые полезные ископаемые, в частности каменный уголь – продукт фотосинтеза растений в прошлые геологические эпохи. С учетом протяженности всех названных слоев по вертикали общая мощность биосферы оценивается в 33-35 км.

Процессы, протекающие в биосфере и обеспечивающие ее функционирование как глобальной экосистемы, связаны с активным обменом веществом и энергией между ее



компонентами. В этой связи важное значение имеют особенности физико-химической среды биосферы, такие как значительное содержание в ней жидкой воды, наличие многочисленных поверхностей раздела между твердыми, жидкими и газообразными фазами, и наконец, мощный поток солнечной энергии, проходящий через биосферу.

#### Роль биосферы (живого вещества) на Земле

- Захват и создание запасов солнечной энергии в процессе фотосинтеза
- Создание органического вещества и его перенос по планете
- Концентрация химических элементов
- Отложение органического вещества на длительный период (известняки, мел, каменный уголь, нефть, и так далее)
- Окислительно-восстановительная активность (анаэробные и аэробные организмы)
- Создание почвы и ее плодородного слоя
- Санитарно-очистительная функция (разложение мертвых органических остатков)

#### Концентрация химических элементов организмами

Химические элементы	Содержание химического элемента в атмосфере, гидросфере, литосфере, %	Содержание химического элемента в телах организмов, %	
		Растения	Животные
Углерод	0,18	3,00	18,00
Азот	0,03	0,28	3,00
Кислород	50,02	79,00	65,00
Водород	0,95	10,00	10,00

Живое вещество – все количество живых организмов планеты как единое целое.

Ключевую роль во всех биосферных процессах играют живые организмы и сущность этих процессов раскрывается через функции живого вещества в биосфере, обусловленные его специфическими свойствами. К таким свойствам следует отнести способность быстро осваивать свободное пространство, способность к активному движению (против действующих сил), высокую приспособительную способность организмов к различным условиям, устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти, феноменально высокие скорости биохимических реакций в живых организмах и высокую скорость обновления живого вещества в биотическом круговороте. Все эти свойства живого вещества проистекают из концентрации в нем больших запасов энергии.

Современная классификация функций живого вещества из которого состоит биосфера (по А.В.Лапо) выделяет десять основных функций.

1. *Энергетическая функция* связана с запасанием энергии в процессе фотосинтеза, передачей ее по цепям питания, и рассеиванием.
2. *Газовая функция* проявляется в способности изменять и поддерживать определенных газовый состав среды обитания и атмосферы в целом.
3. *Окислительно-восстановительная функция* выражается в интенсификации под влиянием живого вещества процессов окисления и восстановления.
4. *Концентрационная функция* заключается в способности живых организмах концентрировать в своем теле рассеянные химические элементы, поглощаемые из среды.
5. Противоположная по результатам *рассеивающая функция* проявляется через питательную и транспортную деятельность организмов.
6. *Деструктивная функция* состоит в разрушении организмами и продуктами их жизнедеятельности, в том числе после их смерти, как мертвого органического вещества, так и косных веществ.
7. *Транспортная функция* выражается в переносе вещества в результате активной формы движения.

8. *Средообразующая функция* является результатом совместного действия других функций и состоит в преобразовании физико-химических параметров среды в условия, благоприятные для существования живых организмов.

9. *Средорегулирующая функция* – исключительно точной биотической регуляцией окружающей среды. Она задается высокой степенью замкнутости биотического круговорота – равенством скоростей синтеза и распада органических веществ.

10. *Информационная функция* живого вещества биосферы. Именно с появлением первых примитивных живых существ на планете появилась и активная («живая») информация, отличающаяся от той «мертвой» информации, которая является простым отражением структуры. Организмы оказались способными к получению информации путем соединения потока энергии с активной молекулярной структурой, играющей роль программы. Способность воспринимать, хранить и перерабатывать молекулярную информацию совершила опережающую эволюцию в природе и стала важнейшим *экологическим системообразующим фактором*.

Распределение живого вещества по планете

Показатель	Суша	Океан
Площадь	149 x 109 км <sup>2</sup> (29%)	361 x 109 км <sup>2</sup> (71%)
Биомасса	2420 x 109 т (99,87%)	3,2 x 109 т (0,13%)
Растения	99,2%	6,3%
Животные	0,8%	93,7%

Энергетическая функция – основа фотосинтез, отсюда обеспечение всех жизненных процессов на Земле

Газовая функция – формирование газового состава биосферы

Концентрационная функция – накопление и извлечение живыми организмами биогенных элементов из окружающей среды, отсюда использование для построения тела

Окислительно-восстановительная функция – химическое превращение веществ

Деструкционная функция – разложение остатков мертвых организмов, отсюда превращение живого вещества в косное

Продуктивность различных экологических систем различна. Зависит от климатических факторов -> обеспеченности теплом и влагой.

- Низкая продуктивность – 0,1...0,5 г/м<sup>2</sup> в сутки характерна для зоны пустынь и для арктического пояса

- Средний уровень продуктивности – 0,5 ... 3 г/м<sup>2</sup> в сутки характерен для тундры, лугов, полей и некоторых лесов умеренной зоны

- Высокий уровень продуктивности – более 3 г/м<sup>2</sup> в сутки характерен для экосистем тропических лесов, для пашни, морских мелководий.

Продуценты – производители продукции, которой потом питаются все остальные организмы (наземные зеленые растения)

Консументы – потребители органических веществ

Редуценты (деструкторы) – восстановители. Возвращают вещества снова в неживую природу, разлагая органику.

### **Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение биосферы?
2. Где проходят границы биосферы?
3. Какие организмы способны достигать границ биосферы и почему именно они?
4. Как соотносятся биомассы суши и биомассы Мирового океана?

### **Тема Основы рационального природопользования**

**План:**

- 1. Сущность и основные виды природопользования**
- 2. Общие принципы рационального использования**
- 3. Рациональное использование водных ресурсов**
- 4. Основные направления по рациональному использованию и охране недр**
- 5. Рациональное использование, воспроизводство и охрана лесов России**

### **1. Сущность и основные виды природопользования**

Понятие «природопользование» вошло в научный оборот в конце 60-х гг., когда стал значительно усиливаться интерес к природоохранным проблемам, проблемам взаимоотношения природы и общества.

Д. Михайлов считает, что только существо антропогенного воздействия на природу и ответной реакции на него природы и составляет неделимый процесс природопользования. Под природопользованием он понимает не только использование природных благ, но и характер, масштабы и последствия воздействия человека на природу.

В зависимости от характера управления процессом природопользования, его типов и последствий, им вызываемых можно говорить о плановом и стихийном, рациональном и нерациональном, пассивном и активном природопользовании и т. д.

Под природопользованием понимают возможность использования человеком полезных свойств окружающей природной среды – экологических, экономических, культурных и оздоровительных. Отсюда содержание природопользования включает три его формы: экономическая (ведущая), экологическая и культурно-оздоровительная. Формы природопользования осуществляется в двух видах общего и специального природопользования.

Общее природопользование не требует специального разрешения. Оно осуществляется гражданами на основе принадлежащих им естественных (гуманитарных) прав, существующих и возникших как результат рождения и существования (пользование водой, воздухом и т. д.).

Специальное природопользование осуществляется физическими и юридическими на основании разрешения уполномоченных государственных органов. Оно носит целевой характер и по видам используемых объектов, подразделяется на землепользование, пользование недрами, лесопользование, водопользование, пользование животным миром (дикими животными, птицами, рыбными запасами, использование атмосферного воздуха). Специальное природопользование связано с потреблением природных ресурсов. В этой части оно соотносится через правовое регулирование с отраслями природоресурсных законов Российской Федерации: Земельный кодекс, Закон о недрах, Закон об использовании и охране животного мира, Закон об охране атмосферного воздуха.

А. Шейнгауз считает, что природопользование – это практическая деятельность, связанная либо непосредственным использованием природных ресурсов и условий территориальных комплексов, либо воздействием на них, которые заключаются не только в вовлечении этих ресурсов и усилий в экономики эффективное производство, но и предусматривает их восстановление и преобразование. Природопользование понимается, как открытая система, возникающая на пересечении мегасистем (систем первого порядка) «природа» и «общество». Системами второго порядка выступают биосфера, гидросфера, атмосфера и литосфера, для общества – социальная и хозяйственная сферы. (Шейнгауз 1984 г.)

Природопользование заключается в использовании человеческих ресурсов, компонентов природных процессов в целях функционирования общественных сфер и выступает в виде канала связи между двумя мегасистемами.

Рациональное природопользование – это система взаимодействия общества и природы, построенная на основе научных законов и в наибольшей степени отвечающая задачам как развития производства, так и сохранения биосферы.

### **2. Общие принципы рационального использования**

#### **2.1 Планирование и прогнозирование использования природных ресурсов**

Управление природопользованием предполагает рациональное расходование природных ресурсов и основано на планировании и прогнозировании их потребления. В природопользовании можно рассмотреть два уровня управления:

Управление природными системами,

Управление природопользователями (управление охраной окружающей среды и рационализацией использования природных ресурсов).

Управление природными системами может быть «жестким» и «мягким», а управление природопользователями – командно-административным и экономическим.

Примером «жесткого» управления может служить сплошное вырубка лесов и освоение целинных земель без соблюдения правильной агротехники, «мягкого» - выборочная вырубка и использование научно обоснованных агроприемов, способных самовосстановлению лесных богатств и плодородия почвы. Эти уровни управления взаимосвязаны между собой - первый уровень управления основывается на изучении и использовании естественных законов, в частности, экологических и осуществляется через второй уровень, опирается на юридические и экономические законы.

Природные ресурсы – это совокупность естественных тел и явлений природы, которые использует человек в своей деятельности, направленных на поддержание своего существования.

## 2.2 Основные положения рационального природопользования

Совершение ресурсных циклов базируется на ряде обычных принципов, на основе которых строится природопользование в любой отрасли производства.

К ним относятся принцип системного подхода, который предусматривает всестороннюю комплексную оценку воздействия производства на среду и её ответных реакций.

С позиции системного подхода ни один природный ресурс не может использоваться или охраняться независимо друг от друга. Так, например, повышение плодородия почв за счет орошения с помощью оросительных систем может привести к истощению водных ресурсов, которые необходимо предвидеть и предупредить.

Сбросы отходов в реку должны оцениваться не только по воздействию их на рыбу, но и на биохимию данного водного объекта и на всю систему водоснабжения района, где протекает эта река, включая тот водоём или водоток, куда эта река впадает.

Принцип оптимизации природопользования заключается в принятии наиболее целесообразного решения в использовании природных ресурсов и природных систем, на основе одновременного экологического и экономического подхода, прогноза развития различных отраслей и географических регионов. В соответствии с этим принципом целесообразным является перемещение некоторых лесоперерабатывающих предприятий в восточные районы страны, ближе к запасам сырья, что снижает нагрузку на истощенные запасы древесины в Европейской части России.

Открытые карьерные способы разработки полезных ископаемых имеют ряд преимуществ перед шахтной добычей по степени максимального использования сырья, но приводят к утрате плодородия почв. Оптимальным при этом является сочетание открытых разработок с рекультивацией земель и восстановлением их плодородия.

Принцип опережения темпов заготовки и добычи сырья темпами выхода полезной продукции основан на снижении количества образующихся отходов в процессе производства, т.е. на более полном использовании одного и того же количества исходного сырья. Он предлагает прирост продукции не за счет вовлечения в использование новых масс природных ресурсов, а за счет более полного использования путем ресурсосбережения и совершенствования технологического процесса.

Принцип гармонизации отношений природы и производства решается на создании и эксплуатации природно-технических, геотехнических или эколого-экономических систем, представляющие собой совокупность какого-либо производства и взаимодействующих с ним элементов природной среды и обеспечивающих, с одной стороны, высокие производственные показатели, а с другой – поддерживание в зоне своего внимания благоприятной экологической обстановки, максимально возможное сохранение и воспроизводство естественных ресурсов. В таких системах предусматривается прогнозирование нежелательных и опасных ситуаций, а также реализации мер по их предотвращению. Система имеет службу управления, задачей которой является своевременное выявление возможных вредных воздействий и внесение необходимых коррективов в тот или иной компонент системы (производство или окружающую среду). Если

обнаружено ухудшение состояния окружающей среды, служба управления принимает решение о необходимости остановить производственный процесс, уменьшив при этом объемы выбросов и сбросов.

Своевременное и точное обнаружение опасных ситуаций достигается непрерывным сбором информации о состоянии окружающей среды. С помощью наблюдений за её изменениями, вызванными антропогенными причинами, что позволяет прогнозировать их развитие.

Такие системы носят название мониторинга (от греческого «монитор» – вперёдсмотрящий). Самые простые функции этих систем заключаются в контроле загрязнения воздуха, почвы, воды, в наблюдениях за состоянием живых организмов, а непосредственно на предприятии – в контроле стоков и пылегазовых выбросов. Получаемая информация анализируется руководством предприятия, принимающим необходимые технические решения.

Принцип комплексного использования природных ресурсов и концентрации производства заключается в том, что на базе имеющихся в данном экономическом районе сырьевых и энергетических ресурсов создаются территориально-производственные комплексы, которые позволяют более полно использовать указанные ресурсы, и тем самым снизить вредную нагрузку на окружающую среду. Такие территориально-производственные комплексы имеют специализацию, сконцентрированы на определенной территории, обладают единой производственной и социальной инфраструктурой (коммуникациями, потоками вещества и энергии, системой здравоохранения, сферой культуры) и совместными усилиями обеспечивают охрану окружающей среды.

### **3. Рациональное использование водных ресурсов**

Рациональное использование водных ресурсов и их охрана как составная часть охраны окружающей природной среды представляет собой комплекс мер (технологические, биотехнические, экономические, административные, правовые, международные, просветительные) направленных на рациональное использование ресурсов, их сохранение, предупреждение истощения, восстановление природных взаимосвязей, равновесия между деятельностью человека и среды. Важными принципами рационального использования водных ресурсов являются:

Профилактика – предотвращение негативных последствий возможностей истощения и загрязнения вод,

Комплексность водоохраняемых мер - конкретные водоохраняемые меры должны быть составной частью общей природноохраняемой программы,

Повсеместность и территориальная дифференцированность охранных мер,

Ориентированность на специфические условия, источники и причины загрязнения,

Научная обоснованность и наличие действующего контроля над эффективностью водоохраняемых мероприятий.

#### **3.1 Рациональное использование поверхностных вод**

К поверхностным водам должны применяться в самой жесткой форме все меры рационального их использования. Поверхностные воды являются основным источником питьевых вод, связующим звеном с подземными водами, в них сосредоточены запасы рыбных ресурсов и т. д. Среди мер по регулированию качества и ресурсов поверхностных вод и их рациональному использованию должны доминировать профилактические меры (предотвращение попадания загрязняющих веществ в водоёмы и реки). Это переход на безотходные технологии в промышленности и сельском хозяйстве, жесточайшая очистка сточных вод.

Мероприятия по рациональному использованию и охраны вод, морей и Мирового океана заключается в устранение причин ухудшения качества и загрязнения вод.

Проблема охраны вод Мирового океана является глобальной, она касается всей планеты. Для их рационального использования и охраны необходимы совместные усилия всех государств мирового сообщества ООН и её подразделений. В значительной степени такие меры могут иметь успех при участии государств в международных природоохраняемых программах, которые предусмотрены международными соглашениями, разработаны и предлагаются соответствующими конвенциями.

#### **3.2 Рациональное использование подземных вод**

Рациональное использование подземных вод является наиболее ценным, а в некоторых районах и единственным источником питьевого водоснабжения. Благодаря естественной защищенности от поверхностного загрязнения они имеют стратегическое значение для крупных городов и промышленных центров как источник чистой питьевой воды при экологических катастрофах.

Мероприятия по рациональному использованию и охране подземных вод от истощенности и загрязнения подразделяются на профилактические и специальные, на общие и конкретные.

К профилактическим мерам относят следующие:

Тщательный выбор места расположения строящегося объекта, при котором антропогенное воздействие на подземные воды будет минимальным,

Соответствующее оборудование зон санитарной охраны (ЗСО) и соблюдение режима хозяйственной деятельности в их пределах,

Учет степени защищенности при использовании наземных вод,

Соблюдение режима эксплуатации, который определен нормативными документами и экспертизой государственной комиссии по запасам (ГКЗ),

Организация и ведение мониторинга подземных вод.

Специальные меры по рациональному использованию и охране подземных вод от загрязнения направлены на изоляцию источников и очагов загрязнения, перехват загрязненных вод. При истощении вод применяются меры искусственного пополнения и увеличения питания подземных вод, необходимо: утилизация шахтных и дренажных вод, которые в случае сбрасываются без применения уменьшения использования пресных вод на технические нужды, бережное расходование воды, уменьшение потерь при её транспортировке и распространении.

Таким образом, и охрана поверхностных вод, и рациональное использование и охрана подземных вод включает практически одинаковые общие (строгое соблюдение законодательных актов, уменьшение промышленных отходов, создание безотходного производства) и конкретные меры (многократное использование вод, строительство очистных сооружений, соблюдение правил при разведки подземных вод, строительстве и эксплуатации водозаборов). Важным элементом рационального использования и охраны водных ресурсов планеты является мониторинг.

#### **4. Основные направления по рациональному использованию и охране недр**

Под охраной недр понимается научно обоснованное рациональное и бережное использование полезных ископаемых, максимально полное, технически доступное и экономически целесообразное их извлечение, переработка, использование, утилизация отходов, ликвидация урона нанесенные природным ландшафтам.

Основными мероприятиями по охране недр на стадии добычи минерального сырья сводятся к совершенствованию технологии его разведки, расчета запасов к применению ряда прав и экономических механизмов. Основные мероприятия по охране недр базируются на ресурсосбережении: предотвращение потерь и добыче, транспортировке полезных ископаемых, при их обогащении и переработке, использование готовой продукции. В мероприятия по охране недр входит комплексное использование ресурсов, которое предусматривает более полное извлечение сопутствующих компонентов при добыче полезного ископаемого. Отмена системы валовой выемки, своевременное разделение руд по сортам во время добычи способствуют сохранности ценных компонентов сырья и дают большой экономический эффект.

Таким образом, основополагающие принципы рационального использования и охраны недр служат возможное ослабление ущерба от разведки и разработки минеральных ресурсов рационального использования и бережное использование сырья, а по окончании работ – рекультивация ландшафтов. Во многих развитых странах за основу рациональной эксплуатации недр принимаются конъюнктурные экономические интересы. Это приводит к тупиковым ситуациям, что важно учитывать при использовании недр в нашей стране.

#### **5. Рациональное использование, воспроизводство и охрана лесов России**

Основная задача охраны лесов – это рациональное их использование и воспроизводство. К первоочередным мерам по выполнению этой задачи относятся:

Научно обоснованный расчет и распределение лесосечного фонда,

Экономное расходование древесины,

Воспроизводство и повышение продуктивности лесов,  
Защита от пожаров, вредителей и других неблагоприятных факторов.

### 5.1 Распределение лесосечного фонда и нормирование рубок

При правильном ведении лесного хозяйства рубки на отдельных участках должны повторно проводиться через 80-100 лет, когда лес достигнет полной степени спелости. Расчеты показывают, что ежегодно можно вырубать 1500 млн. куб. м древесины. Заготавливается менее ¼ расчетной лесосеки. Благополучно обстоит дело только в лесах третьей группы. Что касается лесов центральных, южных и западных районов России (леса второй группы), то они сильно оскудели в результате избыточной изрубки. Рубка лесов, превышающая расчетную лесосеку, к сожалению, продолжается в густонаселенных центральных, западных и южных областях европейской части России. Значительное превышение вырубок над приростом привело к тому, что леса на больших площадях потеряли свое климато- и водорегулирующее значение.

Все сказанное позволяет заключить, что для охраны лесов важно строгое научное нормирование.

Неправильная эксплуатация лесов на протяжении длительного времени привела к тому, что в европейской части России возросла доля мелколиственных насаждений за счет снижения доли хвойных, а вторичные леса составляют около 40 млн. га. Перерубки приводят к существенному уменьшению запасов спелых насаждений, поэтому в целях правильного распределения лесосечного фонда для каждого района устанавливаются научно обоснованные нормы рубки. Они учитывают разнообразное значение лесов и фактическую возможность их освоения. Недопустимы рубки неспелого леса, уменьшающие выход древесины, и перестой лесов. Перестойные леса – источник распространения вредителей и болезней, снижающих качество древесины.

### 5.2 Борьба с потерями древесины

Немаловажное значение в сохранности лесов имеет их бережное использование. К сожалению, потери древесины при заготовке, транспортировке и использовании достигают таких размеров, каких не допускает в отношении своего сырья ни одна отрасль промышленности. Наибольшие потери происходят при заготовке древесины. На местах рубок остается много ветвей и хвои, которые могут использоваться для приготовления хвойной муки – основы витаминных и протеиновых концентратов для сельскохозяйственных животных. Кроме хвойной муки из отходов получают эфирные масла.

Немало древесины теряется в результате недорубов при условно-сплошных рубках. При этом лесосечный фонд используется не полностью: на лесосеках сохраняются больные деревья и малоценные лиственные породы, захламняющие лес, способствующие смене растительности и размножению вредителей.

Ежегодно теряется несколько миллионов кубометров древесины на лесосплаве. Затонувшие бревна накапливаются в руслах рек, мешают судоходству и наносят ущерб рыбному хозяйству. Нерациональный молевой сплав (без объединения в плоты) запрещен.

### 5.3 Воспроизводство и повышение продуктивности лесов

Одним из важнейших условий сохранения лесных ресурсов является своевременное воспроизводство лесов. Мероприятия по посадке и выращиванию лесов вместе с научно обоснованным расчетом и размещением лесосечного фонда составляют основу их охраны. Неэффективность воспроизводства леса часто объясняется прекращением самосева, уничтожением подроста, разрушением почвы при рубки леса и транспортировке древесины. Положительно на воспроизводстве леса сказывается очистка лесосек от ветоши (ветвей, частей стволов, коры, остающейся после рубки). Если ветошь нельзя использовать, её надо сжигать.

Большую роль в воспроизводстве леса играет лесоосушительная мелиорация, введение почвоулучшающих древесных, кустарниковых и травянистых растений, использование удобрений, рациональная обработка почв, улучшение микроклимата, с помощью системы рубок главного и промежуточного пользования.

Мелиорация лесов способствует их быстрому росту и улучшению качества древесины, состава травянистой растительности, а также позволяет включить площади осушенных лесов в

хозяйственный оборот. Продуктивность лесных насаждений повышается биологической мелиорацией за счет посева люпина многолетнего в междурядья посадок сосны, ели, дуба.

Важное значение имеют работы по облесению вырубок, на которых естественного возобновления леса не происходит. Здесь производится рыхление почвы, подсев семян или посадка молодых деревьев, выращенных в питомниках, прополка, охрана молодых деревьев. Восстанавливают леса на гарях, поляна и других участках лишенных леса.

Продуктивность леса зависит от ухода за ним. Санитарные рубки – по существу, метод массовой селекции (отбора) деревьев по составу пород, форме крон и стволов, качеству древесины и скорости роста.

В настоящее время усилия специалистов сосредоточены на сокращении сроков выращивания ценных лесных пород. Для этого используются достижения селекции, опыт интродукции и акклиматизации деревьев. Большие масштабы принимает у нас работа по реконструкции лесов, внедрению в них высокопродуктивных древесных пород. Замене малоценных мелколиственных хвойными.

#### 5.4 Борьба с лесными пожарами

Лесные пожары наносят огромный ущерб лесным ресурсам, полностью или частично уничтожая лесной биоценоз. Поврежденный пожаром лес теряет свои охранные, защитные и другие полезные свойства. В результате происходит массовое размножение вредных насекомых, лес поражается грибковыми заболеваниями. На лесных гарях, как и после рубки, развивается иной тип растительности, что приводит к смене фауны. В поврежденном лесу угнетается охотничье-промысловая фауна и побочная продукция леса (грибы, ягоды и т.д.).

Главная причина лесных пожаров – небрежное обращение человека с огнем (костры, горящие спички, тлеющие пыжи и окурки).

Борьбе с пожарами в России придается важное государственное значение. Разработана система мер, которая подразделяется на три группы: предупредительную, дозорно-сторожевую службу и борьбу с огнем. К предупредительным мерам относятся противопожарная техническая пропаганда среди населения, чистка лесосек, предупреждение и ликвидация захламленности леса, противопожарное устройство лесов. Создаются противопожарные просеки и дороги пожарного назначения, пропахиваются полосы рвы.

Дозорно-сторожевая служба необходима для своевременного обнаружения очагов пожара. Она занимается регулярными обходами леса, наблюдениями с противопожарных вышек, самолетов и вертолетов, что особенно важно в слабозаселенных районах.

Непосредственная борьба с огнем проводится различными методами. Применение современной техники значительно повысило её эффективность. Для ликвидации пожаров используют пожарные самолеты, парашютистов-пожарных и бригады, организованные из местного населения. В ряде лесных районов созданы пожарные станции со специальными машинами и техническим оснащением.

#### 5.5 Защита лесов от вредителей и болезней

К основным вредителям лесов относятся разнообразные насекомые, грибки, грызуны. Они приносят большой вред. Размножение насекомых-вредителей охватывает огромные территории.

Экономический ущерб, наносимый лесу вредителями и возбудителями болезней, нередко превышает урон от лесных пожаров. К важнейшим методам по предупреждению и ликвидации вредителей и болезней леса относятся: физико-механические, химические, биологические, а также специальные лесохозяйственные мероприятия.

Физико-механические методы борьбы сводятся к прямому сбору и уничтожению вредных насекомых на различных стадиях развития. Разработаны способы борьбы с сумеречными ночными насекомыми при помощи световых ловушек и ультразвука. Применяют простейшие механические приспособления приманки, ловчезаградительные канавки или производят сбор насекомых вручную. Эти методы имеют ограниченное распространение на небольших площадях в отношении особо опасных вредителей.

Химический метод борьбы состоит в уничтожении вредителей ядохимикатами (пестицидами). Он прост, эффективен, относительно дешев и с применением авиации может



использоваться на обширных территориях. Ядовитые вещества в виде порошка, мелких капель или аэрозолей разбрасывают на зараженную площадь ручного аппарата.

По характеру действия ядохимикаты делятся на три группы: фумигаты, контактные, кишечные. Первая группа воздействует на органы дыхания насекомых. Контактные, или наружные, яды убивают насекомых, попадая на поверхность тела, кишечные или внутренние, действуют на вредителей, проникая в пищеварительную систему вместе с пищей. Уничтожение мышевидных грызунов обычно проводится путем разбрасывания отравленных приманок.

Биологический метод основан на уничтожении вредителей их естественными врагами. Для этого используют хищных и паразитических насекомых (насекомых-энтомофагов), хищных клещей и нематод, болезнетворные микроорганизмы (вирусы, грибки, бактерии), птиц, земноводных, пресмыкающихся и зверей.

С точки зрения охраны природы биологические методы перспективны и заслуживают наибольшего внимания, однако их успешное применение требует хорошего знания межвидовых и внутривидовых взаимоотношений в биоценозах и экологических особенностей их компонентов.

Биологический метод борьбы с вредителями дешев, безвреден и эффективен. Его следует сочетать с другими методами, чтобы вместе они представляли единую систему защиты лесов.

Лесохозяйственные мероприятия состоят в подборе здорового посадочного и посевного материала, выращивании насаждений стойких против вредителей и болезней, поддержании насаждений в здоровом состоянии путем своевременного удаления зараженных и больных деревьев, уборке бурелома, растительной ветоши, соблюдении правил хранения древесины и т. д.

#### 5.6 Защита от химических загрязнений

Значительный урон лесному хозяйству, естественной растительности наносят химические загрязнители. Промышленные выбросы действуют на зеленые части растений и через почву на корневую систему. Одни вещества замедляют рост, другие вызывают гибель растений. ДДТ и радиоактивные вещества, попадая в растения, делают их непригодными для человека и животных.

Самое главное, о чем никогда не стоит забывать: наши собственные мысли и чувства играют огромную роль для будущего всего человечества. Природа может стать основой нашего существования. Живя, в созвучии с ней мы снова, сможем вдыхать эликсир жизни – чистый воздух. Но ведь не исключено, что мы и дальше будем забивать легкие созданными собственными руками ядами.

От нас зависит, прекратиться ли убийство лесов. Может быть, мы все-таки вспомним, что без леса жить нельзя. Нам решать, какими будут наши жилища, из чего будут сделаны игрушки, инструменты и мебель. Надо помнить, что древесина – это свет, облеченный в твердую форму. Древесина служила людям тысячи лет, благодаря умелым рукам мастеров, она сделала нам ценные подарки: дома, мебель от стула до устоев моста, музыкальные инструменты и многое другое. Дерево – это щедрый дар небес. Леса на земле – это источники почти забытых богатств, защищать которые – одна из важнейших задач нашего времени. Использование древесины перестало быть круговоротом, предусмотренным природой. Теперь это дорога с односторонним движением: из леса на специальную свалку. Между конечными станциями только промышленный грабеж.

Мы живем во времена, когда экологическое лесоводство, естественное строительство и вообще защита человека и природы выходят на первый план в наших мыслях и поступках.

Конец XX века характеризуется обострением взаимоотношений человеческого общества и природы. Оно вызвано ростом населения Земли, сохранением производительных способов хозяйствования при нарастающих темпах расходования природных ресурсов, загрязнением окружающей среды и ограниченными возможностями биосферы к его нейтрализации.

Только во второй половине XX века благодаря развитию экологии и распространению экологических знаний среди населения стало очевидным, что человечество является непременной частью биосферы, поэтому покорение природы, бесконтрольное и неограниченное использование ее ресурсов и нарастающих загрязнений окружающей среды ведут в тупик в развитии цивилизации и эволюции самого человека. Важнейшим условием развития человечества является

бережное отношение к природе, всесторонняя забота о рациональном использовании и восстановлении ее ресурсов, сохранение благоприятной окружающей среды.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какие загрязнения окружающей среды вам известны?
2. Какие природные ресурсы вам известны?
3. Какие глобальные экологические проблемы, стоящие перед человечеством, вам известны?
4. В чем причина экологического кризиса на нашей планете?

## **Раздел VII БИОНИКА**

### **Тема Бионика – направление биологии и кибернетика**

#### **План:**

1. Бионика как наука.
2. Формы живого в природе и их промышленные аналоги.

*Бионика — одно из направлений биологии и кибернетики, изучающее особенности строения и жизнедеятельности организмов в целях создания более совершенных технических систем или устройств, характеристики которых приближаются к характеристикам живых систем.*

Датой рождения бионики считается 13 сентября 1960 г.

В этот день открылся первый международный симпозиум на тему «Живые прототипы искусственных систем — ключ к новой технике».

Но и до официального признания бионика как таковая была известна. Изобретатели уже давно обращали внимание на различные явления природы, закономерности ее развития и находили правильные решения технических задач.

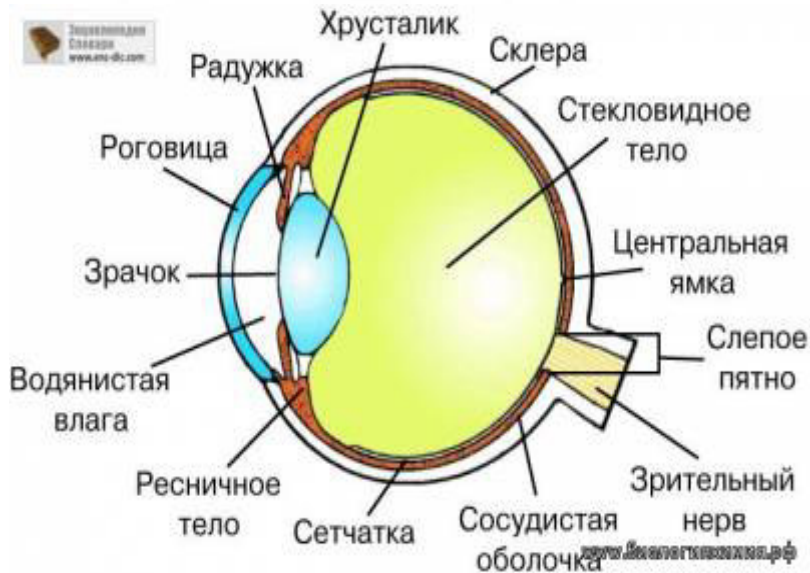
В процессе последовательного, беспощадного естественного отбора природа тысячелетиями совершенствовала свои системы, оттачивала отдельные органы животных.

В жестокой борьбе за существование выживали и давали потомство только самые совершенные формы организмов. В итоге столь продолжительной эволюции природа создала на Земле гигантскую сокровищницу, в которой не счесть изумительных образцов «живых инженерных систем», функционирующих очень точно, надежно и экономично, отличающихся поразительной целесообразностью и гармоничностью действий, способностью реагировать на тончайшие изменения многочисленных факторов внешней среды, запоминать и учитывать эти изменения, отвечать на них многообразными приспособительными реакциями. У природы для этого было много времени, а человек, создающий современные машины, должен решать технические задачи за короткий срок, за десятилетия, даже годы.

Многие «изобретения» природы еще в глубокой древности помогали решать ряд технических задач. Так, арабские врачи уже много сотен лет назад, проводя глазные хирургические операции, получили представление о преломлении световых лучей при переходе из одной прозрачной среды в другую. Изучение хрусталика глаза натолкнуло врачей древности на мысль об использовании линз, изготовленных из хрусталя или стекла, для увеличения изображения.



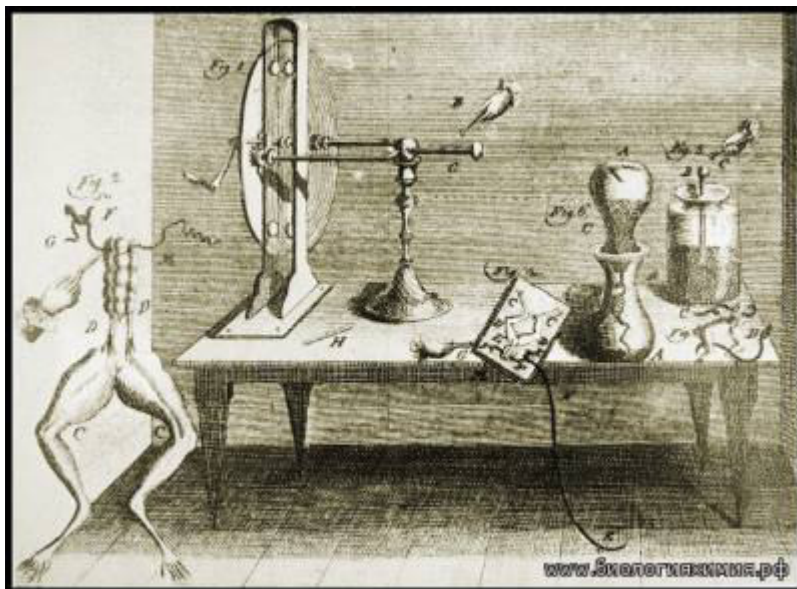
www.биологияхимия.рф



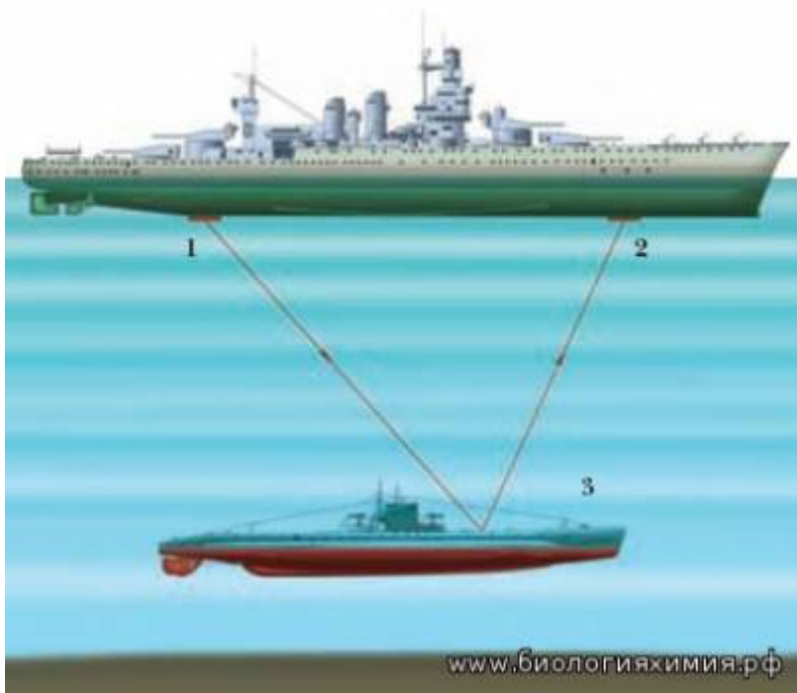
В области физики изучение многих основных принципов учения об электричестве было начато с исследования так называемого животного электричества. В частности, знаменитые опыты итальянского физиолога XVIII в. Луиджи Гальвани с лапкой лягушки привели в конечном итоге к созданию гальванических элементов — химических источников электрической энергии.



Луиджи Гальвани (1737-1798)



Еще в годы Первой мировой войны британский флот получилна вооружение гидрофоны — приборы для обнаружения германских подводных лодок по шуму их винтов в воде. Конструкция оказалась неудачной. Во время хода судна гидрофоны не воспринимали других звуков, так как все заглушалось шумом машины собственного корабля. На помощь пришли зоологи. Они напомнили, что тюлени прекрасно слышат в воде при любой скорости, и предложили придать гидрофонам форму ушной раковины тюленя. С тех пор англичане стали более успешно бороться с германскими подводными лодками.



Стремление ученых понять, в чем природа совершеннее, умнее, экономнее современной техники, их попытки найти и систематизировать новые методы для коренного усовершенствования существующих и создания принципиально новых машин, приборов, строительных конструкций и технологических процессов и породили новое научное направление, получившее название бионика.

#### **Формы живого в природе и их промышленные аналоги.**

Одной из основных задач, решаемых бионикой, является исследование принципов, позволяющих достичь высокой надежности биологических систем, моделирование компенсаторных функций организмов и их способностей к адаптации.

Примером высокой надежности приспособительных механизмов у некоторых организмов являются особые оболочки для защиты от действия окружающей среды и возможного нападения.

Инженерам-теплотехникам хорошо известен диатомит — огнеупорный материал, из которого делают стенки стекловаренных печей. Диатомит получают из залежей гигантских скоплений оболочек диатомовых водорослей, осевших на дно водоемов. Клетки этих водорослей располагаются внутри защитного панциря. Панцирь диатомей состоит из двух половин, вставленных одна в другую. Благодаря особой шишковатой структуре, состоящей из параллелепипедов или решеток, придающих панцирю высокую прочность, диатомей способны выдерживать большие напряжения сжатия и изгиба.

Примером сложной системы адаптации к изменениям окружающих условий является характерная для животных система, регулирующая уровень содержания в крови сахара — важного источника энергии. Она представляет особый научный интерес. Нормальная жизнедеятельность организма возможна лишь при определенном содержании в крови виноградного сахара (глюкозы). Уникальная система регулирования не допускает губительных для организма колебаний содержания сахара в крови.

В организме есть депонирующий (запасающий) орган, в котором глюкоза, полимеризуясь, переходит в другой вид углерода — гликоген (называемый иногда животным крахмалом). Этот орган — печень. В ее клетках гликоген может откладываться в больших количествах, снижая таким образом содержание в крови глюкозы. Когда содержание глюкозы в крови падает ниже необходимого уровня, часть гликогена деполимеризуется и образуемая вновь глюкоза поступает в кровь до тех пор, пока ее содержание снова не достигнет нормы. Организм не избавляется от избытка энергетического продукта, а преобразует его в удобную для хранения форму, создает запас на «черный день».

В комплекс задач, решаемых бионикой, входит также исследование биологических рецепторных и анализаторных систем (прежде всего изучение органов зрения, слуха и обоняния) в целях построения их технических моделей. Глаз кальмара приспособлен для видения предметов как при слабом, так и при сильном освещении. Это приспособление связано с наличием в клетках сетчатки бурого зернистого пигмента. На ярком свете пигмент распределен повсей клетке, защищая ее чувствительное основание от избытка световых лучей. Ночью, при слабом освещении, весь пигмент, наоборот, равномерно сосредоточивается в основании клетки, повышая ее чувствительность. Нечто похожее создано сейчас оптиками. Им удалось разработать стекла, мгновенно темнеющие при попадании на них яркого света. Когда яркость уменьшается, стекла вновь приобретают прежнюю прозрачность.

Очень интересным и перспективным оказалось исследование аэродинамических свойств птиц и насекомых, гидродинамических характеристик головоногих моллюсков, рыб, китообразных. Результаты этого исследования используют в авиа- и судостроении, конструировании и изготовлении гидрореактивных двигателей для подводного транспорта. Великий русский ученый Н. Е. Жуковский, исследуя полет птиц, открыл «тайну крыла», разработал методику расчета подъемной силы крыла, той силы, которая держит самолет в воздухе. Результаты изучения особенностей полета птиц, которому так много времени уделял Жуковский, лежат в основе современной аэродинамики.

Еще более совершенным летательным аппаратом в живой природе обладают насекомые. По экономичности полета, относительной скорости и маневренности они не имеют себе равных в живой природе, а тем более в современной авиационной технике. Хотя скорость их полета, казалось бы, невелика по сравнению с современными авиалайнерами, но если подсчитать скорость относительно длины тела летящего животного или насекомого, то оказывается, что быстрее всех летает шмель: за одну минуту он пролетает 10 000 расстояний, равных длине его тела; второе место занимают стрижи, третье — скворец, затем серая ворона и только на самом последнем месте оказывается наш скоростной реактивный пассажирский авиалайнер, который за минуту пролетает только 1500 расстояний, равных его длине, т.е. он летает в 6—7 раз медленнее шмеля!

Выявив функцию жужжалец — недоразвитых задних крыльев в виде булавовидных придатков, имеющих у мух, ученым удалось создать прибор «гиротрон», применяемый для определения углового отклонения стабильности полета в самолетах и ракетах.

Методом скоростной киносъемки установили, что крыло бабочки не только поднимается и опускается при ее полете, как видно глазом, но и совершает одновременно волнообразные движения по поперечной оси. По аналогии с движением крыла бабочки к крыльям ветряка приделали дополнительные лопасти в виде крылышек, и ветряк стал работать даже при самом тихом ветре.

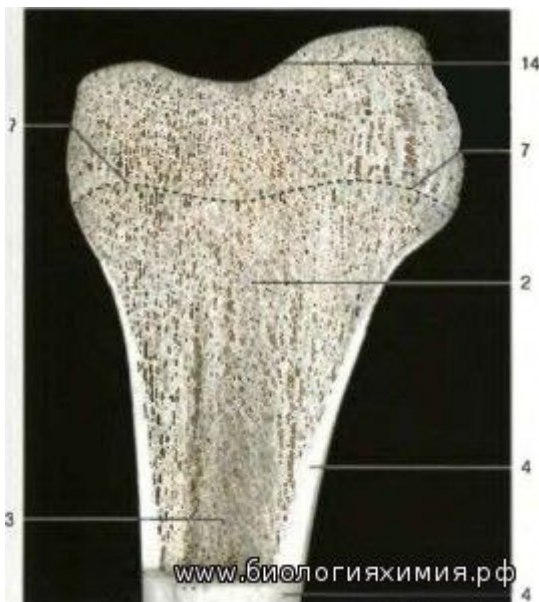
Реактивное движение, используемое сейчас в самолетах, ракетах и космических снарядах, свойственно также головоногим моллюскам — осьминогам, кальмарам, каракатицам. Водометный двигатель на судах — это точная копия реактивного «механизма», используя который каракатица быстро движется, выбрасывая из себя струю воды с большой силой. Кальмаров можно назвать «спринтерами моря». Они способны стартовать из морских глубин в воздух с такой скоростью, что нередко пролетают над волнами более 50 м.

Кальмарам присуща поразительная маневренность в воде, они производят чрезвычайно стремительные повороты не только в горизонтальной, но и в вертикальной плоскости. Изучение локомоторного аппарата кальмаров, гидродинамических показателей формы их тела может дать инженерам-кораблестроителям богатый материал для создания высокоманевренной морской ракеты, способной развивать под водой огромную скорость.



Глубокое и всестороннее исследование биологических процессов, природных конструкций и форм в целях их использования в 250 строительной технике и архитектуре за короткий срок принесло немало открытий. Ученые обнаружили, что изящная конструкция трехсотметровой металлической Эйфелевой башни в точности повторяет (совпадают даже углы несущих поверхностей) строение большой берцовой кости, легко выдерживающей тяжесть человеческого тела, хотя при создании проекта башни инженер Ж. Эйфель не пользовался живыми моделями. Большая берцовая кость человека при своих небольших диаметре и массе выдерживает сжатие в 1650 кг, что в 20 — 25 раз больше обычной нагрузки.





При тщательном изучении обычного «выеденного яйца» установили, что его прочность объясняется тонкой и эластичной пленкой-мембраной, благодаря которой скорлупа оказывается конструкцией с предварительным натяжением. Этим открытием воспользовались строители при сооружении здания театра в Дакаре, внутри которого не должно было быть ни одной колонны, ни одной декоративной опоры — все здание должно было представлять собой огромную, пустую, тонкую железобетонную «скорлупу», покоящуюся на специальном фундаменте. Только мембрана, придающая прочность этой конструкции, была изготовлена не из «куриного» материала, а из армоцемента. Тонкие армоцементные скорлупы толщиной 15—30 мм покрывают без опор пространства высотой более 120 м. При этом чем больше пролет, тем тоньше и легче (до определенных пределов) должна быть скорлупа.

Изучение удивительного устройства листьев, имеющих ребристую структуру и форму веера, подсказало архитекторам так называемые «складчатые конструкции». Например, лист обычной писчей бумаги, положенный противоположными краями на подставки, не выдерживает собственной массы и прогибается.

Тот же лист, но сложенный «гармошкой» и опять положенный на две опоры так, чтобы параллельные складки шли поперек пролета, ведет себя иначе, чем гладкий. Он устойчив и может легко, не деформируясь, выдерживать нагрузку, равную стократной массе его собственного тела. Новая форма листа придала ему новые механические качества. Используя принцип «складчатых конструкций», в США построили складчатые купола пролетом 100—200 м, во Франции произвели перекрытие павильона пролетом 218 м.

Широкое применение получили тонкостенные пространственные складчатые конструкции и в России. Строителям жилых домов оказался полезен тысячевековой опыт пчел в сооружении сот. Пчелиные соты обладают многими достоинствами. Единообразие элементов здесь доведено до предела: главным и единственным конструктивным элементом всей пчелиной постройки служит шестигранная ячейка, сделанная из воска. Другое достоинство сот — их прочность. Прочность здесь (относительная конечно) выше, чем у кирпичной стены. Соты изотропны (их прочность одинакова во всех направлениях). Благодаря этим достоинствам конструкция пчелиных сот легла в основу изготовления «сотовых панелей» для строительства жилых домов. У пчелиных сот имеется еще одно чрезвычайно важное достоинство. За миллионы лет эволюции пчелам удалось методом проб и ошибок найти самую экономичную и самую емкую форму сосуда для хранения меда. Весь секрет заключается в рационально выбранной форме, в геометрическом построении восковой ячейки. Все острые углы трех ромбов, образующих основание каждого шестигранника, равны  $70^{\circ} 32'$ . Математики доказали, что при шестигранной форме именно такая величина углов обеспечивает наибольшую вместимость сотовой ячейки при минимальных затратах строительного материала на ее сооружение. Наши инженеры воспользовались опытом пчел и разработали новую конструкцию железобетонного

элеватора для хранения зерна. До этого у нас в стране строились десятки обычных элеваторов с массивными монолитными железобетонными башнями. Совершенства в них было мало, а железобетона расходовалось много. На строительствосовременного совершенного элеватора сотовой конструкции бетона уходит на 30 % меньше, чем на его монолитного «предка». Но многовековой опыт пчел в сооружении сот оказался полезным не только строителям жилых домов и зернохранилищ. Его весьма успешно используют при строительстве плотин, шлюзов и многих других сложных и ответственных объектов.

Подражая природным структурам, ряд оригинальных сооружений создали и мостовики. Так, французские инженеры возвели мост, придав ему форму скелета морской звезды. Он имеет вид равностороннего треугольника, что значительно надежнее, чем арочные конструкции. Трансформация формы листьев, когда они, свертываясь в трубку и образуя причудливые желоба, закручиваются в спираль, обеспечивая себе наибольшую прочность, подсказала инженерам и конструкторам идею моста через реку в виде полусвернутого листа. Его легкость поразительна, прочность необычайна. Красотой, экономичностью и долговечностью этот мост полностью обязан природе. Еще одну конструкцию моста, подсказанную природой, разработал инженер Сэмюэль Броун. Выйдя в сад и рассматривая тысячи тонких нитей паутины, провисавших между деревьями, он увидел прообраз искомой им конструкции моста на гибких длинных нитях. Ветер раскачивал ее, но подвесные нити не рвались. Инженеру оставалось только рассчитать нагрузки и сечения. Так появились прочные и красивые подвесные мосты.



Чрезвычайно важной и интересной является решаемая бионикой задача исследования систем навигации, локации, стабилизации, ориентации некоторых представителей мира животных и создание принципиально новых технических устройств на основе результатов этих исследований. Навигационные способности мигрирующих животных поражают своей точностью, однако устройство и принцип работы систем, обеспечивающих ориентацию, пока не разгаданы.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что является предметом изучения бионики?
2. Назовите живые организмы в природе и их промышленные аналоги?.



## Литература

1. Агафонов И.Б., Сонин Н.И. Биология. Общие закономерности.- М.: «Дрофа»,2011.
2. Беляев Д.К. Бородин П.М. Общая биология.- М: «Просвещение», 2011
3. Каменский А.А., Криксунов Е.А. Общая биология.-М: «Дрофа», 2010
4. Захаров В.Б.,Мамонтов С.Г. Общая биология. 10 класс.М., «Дрофа»,2010
5. Захаров В.Б.,Мамонтов С.Г. Общая биология. 11 класс.М., «Дрофа»,2010
6. Тупикин Е.И. Общая биология с основами экологии и природоохранной деятельности М., «Академия», 2010

### Интернет-ресурсы (И-Р):

1. PwPt.ru презентации [Электронный ресурс ]: сайт. Режим доступа: <http://pwpt.ru/presentation/biologiya/>.- Дата обращения 15.05.15.-Заглавие с экрана.
2. Ronl.ru.Рефераты. [Электронный ресурс ]: сайт. Режим доступа: [http://www.ronl.ru/referaty/obshya\\_biologiya/13632/](http://www.ronl.ru/referaty/obshya_biologiya/13632/) - Дата обращения 15.05.15.- Заглавие с экрана.
3. Биология и химия [Электронный ресурс ]: сайт. Режим доступа: [http://www.биологияхимия.рф/load/obshhaja\\_biologija/57\\_bionika/3-1-0-129](http://www.биологияхимия.рф/load/obshhaja_biologija/57_bionika/3-1-0-129). Дата обращения 15.05.15.-Заглавие с экрана.
4. Студопедия. [Электронный ресурс ]: сайт. Режим доступа: [http://studopedia.net/15\\_89366\\_biologiya-kak-nauka-ee-dostizheniya-svyazi-s-drugimi-naukami-metodi-izucheniya-zhivih-ob-ektov-rol-biologii-v-zhizni-i-prakticheskoy-deyatelnosti-cheloveka.html](http://studopedia.net/15_89366_biologiya-kak-nauka-ee-dostizheniya-svyazi-s-drugimi-naukami-metodi-izucheniya-zhivih-ob-ektov-rol-biologii-v-zhizni-i-prakticheskoy-deyatelnosti-cheloveka.html). Дата обращения 15.05.15.-Заглавие с экрана.

Учебное издание

## **Биология**

учебное пособие

Сидоренко И.В.

Редактор Е.Н. Осипова

---

Подписано к печати 01.09.2015 г. Формат 60x84 1/16  
Бумага печатная. Усл. п.л. 7,49. Тираж 20 экз. Изд. № 3194.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ