

Т. Доолоткелдиева, А. Т. Ахматова,  
Ч. С. Давлетова, Б. Б. Алымбаева

# БИОЛОГИЯ

Общие закономерности жизни



КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН  
МАМЛЕКЕТТИК ЖЕЛЕГИ



КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН  
МАМЛЕКЕТТИК ГЕРБИ



КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН  
МАМЛЕКЕТТИК ГИМНИ

Сөзү: Ж. Садыков, Ш. Кулуевдики  
Муз.: Н. Давлесов, К. Молдобасановдуку

Ак мөңгүлүү аска-зоолор, талаалар,  
Элибиздин жаны менен барабар.  
Сансыз кылым Ала-Тоосун мекендеп,  
Сактап келди биздин ата-бабалар.

*Кайырма:* Алгалай бер, кыргыз эл,  
Азаттыктын жолунда.  
Өркүндөй бер, өсө бер,  
Өз тагдырын колунда.

Байыртадан бүткөн мүнөз элиме,  
Досторуна даяр дилин берүүгө,  
Бул ынтымак эл бирдигин ширетип,  
Бейкуттукту берет кыргыз жерине.

*Кайырма:*

Аткарылып элдин үмүт тилеги,  
Желбиреди эркиндиктин желеги.  
Бизге жеткен ата салтын, мурасын,  
Ыйык сактап, урпактарга берели.

*Кайырма:*

Т. Доолоткелдиева, А. Т. Ахматова,  
Ч. С. Давлетова, Б. Б. Алымбаева

# БИОЛОГИЯ

## Общие закономерности жизни

Учебник для 9 класса общеобразовательных  
учебных заведений

*Рекомендовано  
Министерством образования и науки  
Кыргызской Республики*



*Эксперт:*

М. Субанова – доктор педагогических наук, профессор,  
главный научный сотрудник КАО.

*Рецензенты:*

Чоров М. Ж. – доктор педагогических наук, профессор  
КГУ им. И. Арабаева;

Шаршенова Б. К. – кандидат биологических наук,  
доцент КНУ им. Ж. Баласагына;

Дооронова Ф. – учитель биологии Национальной  
компьютерной гимназии № 5

**Доолоткелдиева Т. и др.**

Д-18 **Биология: Общие закономерности жизни.** /Т. Доолоткел-  
диева, А. Т. Ахматова, Ч. С. Давлетова, Б. Б. Алымбаева. –  
Б.: Билим-компьютер, 2016. – 256 стр., илл.

ISBN 9967–426–16–0

✎ 4306021100 – 16

УДК 611  
ББК 28.86 я 721

ISBN 9967–426–16–0

© Доолоткелдиева Т., Ахматова А.,  
Давлетова Ч., Алымбаева Б., 2016  
© «Билим-компьютер», 2016  
© Министерство образования и  
науки КР, 2016

Уважаемые учащиеся!

Общая биология, являясь обобщающим курсом, объединяет основные направления биологии: эволюционное учение, цитологию, генетику, селекцию, экологию и т. д.

В общей биологии раскрываются сведения об общих закономерностях жизни на всех уровнях ее организации – молекулярном, клеточном, организменном, популяционно-видовом и биогеоценотическом. Также она знакомит с законами исторического развития и происхождения органического мира (эволюционного), особенностями строения организмов, основными процессами жизнедеятельности (обмен веществ, наследственность, изменчивость) и наблюдениями за собой (самонаблюдением) форм жизни. Вместе с этим раскрываются связи между организмами и с окружающей средой, место человека в природе, влияние его производственной и негативной деятельности на биосферу. Эта информация дает большую помощь в понимании практических вопросов экономного использования, охраны и умножения природных богатств окружающей среды. Кроме того, эти сведения помогают в понимании теоретических вопросов, играющих основную роль в выращивании растений при выполнении продовольственной программы страны, научных основ медицинской, фармацевтической, некоторых видов человеческой деятельности.

Новые открытия биологии ставят перед человечеством проблемы бережного отношения к природе, ее защиты, также охраны биосферы, особенно защиты человечества от постоянного ухудшения загрязнения окружающей среды.

В современное время мы должны понимать, что каждый человек должен быть биологически грамотным, понимать к каким необратимым последствиям может привести отрицательное изменение окружающей среды.

Учебник «Общие закономерности жизни» написан в соответствии с учебной программой средней школы, и в нем

PDF Compressor Free Version

впервые показаны особенности признаков и структурной организации организмов для жизни на Земле. Эволюционное учение, цитология, генетика, селекция, экология, биосферный уровень жизни и т. д.

Каждая глава начинается вопросами, связанными с ее темой. На основе приведенных в начальном курсе заданий, наглядных пособий и с помощью учителя вы получаете возможность проводить лабораторные и практические занятия, на экскурсиях – наблюдения.

В учебнике особое внимание уделяется достижениям биологической науки, даются общие понятия молекулярной биологии, биотехнологии, представлены рисунки, таблицы, диаграммы.

Уважаемые ученики, если в будущем вы выберете в качестве специальности биологию, то вы должны непрерывно учиться и получать глубокие знания.

Мы ждем от вас отзывы на содержание книги, уровень написания и изложения, усвоения материала учениками.

Авторы

## РАЗДЕЛ I

### ПРИЗНАКИ И СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

#### § 1. Основные признаки живого – его отличие от неживого



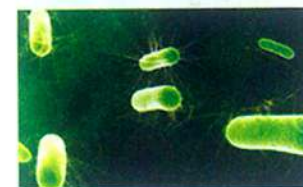
Рассмотрите рис. 1.

1. Чем живые тела природы отличаются от неживых?
2. По каким признакам растения, животные, грибы и бактерии могут быть отнесены к разным царствам живой природы? Чем они различаются друг от друга?

На вопрос, чем живое отличается от неживого, нет однозначного ответа. Для того чтобы найти качественные различия живого и неживого, необходимо рассмотреть несколько признаков, характеризующих живые тела природы (рис. 1–2).

Биологические знания необходимы для того чтобы знать как функционируют живые организмы в природе. Они определяют их строение, адаптацию к разным условиям обитания, развитие, распространение, многообразие, взаимосвязи друг с другом, полезные и вредные стороны организмов и регулируют их. Все виды организмов: растения, животные, грибы и микроорганизмы имеют клеточное строение с особенностями, связанными с их жизнедеятельностью. Все организмы выполняют разные функции в соответствии с уровнем жизни. Несмотря на разнообразие исследуемых объектов и процессов, их объединяет характерное для всех одно общее свойство – жизнь. Органическое царство постоянно меняется. С начала появления жизни на Земле, она по естественным природным законам непрерывно развивается.

Бактерии



Грибы



Рис. 1

## Растения



Валериана



Баклажан

Независимо от вида организма, он строится из неорганических веществ (вода, минералы) и органических веществ, в том числе органических молекул – нуклеиновых кислот, белков, углеводов, липидов и других, отвечающих за первичную организацию и наследственную информацию. На этом уровне происходит первоначальный обмен веществ, образуется энергия, которая накапливается в организме. Живые организмы отличаются от неживой природы многообразием. Каждый организм находится в тесной взаимосвязи с окружающей средой. Между организмом и средой идет непрерывный обмен энергией и веществами. У таких организмов наблюдается прекрасное свойство саморегуляции.

Организмы, обитающие на суше и в воде, многообразны. Они по строению

## Животные



Снегирь



Божья коровка



Косуля

Рис. 2

делятся на две группы организмов: прокариоты – бактерии, сине-зеленые водоросли – более 3 тысяч видов, и эукариоты – все растения и животные. На нашей планете обитает много видов прокариот и эукариот. Известно более 500 000 видов растений, более 100 000 видов грибов и более одного миллиона видов животных.

Биология исследует законы распространения видов, приспособление к разным средам обитания, различные виды их взаимоотношений.

Живые организмы отличаются от неживой природы тем, что содержат нуклеиновые кислоты, белки. Эти молекулы встречаются только у живых организмов. Когда жизнь прекращается, организмы с помощью сапрофитов распадаются обратно на разные химические вещества, которые используются автотрофными организмами.

Таким образом, в природе идет непрерывный круговорот веществ, все организмы постоянно находятся в связи с окружающей средой. Однако растения по строению, среде обитания, дыханию, питанию, размножению и т. д. резко отличаются от животных.

**Химический состав.** Живые тела природы состоят в основном из тех же химических элементов, что и тела неживой природы, но соотношения этих элементов неодинаковы. Основу живого составляют четыре элемента – углерод, кислород, азот и водород. Живые тела состоят из химических веществ, так же как и тела неживой природы. В составе тел живой природы имеются огромные по величине молекулы органических веществ – нуклеиновые кислоты и белки, отвечающие за наследственность и структурную организацию жизни.

**Обмен веществ и превращение энергии.** Все живые тела природы являются открытыми системами, т. е. такими системами, в которые из окружающей среды непрерывно поступают вещества, содержащие энергию и строительный материал, а также различная информация. В результате процессов жизнедеятельности из живых тел в окружающую среду выделяются конечные продукты распада и энергия (рис. 3).



Рис. 3. В живом организме идет обмен веществ и превращение энергии (выделение пузырьков кислорода в процессе фотосинтеза)

Обмен веществ и превращение энергии является одним из характерных признаков живого. В неживых телах природы обмен веществ и превращение энергии разрушают эти тела, а в организмах эти процессы направлены на создание новых сложных веществ и служат необходимым условием их жизни.

### Химические элементы в клетке

Таблица 1

Элементы	%	Элементы	%
Кислород	65–75	Магний	0,02–0,03
Углерод	15–18	Натрий	0,02–0,03
Водород	8–10	Кальций	0,04–2,00
Азот	1,5–3,0	Железо	0,01–0,015
Калий	0,15–0,4	Цинк	0,0003
Сера	0,15–0,2	Медь	0,0002
Фосфор	0,20–1,0	Йод	0,0001
Хлор	0,05–0,10	Фтор	0,0001

**Прерывистость.** Живые тела природы построены из обособленных, но взаимосвязанных и взаимодействующих между собой частей: систем органов, органов, тканей, клеток, органоидов и молекул. Организмы, в свою очередь, составляют надорганизменные системы: популяции, сообщества, биогеоценозы и биосферу. Прерывистость жизни отражается во взаимосвязанных друг с другом уровнях ее организации.

**Раздражимость.** Любая биологическая система, будь то клетка, организм или сообщество организмов, способна избирательно реагировать на различные воздействия, оказываемые на нее снаружи или изнутри. Это свойство организмов получило название *раздражимость*. Ответные реакции живого на различные воздействия служат показателями его чувствительности и обеспечивают возможность его приспособления и выживания в постоянно изменяющихся условиях окружающей среды.

**Саморегуляция.** Это свойство проявляется в способности живого поддерживать постоянство своего химического состава и интенсивность протекания процессов жизнедеятельности. Саморегуляция свойственна не только отдельному организму, но и всем биологическим системам – от клетки до биосферы.



Рис. 4. Ритмичность: сезонные изменения в живой природе

**Ритмичность.** Свойство ритмичности присуще живым и неживым телам природы. Ритмичность зависит от космических и планетарных причин: вращения Земли вокруг Солнца, смены времена года, фазы Луны и др. Реакция живой природы на эти изменения проявляется в биологических ритмах – периодических изменениях интенсивности и характера биологических процессов и явлений, обеспечивающих приспособление живого к изменениям окружающей среды (рис. 4).

**Самовоспроизведение.** Это свойство важнейшее из всех остальных. Отличительная особенность живого – многократное самопроизведение живых структур, причем информация о них содержится в особых органических молекулах – ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты).

Самопроизведение живого лежит в основе его способности к размножению (рис. 5). Жизнь любой клетки



Рис. 5. Живое способно к самовоспроизведению

или организма ограничена во времени, но благодаря размножению живое бессмертно.

**Наследственность и изменчивость.** является в способности организмов передавать свои признаки и свойства из одного поколения в другое. Она непосредственно связана с их размножением и обусловлена химическим строением молекул ДНК, составляющих наследственную программу организма. **Изменчивость** проявляется в способности организмов изменять свои признаки под влиянием различных причин.

Наследственность и изменчивость обеспечивают возможность приспособления организмов к окружающим условиям, что позволяет им выживать и оставлять потомство.

**Рост и развитие.** Живые тела природы, как и неживые, способны к росту и развитию. В ходе обмена веществ и превращения энергии отдельные клетки и ткани, целые органы и организмы не только растут, но и развиваются, а значит – переходят в новое качественное состояние. Индивидуальное развитие организмов, в процессе которого реализуется их наследственная программа, тесно связано с историческим развитием всей живой природы – эволюцией.

Итак, живые тела природы представляют собой открытые саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся биологические системы, построенные из белков и нуклеиновых кислот.

### Основные термины:

△ *Живые тела природы, признаки живого, сходство химического состава, открытые системы, обмен веществ и превращение энергии, прерывистость, раздражимость, саморегуляция, ритмичность, самовоспроизведение, наследственность и изменчивость, рост и развитие.*

- ? 1. Какие признаки или свойства живых и неживых тел природы доказывают их неразрывные связи?  
 2. Чем живое отличается от неживого?  
 3. Какие признаки или свойства живого лежат в основе исторического развития живой природы – эволюции?

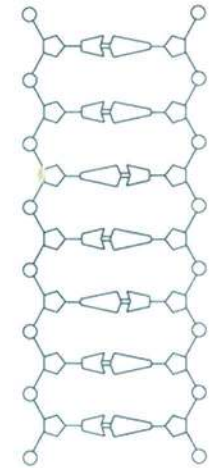
## § 2. Уровни организации жизни и происходящие на них процессы

Рассмотрите рисунки 6–10. Из каких частей состоят такие биологические системы, как клетка, организм, сообщество организмов? Вспомните, какие химические соединения входят в состав организмов.

Окружающая нас живая природа представляет собой биологические системы разных уровней организации и сложности. По наличию специфических структурно-функциональных единиц жизни и процессов, происходящих с ними, можно выделить шесть основных уровней живой природы: молекулярно-генетический, органоидно-клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценологический и биосферный (6–10).

**Молекулярно-генетический уровень.** Любая биологическая система всегда состоит из молекул нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов, липидов, а также других соединений. Структурно-функциональной единицей этого уровня организации жизни является ген – участок молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), несущий наследственную информацию о структуре одного белка.

На молекулярно-генетическом уровне протекают важнейшие процессы жизнедеятельности – кодирование, передача и реализация наследственной информации. На этом



ДНК

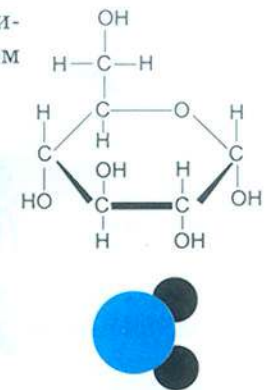


Рис. 6. Молекулярно-генетический уровень

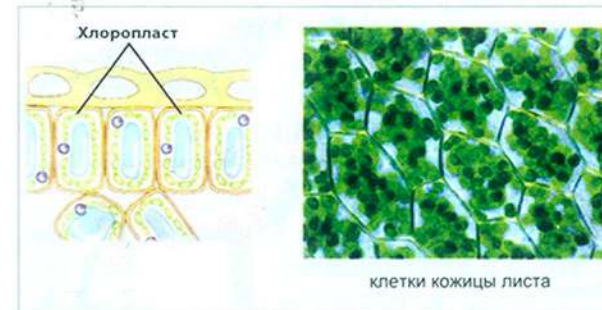


Рис. 7. Органоидно-клеточный уровень





Рис. 8. Организменный уровень

же уровне организации жизни осуществляется процесс изменения наследственной информации.

**Органоидно-клеточный уровень.** Структурно-функциональной единицей этого уровня организации жизни служит клетка. Из клеток и межклеточного вещества состоят ткани, а ткани образуют органы и системы органов. Отдельная клетка состоит из органоидов – внутриклеточных структур, образованных молекулами органических и неорганических веществ.

На органоидно-клеточном уровне протекают важнейшие процессы жизнедеятельности: обмен веществ и превращение энергии в клетке, ее рост, развитие и деление. Следует подчеркнуть, что клетка может выступать и как целостный организм, т. е. самостоятельная и автономная живая система.

**Организменный уровень.** Структурно-функциональная единица этого уровня организации жизни – организм. Он может быть одноклеточным, многоклеточным, или представлять из себя колонию.

На организменном уровне протекают процессы жизнедеятельности, обеспечивающие существование каждой особи как самостоятельной живой системы – питание,

PDF Compressor Free Version



Рис. 9-а. Популяционно-видовой уровень.

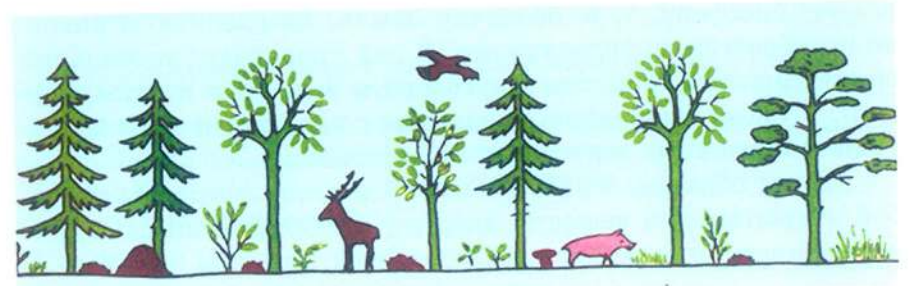


Рис. 9-б. Биогеоценотический уровень

дыхание, выделение, размножение, рост, развитие и др. Целостность этой системы, т. е. организма поддерживается взаимосвязью образующих его частей, выполняющих различные функции.

На этом же уровне организации жизни происходит реализация генетической программы организма и его самовоспроизведение. Взаимодействие со средой приводит к появлению у организмов изменчивости. Размножение организмов, осуществляющееся разными путями, обеспечивает не только самовоспроизведение жизни на этом уровне, но и комбинирует признаки родительских особей, участвовавших в размножении, в соответствии с законами наследственности.

**Популяционно-видовой уровень.** Структурно-функциональной единицей этого уровня организации жизни служит вид организма, представленный в природе живущими на определенной территории особями, связанными родственными связями – популяциями. В популяциях на основе наследственной

изменчивости выживают наиболее приспособленные особи, обладающие полезными при определенных условиях признаками. От этих особей постепенно в ходе исторического развития органического мира образуются новые виды организмов, т. е. происходит видообразование.

**Биогеоценотический уровень.** Популяции разных видов растений, животных, грибов и микроорганизмов вместе с условиями неживой среды, например светом, влагой, воздухом, образуют биогеоценоз. В нем между живыми организмами и неживой природой устанавливаются различные взаимосвязи. В результате изменения, вызванных деятельностью живых организмов или влиянием неживой природы, постепенно одни биогеоценозы превращаются в другие, т. е. происходят их развитие и смена.

**Биосферный уровень.** Все биогеоценозы нашей планеты образуют биосферу, т. е. оболочку Земли, населенную и активно преобразуемую организмами. В ней происходят глобальные биогеохимические циклы (круговороты веществ и потоки энергии), а также изменения, связанные с эволюцией живой природы и вызванные деятельностью человека.

Таким образом, жизнь на нашей планете представляет собой открытые для веществ, энергии и информации саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы различного

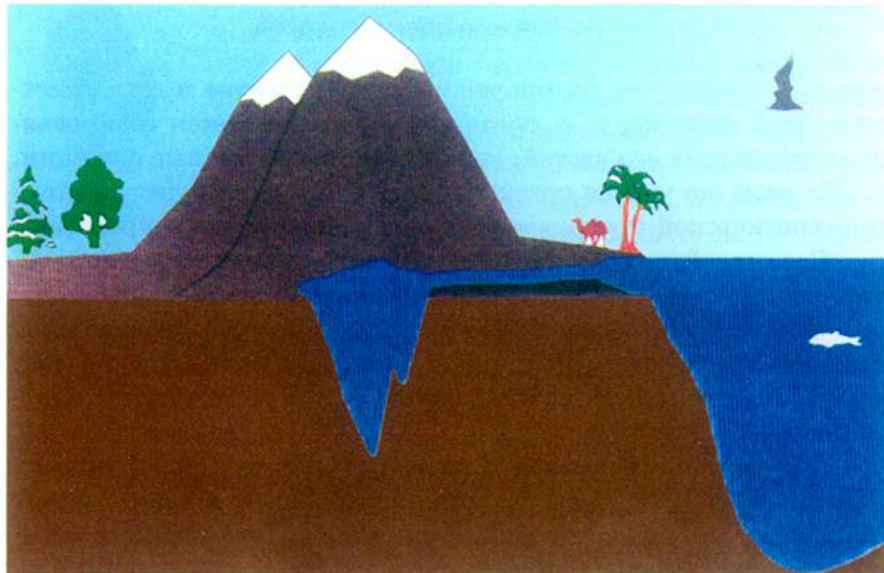


Рис. 10. Биосферный уровень

ранга (ген, клетка, организм, вид, популяция, биогеоценоз, биосфера), объединенные происходящими в них процессами жизнедеятельности и развития.

### Основные термины:

△ Молекулярно-генетической, клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический, биосферный уровни организации жизни.

- ? 1. На основании чего в современной науке сложилось представление об уровнях организации жизни?  
 2. Что является структурно-функциональной единицей каждого уровня организации жизни?  
 3. Какие процессы жизнедеятельности происходят на каждом уровне организации жизни?

### Основные уровни организации жизни на земле

Таблица 2

№	Уровень организации	Структурно-функциональная единица	Процессы жизнедеятельности
1	Молекулярно-генетический		
2	Клеточный		
3	Организменный		
4	Популяционно-видовой		
5	Биогеоценотический		
6	Биосферный		

§ 3. Неорганические компоненты живого:  
вода и минеральные соли

1. Какие химические элементы входят в состав клетки?
2. Какие неорганические вещества входят в состав клетки?
3. Какие соли входят в состав клетки?
4. Перечислите важнейшие макроэлементы и назовите их функции.
5. Какие элементы называются микроэлементами? В чем их значение для жизнедеятельности организма?
6. Каковы важнейшие функции воды в живых системах?
7. Каково значение воды для жизнедеятельности клетки?

В земной коре встречается около 100 химических элементов. Однако состав живой и неживой природы отличается. Живые организмы состоят из неорганических и органических веществ. По химическому составу клетки различных организмов отличаются, это зависит от выполняемых клеткой функций и ее морфологических особенностей.

К неорганическим соединениям относятся вода и минеральные соли.

Основными жизненно необходимыми 12 химическими элементами клетки являются: /кислород, углерод, водород, азот, сера, калий, железо, кальций, фосфор, хлор, натрий, магний – это биогенные элементы/

Для нормального функционирования организма необходима лишь небольшая группа химических элементов. В первую очередь к ним относятся углерод, кислород, водород и азот. Они составляют основную массу органических веществ клетки (95–99% по массе), поэтому их называют *органогенами*. К главным элементам также относятся фосфор и сера. Эти шесть элементов называют **макроэлементами**, их количество в клетке составляет десятые или сотые доли процента. Кроме того, к макроэлементам, необходимым для функционирования организма также относят натрий, магний, калий, кальций и хлор.

Каждый химический элемент выполняет свою функцию. Ионы калия и натрия участвуют в поддержании ионной силы и создании буферной среды, регулируют осмотическое давление в клетке, участвуют в транспорте через мембраны, в передаче нервного импульса. Ионы магния участвуют в поддержании целостности и функционировании рибосом, т. е. в синтезе белка. Магний, кроме того, участвует в синтезе ДНК, входит в состав ферментов, регулирующих работу нервных и мышечных клеток, хлорофилла и поддерживает нормальную работу митохондрий. Ионы кальция принимают участие в регуляции ряда клеточных процессов, в том числе мышечного сокращения и других двигательных реакций, в свертывании крови. Нерастворимые соли кальция участвуют в формировании костей, раковин моллюсков. Анионы хлора участвуют в создании солевой среды животных организмов (например, кислой среды желудка), могут входить в состав некоторых органических соединений.

Минеральные соли играют важную роль и для растений. Особенно необходимы 19 химических элементов: С, Н, О, N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu и др. Кислород, водород и углерод входят в состав растений например, в виде  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Элементы, которые присутствуют в тканях в концентрации менее 0,001% от массы, называются *микроэлементами*. К ним относятся марганец, железо, кобальт, медь, цинк, для некоторых организмов также ванадий, бор, алюминий, кремний, молибден, йод. Микроэлементы играют важную роль. Железо входит в состав комплексов, участвующих в выполнении важных функций организмов. Так например, железо входит в состав гемоглобина, некоторых ферментов, переносчиков электронов. Ионы цинка, кобальта, марганца и молибдена входят в состав разных ферментов. Кобальт входит в состав витамина  $\text{B}_{12}$ . Также в состав многих ферментов входит медь. Медь также участвует в переносе кислорода у моллюсков. Йод входит в состав гормонов щитовидной железы (тироксина и трийодтиронина). Кремний распространен у некоторых организмов: диатомовых водорослей, хвощей, губок и моллюсков.

Недостаток или избыток минеральных солей приводит к различным нарушениям функционирования организмов. При дефиците или избытке йода у людей развиваются разные заболевания (зоб, базедова болезнь, кретинизм и т. д.). Недостаток фтора в воде приводит к кариесу зубов, избыток – к флюорозу,

кости и зубы становятся хрупкими. Недостаток железа приводит к анемии. У растений нехватка азота приводит к замедлению роста, листья становятся мелкими, ухудшается синтез хлорофилла (листья становятся желтыми, красными) ускоряется процесс появления боковых побегов. Недостаток серы замедляет фотосинтез, может привести к разрушению хлоропластов, молодые листья могут пожелтеть.

**Элементы, входящие в состав организма человека\***

Таблица 3

Название	Химический символ	Доля в общей массе (%)	Роль или функция
1	2	3	4
Кислород	O	65	Требуется для реакций окисления, в первую очередь для дыхания. Присутствует в большинстве органических веществ и в воде
Углерод	C	18	Формирует каркас молекул органических веществ
Водород	H	10	Присутствует в большинстве органических веществ и в воде
Азот	N	3	Компонент всех белков, нуклеиновых кислот и многих других органических соединений
Кальций	Ca	1,5	Структурный компонент костей и зубов. Важен для проведения нервных импульсов через синапсы, процессов свертывания крови, сокращения мышц, оплодотворения
Фосфор	P	1,0	Компонент нуклеиновых кислот, фосфолипидов, нуклеотидов, участвующих в переносе энергии. Структурный компонент костей.
Калий	K	0,4	Важнейший внутриклеточный катион. Необходим для проведения нервных импульсов, для работы сердца. Компонент большинства белков.
Сера	S	0,3	Компонент многих белков, ферментов, гормонов, органических соединений.
Натрий	Na	0,02–0,03	Важнейший внеклеточный катион. Участвует в регуляции движения жидкости между отделами тела, а также в проведении нервных импульсов, работе сердца.

\* Пикеринг В. Р. Биология человека в диаграммах, Москва, 2003.

Продолжение таблицы 3

Микроэлементы			
1	2	3	4
Магний	Mg	0,1	Участвует в работе ферментов
Хлор	Cl	0,1	Важнейший анион для поддержания осмотического баланса. Участвует в транспорте кислорода с кровью.
Темир	Fe	следовые количества	Компонент гемоглобина и миоглобина (белок мышц). Переносчик электронов. Участвует в работе ферментов.
Йод	I	следовые количества	Компонент тиреоидных гормонов щитовидной железы
Кобальт	Co	следовые количества	Компонент витамина B <sub>12</sub>
Прочие элементы, присутствующие в следовых количествах, включают марганец (Mn), медь (Cu), цинк (Zn), фтор (F), молибден (Mo), селен (Se).			

Из неорганических веществ, входящих в состав клетки важнейшим является вода. Количество воды составляет от 60% до 95% общей массы организма. Большая потеря воды приводит к смерти организма. Количество воды меняется в зависимости от типа клеток, их функционального состояния. Так, в семенах содержится 8–14% воды, в листьях крапивы – 82,4%, в мышечных клетках – 76%, в клетках мозга человека – 86,1%. Количество воды в клетках изменяется с возрастом организма.

Наличие воды – обязательное условие жизненной активности клеток. Чем интенсивнее жизнедеятельность клетки, тем выше содержание воды в ней. Водный баланс клетки животных и растений пополняется извне и за счет процессов, протекающих в самой клетке. У животных вода может образовываться за счет распада органических веществ (например, липидов у верблюдов). Вода находится в клетке в «свободном» и «связанном» состоянии. Ключевая роль воды связана с ее физическими и химическими свойствами. Молекулы воды малы, полярны, могут соединяться друг с другом водородными связями.

*Вода в биологических системах выполняет следующие функции:*

1. Вода – универсальный растворитель для полярных веществ. Большая часть химических реакций в клетке протекает в водной среде.

2. Неполярные вещества гидрофобны, т. е. отталкиваются водой и в ее присутствии притягиваются к друг другу. Такие взаимодействия очень важны в обеспечении стабильности мембран, также белковых молекул, нуклеиновых кислот и ряда субклеточных структур.

3. Вода – среда для транспорта различных веществ. Вода обеспечивает перенос необходимых веществ и выделение конечных продуктов обмена.

4. Вода обладает большой теплоемкостью за счет водородных связей. Поэтому температурные изменения в ней минимальные, биохимические процессы протекают в меньшем интервале температур и с более постоянной скоростью.

5. Вода участвует в регуляции температуры тела. Она обладает большой теплотой испарения, т. е. испарение сопровождается охлаждением. Это явление используется при потоотделении у животных и при транспирации у растений.

6. Вода играет важную роль в осмотическом поступлении веществ в клетку и организм, и в поддержании тургора.

7. Вода участвует во многих реакциях метаболизма (ее биологическое значение). В клетке содержится много различных солей в диссоциированном состоянии: в виде катионов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) или анионов ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ). Для поддержания нормальной жизнедеятельности клетки содержание разных ионов должно быть сбалансировано.

8. Является источником кислорода при фотосинтезе.

9. Вода создает внутреннюю среду организма.

### Основные понятия:

△ Состав клетки, микроэлементы, макроэлементы, биогенные элементы, биологическое значение воды.

- ? 1. Какую роль в жизнедеятельности клетки играют соединения азота?  
 2. Какую роль играет в клетке фосфорная кислота?  
 3. Какие химические элементы, содержащиеся в клетке, являются органическими: O, C, H, N, Fe, K, S, Cu, Zn?  
 4. Какие химические элементы, содержащиеся в клетке, являются:  
 а) макроэлементами: O, C, H, N, P, S, Na, Cl, K, Ca, Fe, Mg, Zn?  
 б) микроэлементами: O, C, H, N, P, S, Na, Cl, K, Ca, Fe, Cu, Mg, I, Ni, Ag, Co, Zn?  
 5. Каково значение калия в жизнедеятельности клетки?  
 6. В состав каких жизненно важных соединений входит железо?

7. Функции воды в клетке:

- а) растворитель; б) транспортная; в) регуляция температуры; г) химический реагент; д) структурная; е) а + б + в + г + д.

8. В состав хлорофилла входит:

- а)  $\text{Ca}^{2+}$ ; б)  $\text{Na}^+$ ;  $\text{K}^+$ ;  $\text{Cl}^-$ ; в)  $\text{Zn}^{2+}$ ; г)  $\text{Mg}^{2+}$ .

9. Какую роль для организма играет избыток или недостаток минеральных солей?

### § 4. Органические компоненты: белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты, АТФ

1. Какие основные классы органических соединений входят в состав клетки? (Какова их роль)  
 2. Какие соединения относятся к углеводам?  
 3. По какому признаку соединения объединяются в класс липидов?  
 4. К каким соединениям по отношению к воде относятся липиды?  
 5. Каковы функции белка?  
 6. Какую роль выполняет АТФ?

В клетке содержатся органические и неорганические соединения. К неорганическим соединениям относятся вода и минеральные соли. К органическим веществам относятся: белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты и АТФ (аденозинтрифосфорная кислота). Органические вещества имеют большую молекулярную массу (от нескольких тысяч до нескольких миллионов), состоят из большого количества повторяющихся одинаковых или различных по строению мономеров, являются полимерами.

Органические вещества различаются по составу, свойствам и биологическим функциям (табл. 4).

Функции основных органических веществ клетки

Таблица 4

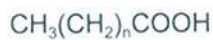
Органические вещества	Функции
1	2
Белки	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Строительная</li> <li>· Катализаторная (ферменты)</li> <li>· Двигательная</li> <li>· Защитная</li> <li>· Транспортная</li> <li>· Энергетическая</li> </ul>

Органические вещества	Функции
1	2
Липиды	- Строительная - Защитная - Энергетическая - Терморегуляторная - Источник эндогенной воды - Регуляторная (входит в состав гормонов)
Углеводы	- Строительная (участвует в образовании клеточной оболочки, соединительной ткани, клеточных структур, является компонентом нуклеиновых кислот) - Защитная (участвует в иммунном ответе, гепарин – антикоагулянт, препятствует свертыванию крови) - Энергетическая
Нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК)	Хранение и передача наследственной информации, участие в биосинтезе белка
АТФ	Обеспечивает запас энергии

В клетке белки составляют 10–20%, липиды – 1–5%, углеводы – 0,2–2,0%, нуклеиновые кислоты – 1–2%, АТФ 0,5–1%.

### Липиды

**Липиды** – это высокомолекулярные соединения, которые обычно не растворяются в воде (т. е. гидрофобны), но растворимы в органических растворителях. В состав простых липидов входят жирные кислоты и трехатомный спирт глицерин. Жирные кислоты могут быть насыщенными и ненасыщенными. К насыщенным жирным кислотам относятся пальмитиновая, стеариновая и другие кислоты. Ненасыщенные кислоты включают олеиновую, линоленовую и линолевую кислоты. Они являются незаменимыми, должны обязательно поступать с пищей, поскольку организм не может их синтезировать.



жирная кислота



Триглицерид

Триглицериды, содержащие ненасыщенные жирные кислоты, при невысоких температурах жидкие, называются масла. Это растительные жиры. У животных также имеются жиры, они твердые. Например, это сливочное масло, животный жир.

К липидам относятся нейтральные жиры, воска, фосфолипиды, стерины. Фосфолипиды – основной компонент клеточной мембраны. Фосфолипиды являются сложными липидами, в состав которых входят жирные кислоты, спирт, а также полярная головка – остатки фосфорной кислоты. Стерины также сложные липиды. К ним относится еще один важный компонент клеточной мембраны – холестерин. Холестерин в организме выполняет много функций: составляет основы гормонов (половых гормонов, гормонов коры надпочечников и т. д.), желчных кислот, витамина D<sub>3</sub>.

Воска выполняют защитную функцию, препятствуют лишнему испарению, влиянию низких температур и световых лучей. Воск покрывает листья, плоды растений, а у животных покрывает крылья и шерсть, называется ланолин.

Жировой подкожный слой защищает большинство животных от замерзания, а внутренние органы – от сотрясения.

Некоторые гормоны, выполняющие регуляторную функцию, относятся к липидам. Примером могут служить половые гормоны и гормоны коры надпочечников.

Липиды также участвуют в образовании жирорастворимых витаминов А, Д, К и Е. Липиды обеспечивают организмы энергией.

#### Функции липидов в клетке:

- Липиды – источник энергии, при окислении липидов выделяется в два раза больше энергии по сравнению с углеводами (при окислении 1 г жира выделяется 38,9 кДж энергии).
- Липиды выполняют строительную функцию (образует клеточную мембрану и клеточные, внеклеточные структуры).
- Липиды участвуют в образовании гормонов, жирорастворимых витаминов, желчных кислот.
- Липиды регулируют процесс терморегуляции организмов
- Липиды выполняют защитную функцию.

### Углеводы

Углеводы состоят из С, Н, О. Общая формула (СН<sub>2</sub>О)<sub>n</sub>, поэтому и называются углеводами. Углеводы делятся на 3 класса: моносахариды, олигосахариды и полисахариды (рис. 11). Моносахариды состоят из одной молекулы. Наиболее распространенными моносахаридами являются глюкоза и фруктоза

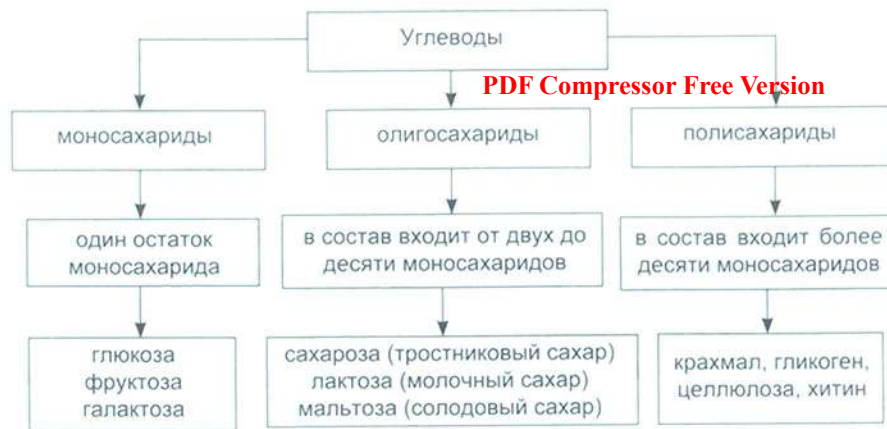


Рис. 11. Классификация углеводов

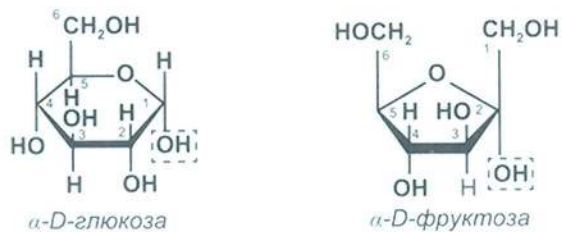


Рис. 12. Молекулы глюкозы и фруктозы

(рис. 12). Глюкоза является основным источником энергии для клеток и тканей организмов.

Олигосахариды состоят из 2–10 остатков моносахаридов. Два остатка моносахаридов образуют дисахарид, три остатка – трисахарид и т. д. Самыми значимыми являются следующие дисахариды: сахароза, лактоза и мальтоза.

Полисахариды являются биологическими полимерами, состоящими из более десяти моносахаридов. К основным полисахаридам относятся: крахмал, целлюлоза, гликоген, хитин.

Целлюлоза – основной компонент клеточной оболочки растений, состоит из более тысячи остатков глюкозы.

Целлюлоза сохраняет жесткость структуры растительных клеток, поэтому они крупнее чем животные клетки.

Крахмал является полимером глюкозы. Его молекулы состоят из неразветвленной цепочки амилозы и разветвленной цепочки амилопектина (рис. 13). Крахмал – запасное питательное вещество растений.

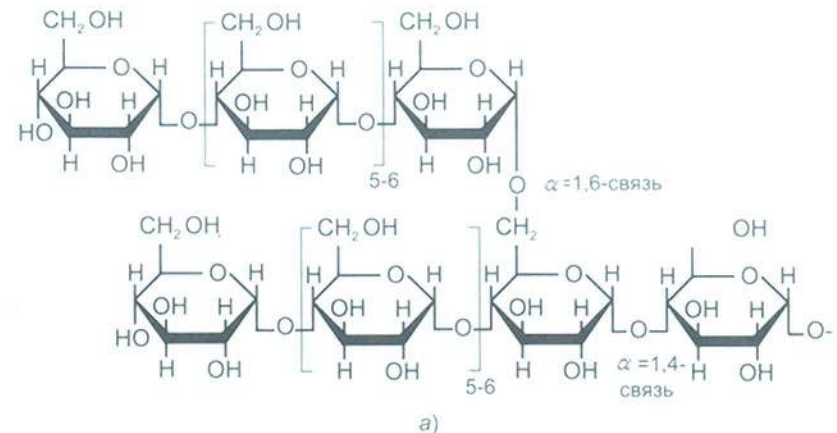


Рис. 13. Структура крахмала: а) амилоза, б) амилопектин

У животных и грибов роль запасного питательного вещества играет гликоген. Гликоген состоит из остатков  $\alpha$ -D-глюкозы, похож на амилопектин, только более разветвленный.

Хитин, состоящий также из остатков глюкозы, образует внешний скелет у членистоногих и входит в состав клеточной оболочки грибов. Производные полисахаридов входят в состав соединительной ткани, к ним относится гепарин, который препятствует сворачиванию крови.

#### Функции углеводов в клетке и организме:

- Структурная (клеточная оболочка растительной клетки, бактерий и грибов, наружный скелет членистоногих).
- Определяет антигенные свойства клеток (иммунная система, антитела, группы крови).
- Компонент соединительной ткани.
- Защитная функция.
- Запасная.

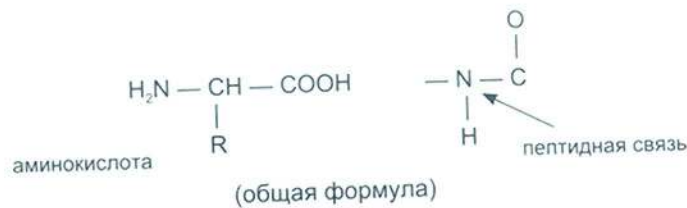
- Энергетическая – окисление 1 г глюкозы освобождает 17,6 кДж/моль энергии.

- Входит в состав нуклеиновых кислот, ариетем
- Участвует в обмене белков и липидов.

### Белки

Белки – это биополимеры, мономером которых является аминокислота. Молекулы белков разнообразны. Они отличаются по размерам, структуре и функциям. Их разнообразие определяется количеством, качеством и порядком расположения аминокислот. Белки делятся на простые – *протеины* (состоят только из аминокислот – альбумины, глобулины, гистоны) и сложные – *протеиды* (состоят из белковой и небелковой части). Сложные белки делятся на гликопротеиды, состоящие из белка и углеводов, липопротеиды (белок и липидная часть), нуклеопротеиды (белок и нуклеиновая кислота). Примером сложного белка является гемоглобин, содержащий железо, который состоит из белка – глобина, и небелковой части – порфирина.

Аминокислоты описываются общей формулой, где R – углеводородный радикал, который отличается у разных аминокислот, карбоксильная группа которого – COOH определяет кислотные свойства, NH<sub>2</sub> – это аминогруппа с основными свойствами. Аминокислоты поэтому проявляют амфотерные свойства.



В белковой молекуле аминокислоты соединяются пептидной связью – N(H) – C(=O).

В состав белка входят 20 основных аминокислот. Аминокислоты делятся на заменимые и незаменимые. Заменимые аминокислоты могут синтезироваться в организме, а незаменимые нет, они обязательно должны поступать с пищей.

Белки имеют несколько уровней организации. По строению выделяют первый, второй, третий и у некоторых белков четвертый уровень организации (рис. 14).

### Основные аминокислоты белка

Заменимые аминокислоты	Незаменимые аминокислоты	Заменимые аминокислоты	Незаменимые аминокислоты
аланин ала. А	аргинин* (арг. R)	глутаминовая кислота (глу. E)	лизин (лиз. K)
аспарагин (асн. N)	валин (вал. V)	пролин (про. P)	метионин (мет. M)
аспарагиновая кислота (асп. D)	гистидин* (гис. H)	серин (сер. S)	треонин (тре. T)
глицин (гли. G)	изолейцин (иле. I)	тирозин (тир. Y)	триптофан (трп. W)
глутамин (ггл. Q)	лейцин (лей. L)	цистеин (цистин) (цис. C)	фенилаланин (фен. F)

\* не полностью заменимые аминокислоты (у детей).  
\*\* в скобках указаны сокращенные названия аминокислот и их однобуквенные символы.

Потеря нативной структуры белковой молекулы называется *денатурацией*. К денатурации приводит нагревание, недостаток воды, влияние света и т. д. Если денатурация не приводит к нарушению первичной структуры, то при создании нормальных условий структура белка восстанавливается.

#### Функции белков в клетке:

- Белки выполняют функции катализаторов, т. е. ускоряют химические реакции в организме (ферменты – это белки – катализаторы, ускоряющие реакции в 10–100–1000 раз);

- Белки выполняют строительную функцию (входят в состав мембран и клеточных органоидов, также внеклеточных структур, например: коллаген соединительной ткани);



Уровни организации	Связи	Схемы	Особенности
Первичная структура - последовательность аминокислот	Отдельные аминокислоты соединяются ковалентной пептидной связью		особенность белковой молекулы
Вторичная структура - упаковка полипептидной цепи в спираль или другую конформацию: $\alpha$ - спираль $\beta$ - спираль (складчатый слой)	Сохраняется за счет образования между группами C=O и N-H нековалентных водородных связей внутри полипептидной цепи ( $\alpha$ ) и между цепями ( $\beta$ )		Упаковка полипептидной цепи с образованием спирали
Третичная структура - это расположение полипептидной цепи в 3D пространстве, н-р: глобула или фибрилла (в форме палочки)	Третичная конформация белка: образуется за счет ковалентных, в том числе дисульфидных и не ковалентных водородных, гидрофобных, электростатических связей		Определяет биологические свойства белка: ферментов, гормонов и т. д.
Четвертичная структура - это объединение нескольких полипептидных цепей (субъединиц)	Образуется за счет слабых связей между радикалами и Ван-дер-Ваальсовых сил между субъединицами		Образуется не у всех белков. Белки отличаются по количеству и сходству - различиям субъединиц (мономеров).

Рис. 14. Строение белка

- Специальные белки, обеспечивающие движение организмов (актин и миозин);

- Белки выполняют транспортную функцию (например: гемоглобин транспортирует кислород и углекислый газ);

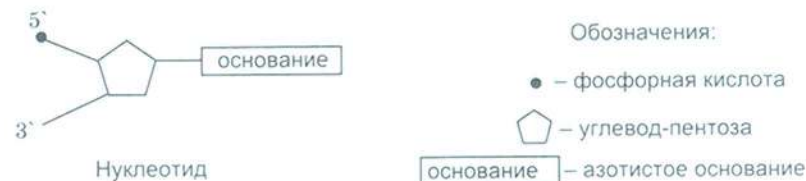
- Белки выполняют защитную функцию: входят в состав иммунной системы организма (антитела, антигены), участвуют в свертывании крови (белок плазмы крови фибриноген);

- Белки являются источником энергии (при расщеплении 1 г белка выделяется 17,6 кДж энергии). Однако белки в организме в качестве источника энергии используются в последнюю очередь.

- Белки выполняют регуляторную функцию, поскольку большинство гормонов – это белки, например, гормоны гипофиза, гормон поджелудочной железы – инсулин и т. д.

## Нуклеиновые кислоты

Нуклеиновые кислоты имеются у всех живых организмов. Нуклеиновые кислоты были выделены швейцарским биохимиком Фридрих Мишером из ядра клетки (ядро – лат. *nucleus*), отсюда и название – нуклеиновые. Позже нуклеиновые кислоты были найдены в цитоплазме и в некоторых органоидах клетки (митохондриях, хлоропластах). Нуклеиновые кислоты – это биополимеры, мономером которых является *нуклеотид*.



Нуклеиновые кислоты отличаются типом, количеством и последовательностью нуклеотидов. Каждый нуклеотид состоит из азотистого основания, пятиуглеродного сахара и фосфорной кислоты. Азотистое основание – это производное азотосодержащих гетероциклических соединений: пурина и пиримидина (рис. 15-а).



Рис. 15-а. Азотистые основания нуклеиновых кислот

В состав нуклеиновых кислот в соответствии с азотистыми основаниями имеется четыре типа нуклеотидов.

В состав нуклеотидов входят сахара пентозы – рибоза и дезоксирибоза (рис. 15-б).

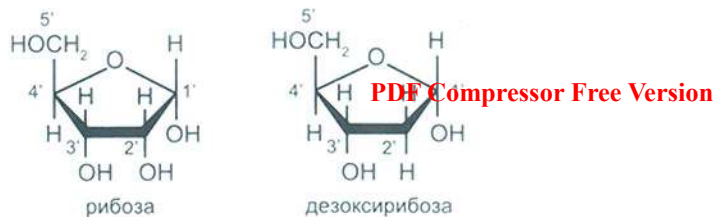


Рис. 15-б. Сахара нуклеиновых кислот

Нуклеотиды, объединенные фосфодиэфирными связями между 3' и 5' углеродными атомами сахара, образуют *первичную структуру* нуклеиновой кислоты (рис. 15-в)



Рис. 15-в. Первичная структура нуклеиновых кислот (схема)

В клетках организмов содержатся два типа нуклеиновых кислот, отличающихся по строению, составу и функциям: содержащие рибозу – рибонуклеиновая кислота (РНК), и дезоксирибозу – дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК).

**ДНК.** ДНК выполняет функцию сохранения наследственной информации. В состав ДНК входят 1) азотистые основания – аденин (А), гуанин (Г), тимин (Т), цитозин (Ц), 2) углевод – дезоксирибоза (отсюда название ДНК), 3) фосфорная кислота. У каждого индивида имеется своя индивидуальная ДНК. *Вторичная структура* ДНК в соответствии с моделью Уотсона-Крика (1953 г.) – это две комплементарные полинуклеотидные цепи, образующие противоположно расположенные спирали. А и Т, Г и Ц – это пары основания, структуры которых химически соответствуют друг другу, между ними образуются водородные связи. Последовательность оснований в одной цепи определяет их последовательность в другой. Если в одной цепи А, то в другой – Т, точно также Г и Ц располагаются друг против друга. Это явление называется *комплементарностью*.

Комплементарность объясняет точность считывания информации с ДНК. Цепи ДНК направлены в противоположных

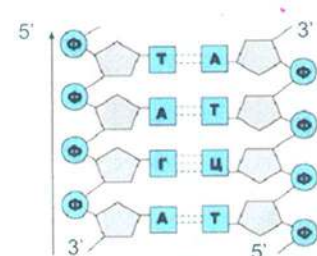


Рис. 16. Вторичная структура ДНК (схема)

направлениях, одна цепь в направлении от 3' – конца до 5' – конца, вторая от 5' – конца спирали до 3' – конца (рис. 16). Основу спирали образуют фосфорная кислота и дезоксирибоза. Две цепи внутри спирали соединяются за счет водородных связей между азотистыми основаниями. Между А и Т образуются две, между Г и Ц – три водородные связи.

В одном витке спирали располагается 10 пар оснований, размер одного витка – 3,4 нанометр ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ) (рис. 17).

ДНК образует суперспираль: в ядре образуются нити хроматина из ДНК и основных белков – гистонов. Перед делением клетки образуются хромосомы (рис. 18).

В ДНК закодирована информация о структуре всех белков организма. ДНК полностью регулирует работу клетки.

**РНК.** Рибонуклеиновые кислоты участвуют в синтезе белка. РНК также построена из нуклеотидов, однако в отличие от

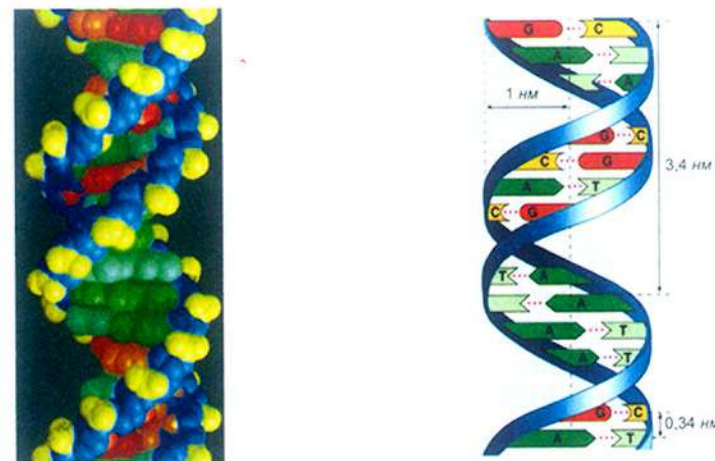


Рис. 17. Схема и модель ДНК

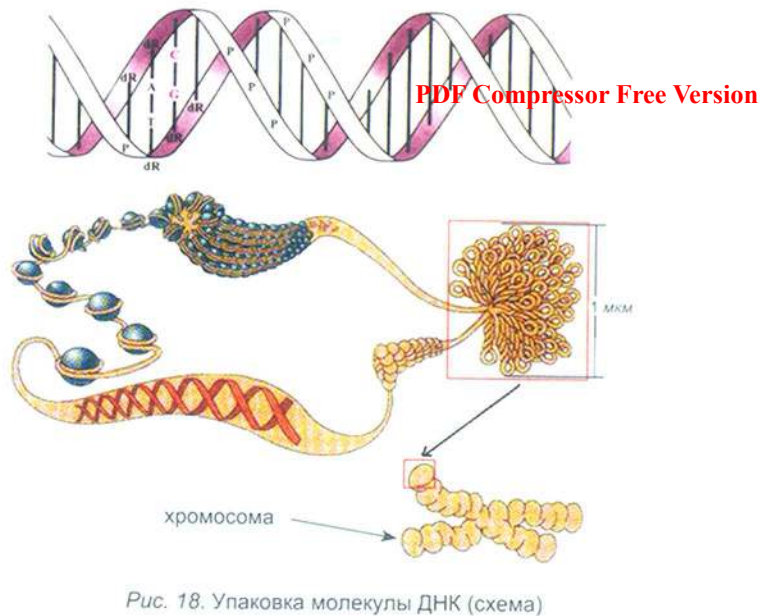


Рис. 18. Упаковка молекулы ДНК (схема)

ДНК, является одноцепочечной молекулой, имеет небольшой молекулярный вес, в состав входят А, Г, Ц и вместо тимина азотистое основание – урацил (У), углевод – рибоза, фосфорная кислота. РНК локализована в ядре, ядрышке, цитоплазме, митохондриях, рибосомах.

По составу, молекулярной массе и функциям РНК делится на три класса.

Информационная (или матричная) РНК (иРНК или мРНК) участвует в передаче информации о структуре белка с ДНК на рибосомы. Каждая информационная РНК содержит информацию об одном белке или одной полипептидной цепи. Информационная РНК имеет самую большую молекулярную массу.

Транспортная РНК (тРНК) участвует в транспорте аминокислот до места синтеза белка (рис. 19). Это самая короткая молекула РНК. Вторичная структура тРНК похожа на клеверный или кленовый лист. Третичная структура тРНК похожа на перевернутую букву L (рис. 20). Каждой аминокислоте соответствует своя молекула тРНК.

Рибосомная РНК (р РНК) вместе с белками образует рибосому, соответственно участвует в синтезе белка. рРНК составляет самую спирализованную массу РНК.

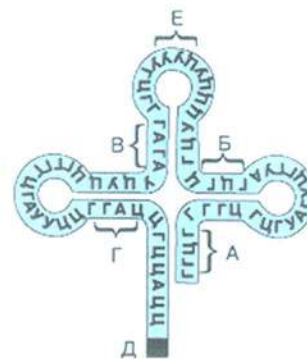


Рис. 19. Вторичная структура тРНК

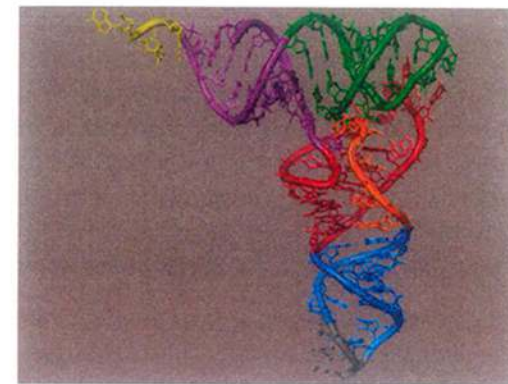


Рис. 20. Третичная структура тРНК

**АТФ.** Аденозинтрифосфорная кислота играет важную роль в клетке и организме. АТФ (рис. 21) является мононуклеотидом, состоящим из азотистого основания – аденина, углевода – рибозы и трех остатков фосфорной кислоты. В 1939–1940 гг. Ф. Липманом было установлено, что в клетке АТФ является основным переносчиком энергии. Две последние молекулы фосфорной кислоты образуют макроэргические (богатые энергией) связи, освобождение одной молекулы фосфорной кислоты приводит к выделению 30,6 кДж/моль. Особенность этих соединений определяется тем, что фосфатные группы легко присоединяются или отделяются от АТФ или других соединений с выделением энергии.

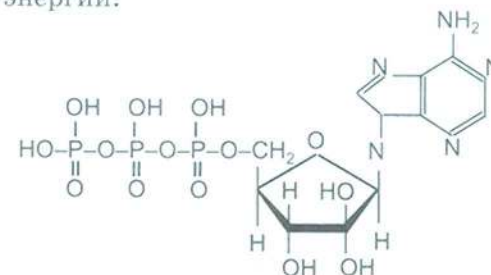


Рис. 21. Молекула АТФ

Аденозинтрифосфат (АТФ) образуется из аденозиндифосфата и остатков неорганической фосфорной кислоты за счет энергии, получаемой в процессе окисления разных органических веществ.



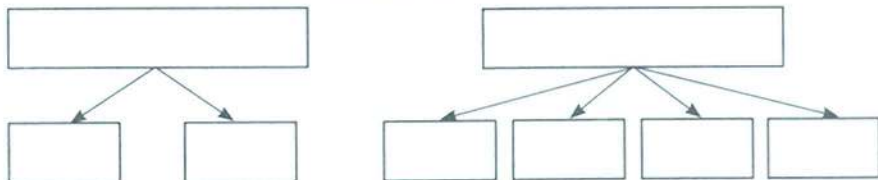
Энергия, выделяемая при окислении органических соединений, превращается в энергию фосфорилирования. Фосфорилирование происходит в митохондриях, хлоропластах. Запасаемая энергия используется во всех процессах жизнедеятельности: синтезе веществ, активном транспорте, сокращении мышц, фотосинтезе и т. д.

### Основные термины:

△ Липиды, жирные кислоты, насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты, незаменимые жирные кислоты, сахара, моносахариды, олигосахариды, полисахариды, аминокислоты, незаменимые аминокислоты, белки, строение белков, денатурация, нуклеиновые кислоты, нуклеотиды, ДНК, спираль ДНК, комплементарность, РНК, классы РНК, АТФ.

? 1. Заполни схему химической организации клетки:

Химическая организация клетки



- Какие аминокислоты являются заменимыми и незаменимыми?
- Структура белков
- Функции белков
- Определение денатурации белков. Причины денатурации белков.
- Структура и функции липидов
- Структура и функции углеводов
- Структура и функции ДНК
- Структура, функции и классы РНК
- Сравните ДНК и РНК, заполните таблицу

ДНК	РНК
Сходства	

Различия	

- Назовите функции АТФ.
- Назовите полные названия аминокислот, входящих в состав белка:
  - сер-гис-глу
  - мет-фена-гли
  - тир-вал-глуNH<sub>2</sub>
- Ответьте на тесты:
  - молекула ДНК не встречается в:
    - митохондриях
    - комплексе Гольджи
    - хлоропластах
    - мембране.
  - Комплементарными являются следующие пары оснований:
    - аденин – гуанин
    - аденин – тимин
    - аденин – цитозин
    - цитозин – тимин.
  - Белки не участвуют в выполнении следующей функции:
    - защитной
    - двигательной
    - энергетической
    - выполняет все указанные функции.
  - В образовании какой структуры белка участвует пептидная связь?
    - первичной, б) вторичной, в) третичной, г) четвертичной.
- Выберите неправильное понятие:
  - жиры не растворимы в воде, они гидрофобны
  - азот как микроэлемент входит в состав белка, нуклеиновых кислот, АТФ
  - нуклеотиды ДНК и РНК отличаются сахаром и азотистыми основаниями
  - мономером нуклеиновых кислот является аминокислота.
- Приведите примеры белков, выполняющих специфическую функцию. Заполните таблицу.

Функции белка	Примеры
Строительная	
Регуляторная	
Транспортная	
Двигательная	
Защитная	
Ферментативная или каталитическая	

1. Что такое ген?
2. Что такое генотип?
3. Что такое фенотип?

PDF Compressor Free Version

**Наследственность** – свойство организмов передавать особенности строения и жизнедеятельности из поколения в поколение.

Материальные основы наследственности – хромосомы и гены, в которых хранится информация о признаках организма. Передача генов и хромосом из поколения в поколение происходит благодаря размножению. Развитие дочернего организма из одной клетки – зиготы или группы клеток материнского организма происходит в процессе размножения. Они находятся в ядрах клеток, участвующих в размножении, генов и хромосом, определяющих сходство дочернего организма с материнским.

Наследственность – фактор эволюции, основа сходства родителей и потомства, особой одного вида.

**Изменчивость** – общее свойство всех организмов приобретать новые признаки в процессе индивидуального развития. *Виды изменчивости:* ненаследственная (модификационная) и наследственная (комбинативная, мутационная).

*Ненаследственные изменения* не связаны с изменениями генов и хромосом, не передаются по наследству, возникают под влиянием факторов внешней среды, исчезают со временем, носят групповой характер, происходят в пределах нормы реакции.

*Норма реакции* – свойство генотипа обеспечивать в определенных пределах развитие данного онтогенеза в зависимости от меняющихся условий среды. Например, капуста в жарких странах не завязывает кочана, продуктивность животных падает при плохом уходе. Одни признаки (например, молочность, вес) могут обладать широкой нормой реакции, другие (окраска шерсти) – узкой. Таким образом, организмом наследуется не признак, а способность организма (его генотипа) в результате взаимодействия с условиями среды давать определенный фенотип или, иначе говоря, наследуется норма реакции организма на внешние условия. Если некоторое количество организмов расположить в порядке возрастания или убывания признака (например, длины), то получится ряд изменчивости данного признака, слагающийся из отдельных вариантов, называемый вариационным рядом.



Рис. 22-а. Модификационная изменчивость

- а) тюльпан Грейга (внесен в Красную Книгу Кыргызстана)
- б) Аполлон (внесен в Красную Книгу Кыргызстана)
- в) Арча (можжевельник), разные формы: низкорослая, древовидная, стелющаяся

Варианта – это единичное выражение развития признака. Размах вариаций и частоту встречаемости отдельных вариантов изучают с помощью вариационной кривой – графического выражения изменчивости признака. Используя данные кривой, определяют среднюю величину данного признака.

*Модификационная изменчивость* дает возможность особям приспосабливаться к постоянно меняющимся условиям среды. У всех особей вида проявляются сходные модификационные изменения. При прекращении действия фактора модификационные изменения исчезают (загар зимой исчезает). Примерами модификационной изменчивости могут служить качественные (цвет кожи, жирность молока, цвет глаз,) и количественные (высота растений, размеры листьев, яйценоскость, количество надоя молока, урожайность) признаки (рис. 22-а, б).

Примерами модификационной изменчивостью может быть появление загара летом, увеличение массы тела животных при



а) Листья одуванчика



PDF Compressor Free Version



б) Листья тополя и тутовника



в) Арча

Рис. 22-б. Модификационная изменчивость

хорошем кормлении и содержании, развитие определенных групп мышц при занятиях спортом.

Модификационная изменчивость характеризуется следующими основными свойствами: НЕ наследуется, групповой характер изменений, соответствие изменений действию факторов среды (рис. 22-а, б).

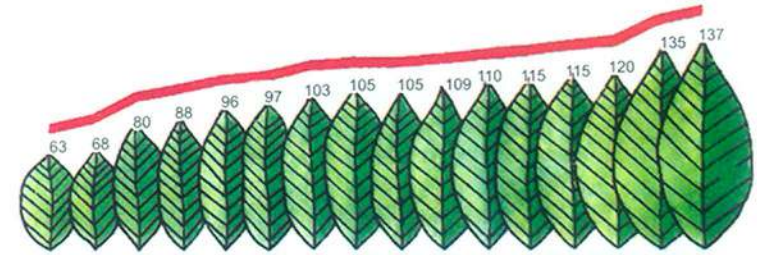
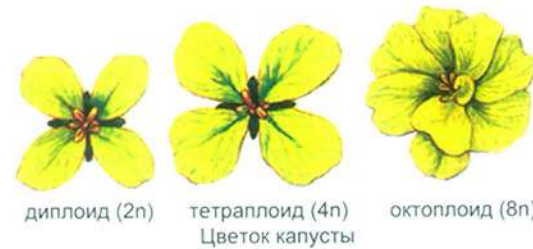


Рис. 23. Модификационная изменчивость размера листьев. Вариационный ряд

Каждое значение изучаемого признака называется вариацией. Количественные признаки могут составить вариационный ряд (рис. 23), в котором показатели признака располагаются по возрастанию или уменьшению.



диплоид (2n)      тетраплоид (4n)      октоплоид (8n)  
Цветок капусты



Изменчивость листьев фиалки



Альбинизм



Рис. 24. Мутационная изменчивость

*Наследственные изменения* обусловлены изменениями генов и хромосом, передаются по наследству, различаются у особей в пределах одного вида, сохраняются у потомства.

*Комбинативная изменчивость.* Проявляется комбинативная изменчивость при скрещивании, она обусловлена появлением новых комбинаций (сочетаний) генов у потомства. Источники комбинативной изменчивости служат: обмен участками между гомологичными хромосомами, случайное сочетание половых клеток при оплодотворении и образовании зиготы. Разнообразные сочетания генов – причина рекомбинации (нового сочетания) родительских признаков у потомства.

*Мутационная изменчивость* – внезапно возникающие стойкие изменения генов или хромосом, вызывающее появление новых признаков в фенотипе. Результат мутаций – появление новых признаков у дочернего организма, которые отсутствовали у его родителей, например шестипалая рука, коротконогость у овец, альбинизм (отсутствие пигмента) и другие (рис. 24). Мутации могут быть полезными, вредными и нейтральными. Вредное действие большинства мутаций для организма проявляется вследствие появления новых признаков, не соответствующих среде его обитания.

*Наследственная изменчивость – фактор эволюции.* Появление новых признаков у организмов и их многообразие – материал для действия естественного отбора, сохранения особей с изменениями, соответствующими среде обитания, формирования приспособленности организмов к изменяющимся условиям внешней среды.

### Основные термины:

△ *Наследственные изменения, модификационная изменчивость, мутационная изменчивость, норма реакции.*

- ? 1. Что такое наследственность?  
 2. Что такое изменчивость?  
 3. Что является материальной основой наследственности?  
 4. Назовите виды изменчивости.  
 5. Чем отличаются ненаследственная и наследственная изменчивость?  
 6. Приведите примеры модификационной изменчивости.  
 7. Что такое норма реакции?

8. Заполните таблицу:

№	Модификационная изменчивость	Характеристика
1	Эта изменчивость считается определенной?	
2	Имеет групповой характер.	
3	Влияние на генотип.	
4	Влияние на фенотип.	
5	Наследственные изменения наследуются.	
6	Значение для организма.	
7	Значение для эволюции.	

9. Сравните виды изменчивости.

10. Дайте ответы на тесты:

- 1) Какая изменчивость характерна для листьев одного дерева?  
 а) мутационная;  
 б) комбинативная;  
 в) модификационная;  
 г) все листья похожи, изменчивости нет.
- 2) Модификационная изменчивость от мутационной отличается тем, что:  
 а) характерна для большинства особей вида;  
 б) характерна только для отдельных особей вида;  
 в) связана с изменчивостью генов;  
 г) наследуется.
12. Одинаковы ли размеры листьев на одном растении? Если нет, то почему?

### Лабораторная работа «Модификационная изменчивость»

*Цель:* познакомить учащихся со статистическими закономерностями модификационной изменчивости, выработать умение строить вариационный ряд и график изменчивости изучаемого признака.

*Оборудование:* листья деревьев (дуба, вяза-карагача и т. д.), можно использовать лавровые листья.

*Ход работы:*

1. Измерьте размеры (длину) листьев, расположив листья одного растения в порядке нарастания их длины.  
 2. Результаты измерений внесите в таблицу.

v Длина листьев, см				
P Количество листьев, штук				

3. Подсчитайте число листьев, имеющих одинаковую длину, внесите данные в таблицу, в которой по горизонтали сна-

чала расположит ряд чисел, отображающих последовательное изменение признака, ниже – частоту встречаемости каждого признака. Определите, какие признаки встречаются часто, какие – редко.

4. Вычислите средние размеры листьев:

$$M = \frac{\sum (vP)}{n}$$

где  $v$  – длина листьев, см;

$P$  – количество листьев, штук;

$n$  – общее количество листьев.

5. Постройте вариационную кривую, которая представляет собой графическое выражение изменчивости признака.

6. Подведите итоги, сделайте выводы.

7. Можно использовать колоски пшеницы, ржи, ячменя, початки кукурузы, не вскрытые стручки фасоли, зеленого гороха. Посчитайте количество зерновок в колосе или бобов в стручке. Постройте вариационную кривую. Сделайте выводы.

8. Измерьте у одноклассников рост (длину), размер обуви, отдельно для мальчиков и девочек. Постройте вариационные кривые, сделайте выводы.

## § 6. Наследственная информация и генетический код

1. Что такое наследственность?

2. Что такое ген?

3. Каково строение ДНК и РНК?

4. Какие азотистые основания входят в состав РНК?

5. Роль информационной (или матричной) РНК.

6. Структура транспортной РНК.

Генетический код – единая система записи наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот в виде последовательности нуклеотидов. Определённой последовательности нуклеотидов в ДНК и РНК соответствует определённая последовательность аминокислот в полипептидных цепях белков. Генетический код основан на использовании алфавита, состоящего всего из четырех букв – нуклеотидов, отличающихся азотистыми основаниями: А (аденин), Т (тимин), Г (гуанин), Ц (цитозин).

В особых случаях информация может переноситься от РНК к ДНК, но никогда не переносится от белка к генам.

Реализация генетической информации осуществляется в два этапа. В клеточном ядре на ДНК синтезируется информационная, или матричная, РНК (*транскрипция*). При этом нуклеотидная последовательность ДНК «переписывается» (перекодируется) в нуклеотидную последовательность мРНК. Затем мРНК переходит в цитоплазму, прикрепляется к *рибосоме*, и на ней, как на матрице, синтезируется полипептидная цепь белка (*трансляция*). Аминокислоты с помощью транспортной РНК присоединяются к строящейся цепи в последовательности, определяемой порядком нуклеотидов в мРНК.

Наследственная информация релизуется с помощью генетического кода.

Расшифровка генетического кода, т. е. определение «смысла» каждого кодона и тех правил, по которым считывается генетическая информация, осуществлена в 1961–1965 гг. и считается одним из наиболее ярких достижений молекулярной биологии.

Таблица генетического кода

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен Фен Лей Лей	Сер Сер Сер Сер	Тир Тир - -	Цис Цис - Три	У
Ц	Лей Лей Лей Лей	Про Про Про Про	Гис Гис Гли Гли	Арг Арг Арг Арг	Ц
А	Иле Иле Иле Мет	Тре Тре Тре Тре	Аси Аси Лиз Лиз	Сер Сер Арг Арг	А
Г	Вал Вал Вал Вал	Ала Ала Ала Ала	Асп Асп Глу Глу	Гли Гли Гли Гли	Г

### Основные свойства генетического кода:

1. Генетический код триплетен.

*Триплет (кодон)* – последовательность трех нуклеотидов, определяющая (кодирующая) одну аминокислоту.

2. Избыточность (вырожденность) кода является следствием его триплетности и означает то, что одна аминокислота может кодироваться несколькими триплетами. Поскольку в сос-



тав белков входит 20 аминокислот, число возможных триплетов нуклеотидов составляет  $4^3 = 64$ . Это повышает надежность кода и процесса биосинтеза белка. **PDF Compressor Free Version**

Исключение составляют метионин и триптофан, которые кодируются только одним триплетом. 61 триплет кодирует определенные аминокислоты. Оставшиеся триплеты выполняют специфические функции. Так, в молекуле иРНК три из них УАА, УАГ, УГА – являются терминирующими кодонами, т. е. стоп-сигналами, прекращающими синтез полипептидной цепи. Триплет, соответствующий метионину (АУГ), стоящий в начале цепи ДНК, выполняет функцию инициирования (возбуждения) считывания.

3. Специфичен. Одновременно с избыточностью коду присуще свойство однозначности, которое означает, что каждому кодону соответствует только одна определенная аминокислота.

4. Код однонаправлен, считывание информации идет только в одном направлении от 5' до 3' конца.

5. Генетический код непрерывен и компактен, т. е. не содержит «знаков препинания». Это значит, что процесс считывания не допускает возможности перекрывания кодонов (триплетов), и считывание идет непрерывно триплет за триплетом до стоп-сигналов (терминирующих кодонов).

6. Генетический код универсален, т. е. он одинаков у всех живых существ – от бактерий до человека. Возможно, это является подтверждением концепции о происхождении всех организмов от одного общего предка.

### Основные термины:

△ *Ген, генетический код.*

- ? 1. Что такое генетический код?  
2. Назовите свойства генетического кода.  
3. Определите роль стоп-кодонов.  
4. О чем говорит универсальность генетического кода?  
5. В чем значение однонаправленности считывания кода?  
6. Назови, какое количество аминокислот закодировано:

АГУ ЦЦУ ААЦ АУУ УЦЦ УУА?

7. Выбери правильный ответ. Генетический код несёт информацию в первую очередь:  
а) об общем плане строения ядра;  
б) о количестве хромосом в клетках организма;  
в) о первичной структуре белка;  
г) о структуре РНК.

8. В ДНК есть участок со следующим составом нуклеотидов:

А–А–Г–Ц–Т–Т–Т–Г–Ц–Ц–А–Г

Используя таблицу генетического кода, определите аминокислотную последовательность пептида, зашифрованного в этом участке ДНК.

### § 7. Матричные реакции – как основа передачи и реализации генетической информации в живых системах

1. Какое строение имеют молекулы ДНК?  
2. Какую функцию выполняют ДНК и РНК?  
3. Что такое комплементарность?

У всех живых организмов ДНК является первичным носителем генетической информации. Это значит, что в структуре молекулы ДНК в виде последовательности нуклеотидов записана вся программа, необходимая для жизнедеятельности клетки, ее реакции на различные внешние воздействия. ДНК служит матрицей (лат. *матрикс* – основа, начало) для синтеза всех нуклеиновых кислот.

Матричный синтез специфична особенность живой клетки. Матричный синтез происходит в двух случаях: при самоудвоении (репликации) молекулы ДНК и при синтезе (транскрипции) РНК. Он лежит в основе воспроизведения себе подобного.

### Биосинтез ДНК

Все процессы, происходящие с участием ДНК можно разделить на два вида:

- 1) использование информации, записанной на ДНК, для синтеза молекул РНК, а затем клеточных белков;
- 2) сохранение, размножение и изменение информационного содержания молекул ДНК.

Каждая программа, записанная на ДНК, может быть многократно считана. Способность ДНК к точному самоудвоению заложена и в самом принципе построения ДНК в виде двунилевой структуры со комплементарными последовательностями (рис. 25). Это означает, что каждая из цепей содержит полную информацию о строении противоположной цепи.

При расплетании двунилевой ДНК каждая из цепей может воспроизвести другую цепь. Процесс самоудвоения ДНК называется *репликацией*. Он происходит при участии ферментов ДНК-полимераз.



Рис. 25. Синтез ДНК – принцип комплементарности

Двуцепочечная ДНК расплетается с помощью особых ферментов. Каждая цепь молекулы ДНК служит матрицей для синтеза новой цепи. С помощью фермента ДНК – полимеразы на материнской цепи достраивается новая цепь по принципу комплементарности. *Принцип комплементарности*: если на одной цепи ДНК расположен Аденин (А), то на другой присоединяется Тимидин (Т), против Гуанин (Г) присоединяется Цитозин (Ц).

В результате репликации получаем две дочерние двуцепочечные молекулы ДНК – точные копии материнской. При этом одна цепь материнская, вторая – новая (рис. 26).

Количество ДНК обозначается латинской буквой *c* (анг. *content* – содержание). Перед редупликацией оно составляет – 2 *c*, после в 2 раза больше – 4 *c*.

Для правильности передачи наследственной информации процесс репликации ДНК должен идти с большой точностью. Ошибки синтеза ДНК распознаются и устраняются особыми белками – ферментами.

Матричный синтез ДНК выполняет две основные функции: репликацию (удвоение) ДНК, т. е. синтез новых дочерних цепей, комплементарных исходным матричным цепям, и *репарацию* (восстановление) ДНК, если одна из цепей имеет повреждения. Но не всегда репарация способна восстановить первоначальную структуру ДНК и процесс репликации происходит с поврежденной цепи ДНК. В этом случае происходит наследование повреждений – *мутация*.

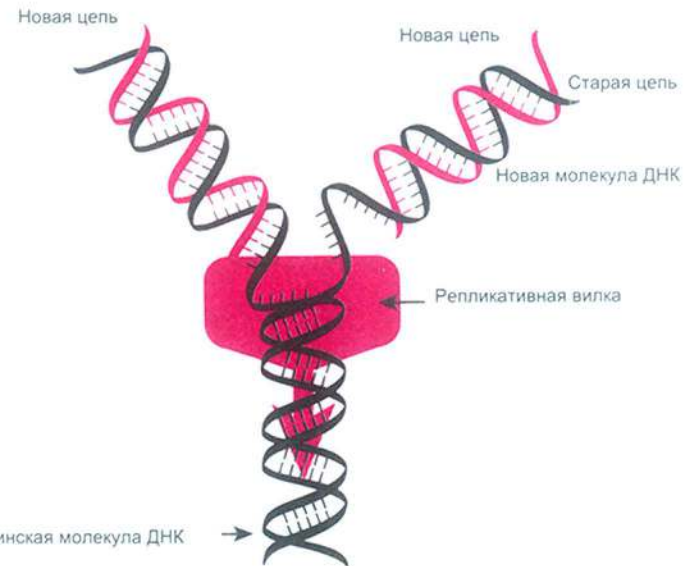


Рис. 26. Репликация ДНК

### Биосинтез РНК

Процесс биосинтеза РНК называется *транскрипцией* (лат. *transcriptio* – переписывание). Матрицей для синтеза РНК служит одна из цепей ДНК. С участка ДНК – гена переписывается информация о структуре одного белка. ДНК раскручивается на определенном участке, на котором с помощью фермента РНК – полимеразы происходит процесс синтеза РНК по принципу комплементарности: против А достраивается У, против Г – Ц. В результате получается точная копия участка ДНК (рис. 27). Происходит реализация наследственной информации на молекулярно-генетическом уровне. Синтезированная РНК отделяется от матрицы ДНК, которая восстанавливает свою двойную спираль.

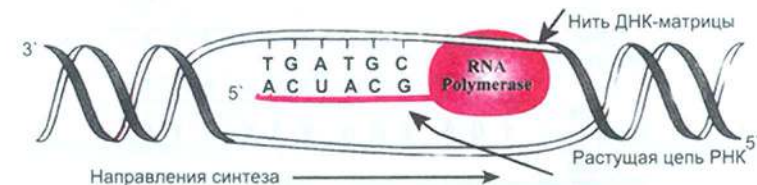


Рис. 27. Синтез РНК

Таким образом, синтезируются все классы РНК: информационная, транспортная, рибосомальная.

PDF Compressor Free Version

- ? 1. Какие реакции называются матричными?  
 2. Дайте определение репликации.  
 3. Каков результат репликации?  
 4. Что такое транскрипция?  
 □ 5. Определите нуклеотиды второй цепи ДНК, если в первой имеется следующая нуклеотидная последовательность: АТТГЦАТАТГЦААГ.

### Синтез белка

Процесс передачи наследственной информации внутри клетки идет в несколько этапов. Биосинтез белка идет в 2 этапа (рис. 28). Наследственная информация копируется с ДНК на информационную РНК (транскрипция), затем реализуется при биосинтезе белка.

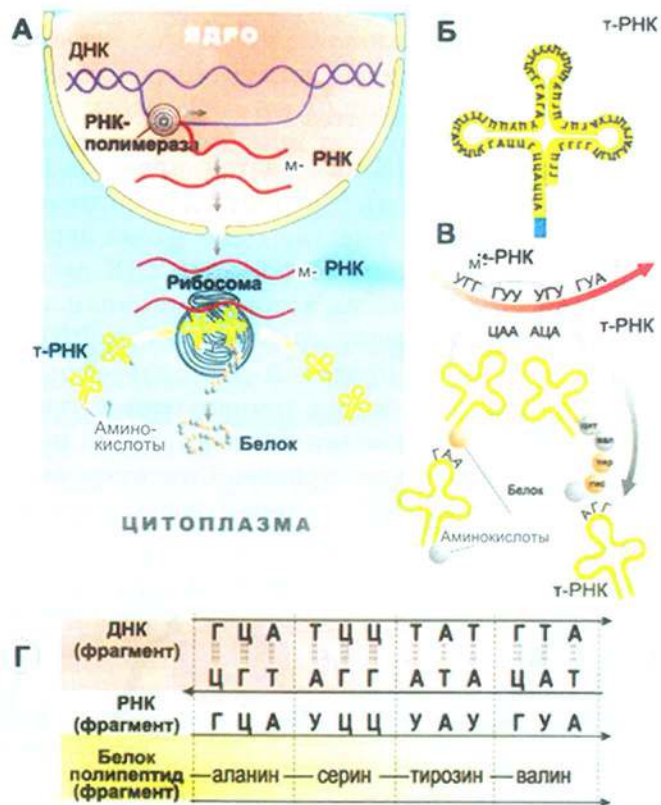


Рис. 28. Схема синтеза белка. Полирибосомы

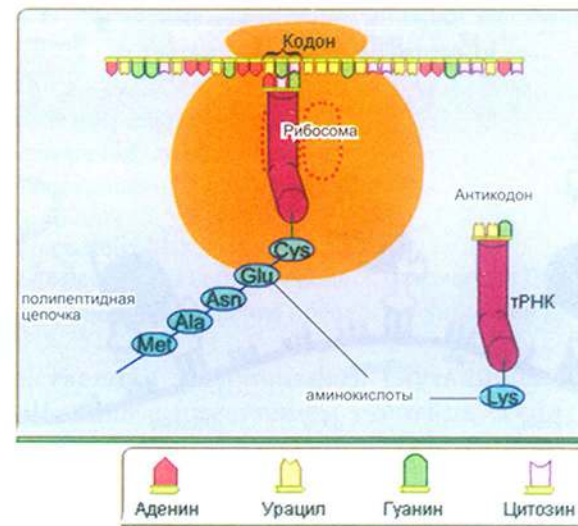


Рис. 29. Работа рибосомы

ДНК  $\xrightarrow{\text{транскрипция}}$  РНК  $\xrightarrow{\text{трансляция}}$  белок

Информация о структуре белка в виде последовательности нуклеотидов и-РНК реализуется в виде последовательности аминокислот в синтезируемой молекуле белка. Этот процесс называют *трансляцией* (лат. «трансляцио» – перенесение, перевод). Это также матричный синтез.

В синтезе белка принимают участие рибосомы (рис. 29). Рибосомы образуются из рибосомальной РНК и белков, состоят из двух субъединиц: большой и малой. Рибосомы образуют полисомы, связанные с эндоплазматической сетью (шероховатая эндоплазматическая сеть). Информацию о белке доставляют информационные РНК, транспортные РНК – аминокислоты, из которых строятся белки, энергию – АТФ. Информационная РНК располагается в щели между субъединицами рибосомы. На всех этапах синтеза белка участвуют ферменты.

Необходимые для синтеза аминокислоты связываются с соответствующими тРНК, это определяется структурой антикодона тРНК. Синтез идет в направлении 5'-3'. Считывание информации идет триплетами. В цепи мРНК информация о каждой аминокислоте записана в виде комбинации из трех нуклеотидов – *кодонов*. На рибосомах происходит взаимодействие кодона мРНК с антикодоном тРНК. Антикодон тРНК –

## § 8. Мутации – наследственные изменения генетического материала

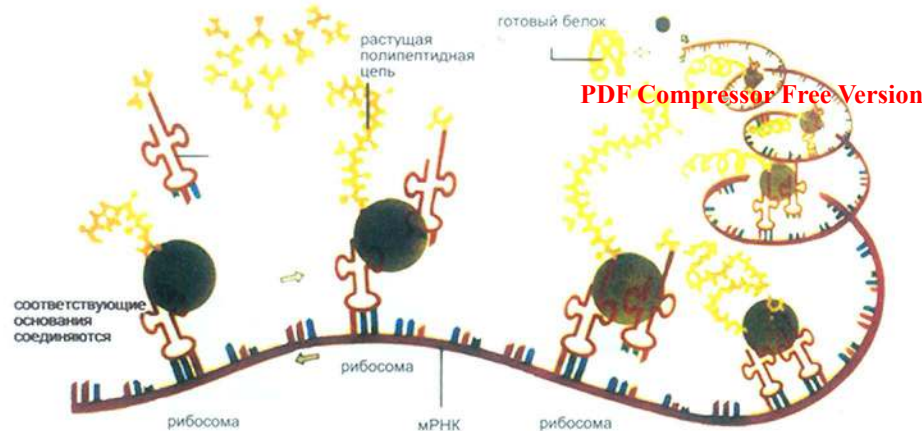


Рис. 30. Синтез белка

это тоже триплет, а сама тРНК имеет вид кленового листа (рис. 30). Образуются водородные связи между кодоном иРНК и антикодоном тРНК по принципу комплементарности. На рибосоме имеются два участка связывания, обозначенные буквами А (аминокислоты) и П (пептид). Между аминокислотами образуется пептидная связь, при этом вторая аминокислота перекидывается во второй участок. Рибосома передвигается скачками по иРНК с триплета на триплет. Затем присоединяется следующая аминокислота и соответственно полипептидная цепь удлиняется, далее этот процесс повторяется. Синтез идет до тех пор, пока рибосома не дойдет до одного из кодонов терминации (стоп – кодоны): УАА, УГА, УАГ.

Синтез белка идет сразу на нескольких рибосомах, это ускоряет процесс и позволяет быстро получить много копий белка.

### Основные термины:

△ Репликация. Репарация. Транскрипция. Трансляция

- ? 1. Что такое трансляция?  
2. Почему биосинтез белка происходит в цитоплазме, а не в ядре, где находится необходимая для этого ДНК?  
3. Почему молекула ДНК не транспортируется из ядра в цитоплазму, к месту синтеза белка? Ведь в этом случае не нужна была бы молекула-посредник – информационная РНК!

1. Что такое наследственность?  
2. Определите виды изменчивости.  
3. Дайте определения генотипа и фенотипа.  
4. Что такое ген?  
5. Из чего состоит ДНК?  
6. Из каких процессов состоит процесс репликации ДНК?  
7. К чему приводит нарушение процесса репликации ДНК?

**Наследственная изменчивость** (мутационная или генотипическая) связана с изменением генотипа особи, поэтому возникающие изменения наследуются. Она является материалом для естественного отбора. Дарвин назвал эту наследственность неопределенной. Основой наследственной изменчивости являются *мутации*. *Наследственная изменчивость* – свойства организма приобретать новые признаки в процессе онтогенеза и передавать их потомству.

Представление о мутации, как о причине появления нового признака было выдвинуто в 1901 году голландским ботаником Гуго де Фризом.

**Мутационная изменчивость.** Мутационной называется изменчивость самого генотипа. *Мутации* – это внезапные наследуемые изменения генетического материала, приводящие к изменению тех или иных признаков организма.

Основные положения мутационной теории разработаны Г. Де Фризом в 1901–1903 гг. и сводятся к следующему:

1. Мутации возникают внезапно, скачкообразно, как дискретные изменения признаков.
2. В отличие от ненаследственных изменений мутации представляют собой качественные изменения, которые передаются из поколения в поколение.
3. Мутации проявляются по-разному и могут быть как полезными, так и вредными, как доминантными, так и рецессивными.
4. Вероятность обнаружения мутаций зависит от числа исследованных особей.
5. Сходные мутации могут возникать повторно.
6. Мутации ненаправленны (спонтанны), т. е. мутировать может любой участок хромосомы, вызывая изменения как незначительных, так и жизненно важных признаков.

Мутацией называют изменение количества или структуры ДНК организма. Мутация приводит к изменению генотипа. Мутации, возникшие в половых клетках, передаются следующим поколениям организмов, тогда как мутации в соматических клетках наследуются только дочерними клетками, образовавшимися путем митоза, и такие мутации называются *соматическими*.

По уровню возникновения мутации делятся на три группы: генные, геномные, хромосомные. Мутации, возникающие в результате изменения структуры хромосом, называются *хромосомными* мутациями.



При изменении структуры ДНК в одном локусе происходит генная мутация. Их результат – изменение последовательности аминокислот в полипептидной цепи, и появление белка с новыми свойствами. Большая часть генных мутаций фенотипически не проявляется, поскольку они рецессивны.

**Геномные мутации** – это изменения числа хромосом.

Изменения числа хромосом обычно происходит в результате ошибок при мейозе, но они возможны и при нарушении митоза. Эти изменения выражаются либо в анеуплоидии – утрате или добавлении отдельных хромосом, либо в полиплоидии – добавлении целых гаплоидных наборов хромосом.

Одна из наиболее часто встречающихся хромосомных мутаций, возникающих у человека в результате нерасхождения, трисомия-21, или синдром Дауна (2n+47). Синдром Дауна описан в 1866 г. К числу ее симптомов относятся: задержка умственного развития, пониженная сопротивляемость болезням, врожденные сердечные аномалии, короткое туловище и



Рис. 31. Синдром Дауна

толстая шея, и характерные складки над внутренним углом глаз.

Синдром Дауна и других сходные аномалии чаще встречаются у детей, рожденных немолодыми женщинами (рис. 31).

Нерасхождение хромосом при гаметогенезе и результаты слияния образующихся при этом аномальных гамет с нормальными гаплоидными гаметами приводит к различным формам полисомии, при котором число хромосом может быть равно  $2n-1$  (трисомия) и т. д., или же  $2n-1$  (моносомия).

Мутации возникают случайным образом. Частота возникновения мутаций у различных организмов различна (рис. 32).

В результате работ Меллера в двадцатые годы двадцатого века было установлено, что мутации (их частоту) можно повысить, воздействуя на организмы рентгеновским лучами. В дальнейшем выяснилось, что частота мутаций значительно повышается при помощи ультрафиолетовых лучей и гамма-лучей. Частицы высокой энергии, такие как альфа- и бета-частицы, нейтроны и космическое излучение тоже мутагены, т. е. способны вызывать мутации. Мутагенным действием обладают и разнообразные химические вещества, в частности иприт, кофеин, формальдегид, колхицин, некоторые компоненты табака, все возрастающее число лекарственных препаратов, пищевых консервантов и пестицидов.



a)



б)



в)



г)



д)



е)

Рис. 32. Мутации:

- а) голубые глаза – генная мутация;
- б) полиплоидия: роза большелистная с 14 и 28 хромосомами;
- в) прототерия – преждевременное старение;
- г) мутагенез.



а)



б)

Рис. 33. Эритроциты. а) норма; б) серповидноклеточная анемия: меняется форма и свойства

Мутации, по характеру проявления, бывают доминантными или рецессивными. По месту возникновения делятся на генеративные (в половых клетках) и соматические (в клетках тела). Большинство мутаций рецессивны и не проявляются у гетерозигот. Это очень важно для существования вида. Мутации, как правило, оказываются вредными. Но некоторые мутации могут быть и полезными, тогда в процессе естественного отбора они получают преимущество и сохраняются.

В гомозиготном состоянии мутации понижают жизнеспособность или плодовитость особи. Мутации, резко снижающие жизнеспособность или приводящие к смерти, называются *летальными* или *полудетальными*. У человека к таким мутациям относится ген гемофилии и ген серповидно-клеточной анемии, определяющей синтез аномального гемоглобина.

**Гемофилия** – это наследственное заболевание, несворачивание крови, проявляется у мужчин.

При серповидно-клеточной анемии (рис. 33) меняется форма эритроцита, из-за мутации происходит изменение одной аминокислоты гемоглобина, что влияет на его способность участвовать в транспорте кислорода.

Соматические генные мутации, наследуются только теми клетками, которые образуются из мутантной клетки путем митоза.

Соматические мутации, вероятно, возникают очень часто и остаются незамеченными, но в некоторых случаях образуются клетки с повышенной скоростью деления и роста. Эти клетки могут дать начало опухолям – либо доброкачественным, которые не оказывают особого влияния на весь организм, либо

злокачественным, что приводит к раковым заболеваниям. Сейчас обсуждается вопрос о соматических мутациях, как причине старения.

PDF Compressor Free Version

### Основные термины:

△ *Мутация. Мутационная изменчивость. Геномные мутации. Соматические мутации.*

- ?
1. Что такое мутация?
  2. Чем отличается наследственность и ненаследственная изменчивость?
  3. Дайте характеристику хромосомным мутациям.
  4. Сравните анеуплоидию и полиплоидию.
  5. Чем отличаются генные и геномные мутации?
  6. Сформулируйте основные положения мутационной теории Г. Фриза.
  7. Почему люди рентгеновское исследование проводят только раз в год?
  8. Все ли мутации вредны для человека?
  9. Какие наследственные болезни вы знаете, их причины?

## РАЗДЕЛ III

### ТИРИОГАНОИДНО-КЛЕТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

#### § 9. Клетка как структурная единица всех живых организмов

- 📖
1. Из чего построены живые организмы?
  2. Все ли организмы и их части имеют клеточное строение?
  3. Чем отличаются растительные и животные организмы?
  4. Можно ли увидеть невооруженным взглядом внутреннее строение организмов?

#### История вопроса

Растения, животные и человек состоят из разных органов. Их внутреннее строение было установлено после изобретения линзы и микроскопа.

**История открытия клеточного строения организмов.** В середине XVII века (1665 г.) английский естествоиспытатель Роберт Гук, исследуя с помощью микроскопа тонкий срез пробки, обнаружил, что пробка состоит из плотных ячеек, которые он назвал *клетками* (лат. *cellula* – комнатка). Позже им было установлено, что и другие части растений (древесина, листья, стебли) также состоят из клеток.

Дальнейшее изучение клеточного строения организмов связано с именем голландского исследователя А. Левенгука. Линзы, изготовленные ученым, давали увеличение в 300 раз, что позволило сделать ряд больших открытий: описать бактерии, простейшие (инфузории, амёбы), эритроциты крови, сперматозоиды.

Особенно интенсивно изучение внутреннего строения клетки продолжилось в XIX, чему способствовало усовершенствование микроскопов.

В 1831 г. англичанин Броун изучил и описал ядро растительной клетки.

Многочисленные наблюдения по строению клетки, обобщение накопленных данных позволили внести серьезный вклад в изучение клетки немецким исследователям – зоологу Маттиас Якоб Шлейдену и ботанику Теодор Шванну. Они установили, что органы растений, животных и человека имеют клеточное

строение. Они сформулировали положения первой клеточной теории:

- все организмы состоят из клеток; PDF Compressor Free Version
- клетки представляют собой мельчайшие структурные единицы жизни;
- клетки в организме возникают путем новообразований из неклеточного вещества.

Основные положения клеточной теории оказались верными и оказали большое влияние на дальнейшее развитие исследований клетки. Третье положение было исправлено немецким ученым и врачом Рудольфом Вирховым, который доказал, что «каждая клетка происходит из клетки путем деления исходной клетки».

**Современная клеточная теория включает следующие основные положения:**

1. Клетка – элементарная единица живого, способная к самообновлению, саморегуляции и самовоспроизведению, является единицей строения, функционирования и развития всех живых организмов.

2. Клетки всех живых организмов гомологичны по строению, сходны по химическому составу и основным проявлениям жизнедеятельности.

3. Размножение клеток происходит путем деления исходной материнской клетки.

4. В многоклеточном организме клетки специализируются по функциям и образуют ткани, из которых построены органы и системы органов, связанные между собой межклеточными, гуморальными (с помощью гормонов) и нервными формами регуляции.

5. Живая система, состоящая из окруженного мембраной ядра и цитоплазмы, называется *клеткой*.

6. Клеточная организация проходит путь эволюции от безъядерных (прокариоты) до ядерных (эукариоты), от доклеточных до одно и многоклеточных организмов.

7. В клетке происходят:

- а) метаболизм – обмен веществ;
- б) обратимые физиологические процессы – дыхание, поступление и выделение веществ, возбуждение, движение;
- в) необратимые процессы – рост и развитие;

8. Сходство клеточного строения организмов свидетельствует об единстве происхождения.

Все эти открытия привели к появлению особого раздела биологии, который и изучает клетку, а именно цитологии (в переводе с греческого «*cytos*» – клетка, «*logos*» – наука). Дальнейшее ее развитие связано с развитием и усовершенствованием физико-химических и микроскопических методов исследования клетки.

Размеры клеток могут варьировать от 1 *мкм* до 10 *мкм*. Самые большие клетки – это яйцеклетки рыб, земноводных, рептилий, птиц за счет питательных веществ. Отростки нервных клеток могут достигать 1 метра.

Форма и размеры клеток зависят от их функций. Клетки мышц имеют вытянутую форму, покровные ткани состоят из многоугольных клеток, нервные клетки за счет отростков имеют звездчатую форму, эритроциты крови – дисковидную форму, лейкоциты – похожи на амёбу.

Клетка может быть отдельным организмом: прокариоты, простейшие, одноклеточные водоросли и грибы. Все многоклеточные организмы построены из таких же клеток или их производных.

**Методы изучения клетки.** Один из методов изучения клетки – микроскопирование. Микроскоп (греч. *μικρός* – маленький и *σκοπέω* – смотрю) – лабораторная оптическая система для получения увеличенных изображений малых объектов с целью рассмотрения, изучения и применения на практике (рис. 32). Совокупность технологий изготовления и практического использования микроскопа называют *микроскопией*. С помощью микроскопов определяют форму, размеры, строение и многие другие характеристики микрообъектов, а также микроструктуры макрообъектов. Оптический микроскоп в видимом свете давал возможность различать структуры с расстоянием между элементами до 0,20 микрометров.

**История микроскопа.** Считается, что голландский мастер очков Ханс Янсен и его сын Захария Янсен изобрели первый микроскоп в 1590 г., но это было заявление самого Захария Янсена в середине XVII века. Другим претендентом на звание изобретателя микроскопа был Галилео Галилей. Он



Рис. 32. Один из первых микроскопов. 1876 г.



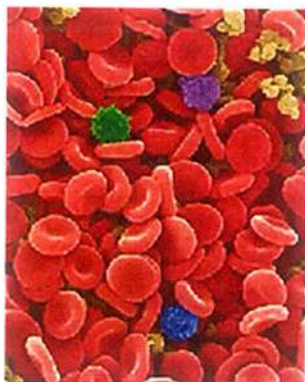


Рис. 33. Эритроцит человека, увеличение в 1500 раз

разработал «occhiolino» – составной микроскоп с выпуклой и вогнутой линзами. В 1609 г. Крис-  
голландец, изобрел простую двухлинзовую систему окуляров в конце 1600-х, которая ахроматически регулировалась и, следовательно, стала огромным шагом вперед в истории развития микроскопа. Окуляры Гюйгенса производятся и по сей день, но им не хватает широты поля обзора, а расположение окуляров неудобно для глаз по сравнению с современными широкообзорными окулярами. Антон Ван Левенгук (1632–1723)

считается первым, кто сумел привлечь к микроскопу внимание биологов, несмотря на то, что простые увеличительные линзы уже производились с 1500-х годов. Изготовленные вручную, микроскопы Ван Левенгука представляли собой небольшие изделия с одной очень сильной линзой. Они были неудобны в использовании, однако позволяли очень детально рассматривать изображения. Понадобилось около 150 лет развития оптики, чтобы составной микроскоп смог давать такое же качество изображения, как простые микроскопы Левенгука.

**Устройство микроскопа.** Современный микроскоп дает увеличение в 3000 раз и позволяет рассмотреть крупные органоиды, движение цитоплазмы, деление клетки, и т. д. (рис. 33). Большинство световых микроскопов включают следующие части: окуляр, станину, осветитель, предметный столик, револьверный держатель объективов, объективы, конденсор (рис. 34).



Рис. 34. Устройство оптического микроскопа

**Тубус:** трубка, через которую проходят лучи света от объектива, с помощью винтов настройки можно поднимать или опускать, фокусируя на объекте;

**револьверная головка:** вращается, позволяет менять объективы, имеющее разное фокусное разрешение;

**объектив:** отвечает за увеличение и разрешение объекта, для изучения биологических объектов обычно используют объективы с маркировкой 8x, 40x, 90x, что означает соответствующее увеличение;

**объект (препарат):** помещен на прозрачное предметное стекло;

**конденсор:** фокусирует свет на образце;

**диафрагма конденсора:** регулирует количество света, попадающего на образец;

**предметный столик:** удерживает образец в правильном положении – под углом в 90°;

**зеркало:** направляет естественный луч света на образец.

**Оптический микроскоп** (или световой микроскоп) – это тип составного микроскопа, в котором используется простая пара линз для увеличения изображения малых объектов. Как правило, для освещения объекта используется маленькое подвижное зеркальце, укрепленное под предметным столиком. Оптический микроскоп – самый старый и простой в использовании и производстве тип микроскопов. Этот тип микроскопов можно разделить на монокулярные микроскопы и бинокулярные микроскопы в зависимости от способа наблюдения. В оптический микроскоп можно наблюдать объекты, имеющие размеры близкие 200 нанометрам (1 нанометр =  $10^{-9}$  м =  $10^{-6}$  мм). Поэтому некоторые клеточные структуры нельзя разглядеть, а в некоторых не различаются мелкие детали. К примеру, размеры биологических объектов: молекулы ДНК – 2 нм, рибосомы – диаметр 25 нм, митохондрия – длина до 7 мкм (1 мкм =  $10^{-6}$  м =  $10^3$  нм), хлоропласты – длина 5–10 мкм, диаметр растительной клетки – 30–50 мкм, диаметр животной клетки – 10–20 мкм.

**Цифровой микроскоп** оснащен электронной камерой (на основе ПЗС или КМОП-сенсора), которая подключена к жидкокристаллическому дисплею или персональному компьютеру. Тринокулярные микроскопы имеют возможность установить на них камеру и таким образом превращаются в «USB-микроскопы». Как правило, отсутствуют окуляры для непосредственного наблюдения глазом.

**Флуоресцентный микроскоп** (или эпифлуоресцентный микроскоп) – это специализированный тип светового микроскопа, в котором вместо эффектов отражения и поглощения



Рис. 35. Электронный микроскоп

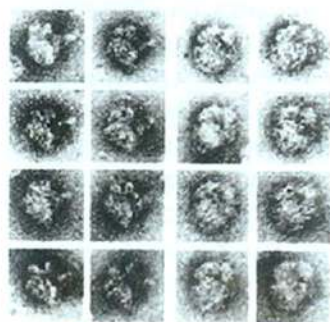


Рис. 36. Электронная фотография и модель рибосомы

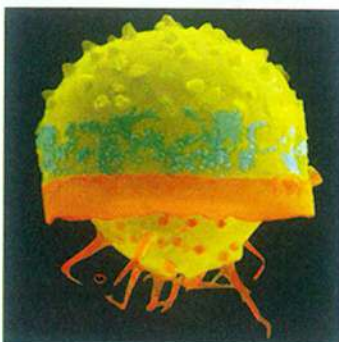


Рис. 37. Электронная фотография диатомовой водоросли

света в препарате, для наблюдений используется явление флюоресценции или фосфоресценции.

**Электронный микроскоп** – один из самых сложных и важных типов микроскопов, имеющий возможность давать крайне высокие увеличения (рис. 35). Изобретенный в 1940-е года электронный микроскоп дает увеличение в десятки, сотни тысяч раз. Электронные микроскопы гораздо мощнее оптических микроскопов. В электронном микроскопе вместо света используется поток электронов, а вместо линз – электромагнитные поля. Поэтому с его помощью удалось установить строение органоидов клетки. Однако изучаются только убитые клетки.

**Метод замораживания-скалывания.** Принципиально новые возможности электронной микроскопии открылись сравнительно недавно, после разработки метода «замораживания – скалывания». С помощью этого метода исследуются тончайшие детали строения клетки, при этом получается объемное изображение в трансмиссионном электронном микроскопе.

**Стереомикроскоп**, также называемый препаровальным микроскопом, оснащен объективами и двумя окулярами, что дает возможность человеку видеть препарат в трехмерном изображении.

**Рентгеновский микроскоп** – устройство для исследования микроскопического строения вещества с помощью рентгеновского излучения. Разрешающая способность до-

стигает 100 нм, что в 2 раза выше, чем у оптических микроскопов (200 нм). Теоретически рентгеновская микроскопия позволяет достичь на 2 порядка лучшего разрешения, чем оптическая (поскольку длина волны рентгеновского излучения меньше на 2 порядка). Однако современный оптический микроскоп – наноскоп имеет разрешение до 3–10 нм.

**Изучение клетки с использованием физико-химических и биологических методов.** Исследуются органические молекулы и неорганические молекулы, химические реакции клетки, их функции и пути превращения в клетке. Для изучения химического состава, выяснения локализации отдельных химических веществ в клетке широко используются методы, основанные на избирательном действии реактивов и красителей на определенные химические вещества цитоплазмы.

Метод рентгеноструктурного анализа дает возможность определять пространственное расположение и физические свойства молекул (например, ДНК, белков), входящих в состав клеточных структур.

Для выявления локализации мест синтеза биополимеров, определения путей переноса веществ в клетке, наблюдения за миграцией или свойствами отдельных клеток широко используется метод автордиографии – регистрации веществ, меченных радиоактивными изотопами. При использовании этого метода тонкие срезы клеток помещают на пленку. Пленка темнеет под теми местами, где находятся радиоактивные изотопы. Многие процессы жизнедеятельности клеток, в частности деление клеток, фиксируют с помощью кино и фотосъемки.

Строение и состав органоидов изучают с помощью метода центрифугирования. Измельченные ткани с разрушенными клеточными оболочками помещают в пробирки и вращают в центрифуге (рис. 38). Принцип метода: различные клеточные органоиды, клеточный экстракт (гомогенат) имеют разную массу, размеры и плотность, поэтому при центрифугировании (вращение с помощью мотора) с низкой скоростью происходит осаждение более плотных компонентов, с высокой – менее плотных.



Рис. 38. Лабораторная центрифуга

Также широко используется метод культуры клеток и тканей. Американский эмбриолог Р. Гаррисон (1879–1959) первым показал, что эмбриональные и даже некоторые зрелые клетки могут расти и размножаться вне тела в подходящей среде. Эта техника, называемая культивированием клеток, была доведена до совершенства французским биологом А. Каррелем (1873–1959). С помощью специальных питательных сред из одной или нескольких клеток можно получить группу однотипных растительных или животных клеток или даже целый организм (метод клонирования в биотехнологии).

### Основные термины:

△ Микроскоп, центрифуга.

? 1. Введите в таблицу основные этапы развития клеточной теории:

#### Основные этапы развития клеточной теории

I. Зарождение понятий о клетке	II. Возникновение клеточной теории	III. Развитие клеточной теории

2. Какие методы используются для исследования клетки?
3. Каково строение микроскопа?
4. Какое увеличение дает световой микроскоп и электронный микроскоп?
5. Кем и когда впервые было открыто клеточное строение клетки?
6. Что изучает цитология?
7. Какие клеточные органоиды можно рассмотреть с помощью оптического микроскопа:
  - а) рибосома, б) митохондрия, в) ядро, г) ЭПС.

### Лабораторная работа. «Строение клетки»

Цель занятия: знакомство с органоидами клетки.

Задание к практической работе:

1. Приготовьте препарат из чешуйки лука.
2. На предметном стекле поместите препарат, закройте препарат покровным стеклом, рядом капните каплю воды.



3. Рассмотрите в микроскоп с помощью 8x объектива участок препарата в 4–6 клеток.
4. Рассмотрите на препарате клетку, клеточную стенку, ядро, вакуоли, цитоплазму.
5. Зарисуйте препарат. На рисунке отметьте органоиды клетки.

Строение клетки растения



### § 10. Органоиды эукариотической клетки и их взаимодействие

1. Гетеротрофные и автотрофные организмы.
2. Чем отличаются прокариотические и эукариотические клетки?
3. Какие органоиды входят в состав клетки?
4. Чем отличаются растительные и животные клетки?

В клетках всех эукариотических организмов имеется ядерный аппарат, называемый *ядром*. Прокариотические клетки в отличие от них не имеют оформленного ядра. К эукариотическим



Рис. 39. Питание организмов

относятся растительные и животные клетки. Растительная и животная клетки имеют общие черты и отличия в строении, функционировании (рис. 39).

По способу питания клетки делятся на автотрофные, гетеротрофные и смешанные (миксотрофные).

Автотрофные организмы способны к созданию органических веществ за счет фотосинтеза. Гетеротрофные организмы питаются готовыми органическими веществами. Некоторые организмы в зависимости от условий среды могут питаться автотрофно или гетеротрофно, например, эвглена, инфузория – туфелька и другие, они являются миксотрофными.

Признаки животной клетки обусловлены гетеротрофным питанием. Цитоплазма в животных клетках плотнее, в ней больше находится органелл и растворенных веществ. Имеются вакуоли небольшие и существующие временно. Вакуоли участвуют в переваривании (например, фагоциты) или экскреции – выделении веществ (рис. 40).



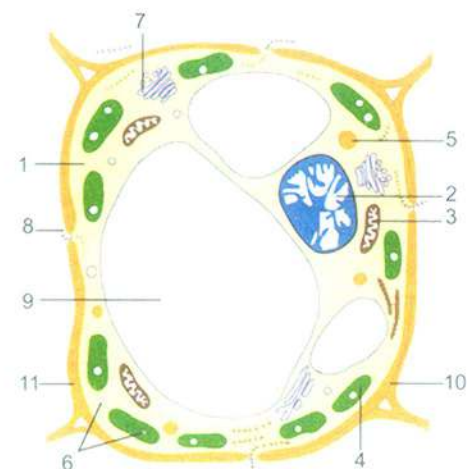
Рис. 40. Животная клетка

Запасным питательным веществом животных клеток является гликоген. Нет целлюлозной клеточной стенки, поэтому животные клетки могут изменять свою форму. Животные клетки имеют небольшой размер – около 25 мкм (0,025 мм) в диаметре.

Признаки растительной клетки во многом определяются автотрофным способом питания. Целлюлозная клеточная стенка обеспечивает механическую поддержку (содержимое клетки обеспечивает тургорное давление) и защиту от возможного повреждения при осмотическом поступлении воды в клетку. Клеточная стенка проницаема для воды и растворенных веществ. Наличие целлюлозной стенки означает, что растительные клетки имеют постоянную форму (рис. 41).

Рис. 41. Растительная клетка:

- 1 - цитоплазма
- 2 - ядро
- 3 - митохондрии
- 4 - хлоропласты
- 5 - хромопласты
- 6 - крахмальные зернышки
- 7 - комплекс Гольджи
- 8 - эндоплазматическая сеть
- 9 - вакуоль
- 10 - клеточная оболочка
- 11 - плазматическая мембрана



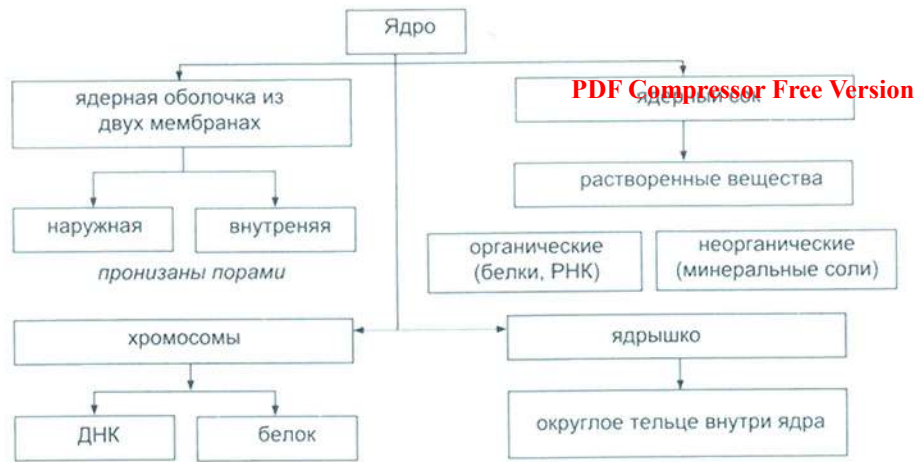
Крупная постоянная вакуоль заполнена водой, обеспечивающей тургорное давление, здесь могут запасаться различные ионы и молекулы.

Хлоропласты содержат пигмент хлорофилл (поглощает свет) и ферменты, необходимые для выработки глюкозы в процессе фотосинтеза.

Запасным питательным веществом растений является крахмал.

Благодаря присутствию вакуолей растительные клетки имеют более крупные размеры – около 0,06 мм (60 мкм) в диаметре.

Растительная и животная клетки имеют общие черты, которые связаны с поддержанием их существования. Клетки имеют ядро, где находится генетический материал (ДНК, образующая хромосомы).




Клеточная мембрана окружает цитоплазму, отделяя клетку от внешней среды, контролирует транспорт растворенных веществ в клетку и из клетки. Цитоплазма состоит из воды и растворенных веществ, таких как аминокислоты и сахара. Она поддерживает различные органеллы, осуществляющие жизненно важные метаболические реакции: митохондрии, рибосомы, эндоплазматическая сеть (ЭПС), аппарат Гольджи и т. д. Органоиды делятся на двумембранные (митохондрии, пластиды), одномембранные (эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, лизосомы, вакуоли) и немембранные (рибосомы, клеточный центр, органеллы движения).

#### Органоиды клетки

Органоид клетки	Название	Строение	Функции
	Мембрана	Билипидный слой, включающий интегральные (проникающие сквозь мембрану) и периферические (на поверхности) белки	Обмен веществ между клетками и межклеточным веществом, транспортная, барьерная, рецепторная функции
	Цитоплазма	Прозрачное жидкое вязкое вещество, где находятся клеточные органели и включения	Связывает части клеток и участвует в транспорте питательных веществ

	Ядро	Тельце, окруженное ядерной оболочкой, внутри нуклеоплазма – жидкое вещество, расположены ядрышко (синтез рибосомной РНК), хроматин (нити ДНК)	Сохранение наследственной информации
	Эндоплазматическая сеть	Система оболочек в цитоплазме, которая образует каналы и полости.	Синтез и транспортировка питательных веществ
	шероховатая	гранулярная ЭС несет рибосомы	синтез и транспорт белков
	гладкая	гладкая - лишена их	метаболизм липидов, углеводов, кальция
	Рибосома	Мелкие округлые органеллы, образованные из рибосомных РНК и белков (рибонуклеопротеид)	Синтез белка
	Лизосома	Маленькие мембранные пузырьки, внутри которых содержатся ферменты	Переваривание питательных веществ
	Митохондрия	Двухмембранные, наружная мембрана гладкая, внутренняя мембрана имеет выросты-кристы, содержит ДНК, рибосомы	В них образуется вещество, богатое энергией – АТФ
	Аппарат Гольджи	Микроскопические одномембранные органеллы, состоящие из стопочки плоских цистерн.	Образуется лизосомы.
	Хлоропласт	Двухмембранный органелл, содержит ДНК, рибосомы.	Происходит процесс фотосинтеза

	Клеточный центр клеточного цикла	Клеточный центр представляет универсальный органоид, не имеющий мембран, которые можно наблюдать в любой эукариотической клетке, кроме высших растений, состоит из центриолей (может быть две)	В интерфазу клеточного цикла удваиваются, участвуют в делении клеток животных и низших растений, образуя веретено деления, составляют цитоскелет (микротрубочки)
---	----------------------------------	--	--

### Основные термины:

△ Прокариотические клетки. Эукариотические клетки. Растительные клетки. Животные клетки. Клеточные структуры.

- ? 1. Чем отличаются автотрофные и гетеротрофные организмы?  
 2. Какие органоиды обеспечивают биосинтез белков?  
 3. Какие органоиды отвечают за обеспечение клетки энергией?  
 4. Какие органоиды отвечают за расщепление органических веществ?  
 5. Какие органоиды получили название «экспортная система клетки»?  
 6. Какие органоиды есть только у растительной клетки?  
 7. Органоид, отвечающий за хранение и передачу наследственной информации?  
 8. О чем может свидетельствовать принципиальное сходство химического состава и строения клеток растительного и животного организма?  
 9. О чем может свидетельствовать наличие различий в строении и функционировании клеток растений и животных?  
 10. Сравни растительную и животную клетки и внеси ответ в таблицы.

Растительная клетка	Общие черты	Животная клетка
отличия		отличия

Признаки	Растительная клетка	Животная клетка
Способ питания		
Хлорофилл и хлоропласты		
Клеточная стенка		
Вакуоли		
Клеточный центр		
Запасной углевод		

11. Из приведенных пар какая является правильной:  
 а) хлоропласт – содержит ферменты; б) пероксисома – движение клетки  
 в) ядрышко – синтез рибосомной РНК; г) лизосомы – энергоблок клетки
12. О чем может свидетельствовать принципиальное сходство химического состава и строения клеток растительного и животного организма?
13. О чем может свидетельствовать наличие различий в строении и функционировании клеток растений и животных?
14. Какие организмы бывают по строению?
15. В чем выражается особенность одноклеточного организма?
16. В чем выражается особенность многоклеточного организма?
17. Распределите характеристики соответственно органоидам клетки (поставьте буквы, соответствующие характеристикам органоида, напротив названия органоида).

Органоиды	Характеристики
1. Плазматическая мембрана	а) Транспорт веществ по клетке, пространственное разделение реакций в клетке
2. Ядро	б) Синтез белка
3. Митохондрии	в) Фотосинтез
4. Пластиды	г) Движение органоидов по клетке
5. Рибосомы	д) Хранение наследственной информации
6. ЭПС	е) Немембранные
7. Клеточный центр	ж) Синтез жиров и углеводов
8. Комплекс Гольджи	з) Содержит ДНК
9. Лизосомы	и) Одномембранные
10. Цитоскелет	к) Обеспечение клетки энергией
11. Жгутики и реснички	л) Самопереваривание клетки и внутриклеточное пищеварение
	м) Движение клетки
	н) Двухмембранные
	о) Связь клетки с внешней средой
	п) Управление цитоскелетом и делением ядра
	р) Есть только у растений
	с) Есть только у животных

18. Выберите правильный ответ.
- 1). Фотосинтез происходит:  
 А. в хлоропластах; Б. в вакуолях; В. в лейкопластах; Г. в цитоплазме
- 2). Образование РНК происходит:  
 А. в ЭПС; Б. в ядре; В. в комплексе Гольджи; Г. в цитоплазме
- 3). Ферменты, расщепляющие белки, жиры, углеводы, содержатся:  
 А. в рибосомах; Б. в лизосомах; В. в цитоплазме; Г. в ЭПС
- 4). Жиры и углеводы образуются:  
 А. в рибосомах; Б. в комплексе Гольджи;  
 В. в вакуолях; Г. в цитоплазме
- 5). Белки, жиры и углеводы накапливаются про запас:  
 А. в рибосомах; Б. в комплексе Гольджи;  
 В. в вакуолях; Г. в цитоплазме

## § 11. Обмен веществ в клетке и его две стороны

1. Чем отличаются автотрофные и гетеротрофные организмы?
2. Что такое метаболизм?
3. Какие стороны имеются у метаболизма?
4. Какие организмы относятся к автотрофным?
5. Какие организмы относятся к гетеротрофным?
6. Что такое дыхание?

Все организмы по способу питания делятся на автотрофы и гетеротрофы. Организмы, способные самостоятельно синтезировать органические вещества из неорганических, называют *самопитающимися*, или *автотрофными* (от греч. *аутос* – «сам», *трофе* – «питание»). Автотрофный тип питания – главная особенность растительного организма. Зеленые растения – автотрофы: создавая органические вещества, запасают в них солнечную энергию и делают ее доступной для других организмов.

Не все организмы обладают такой способностью. Многие из них не способны синтезировать органические вещества из неорганических, а получают их с пищей в виде готовых органических соединений. Такие организмы называют *гетеротрофными* (от греч. *гетерос* – «другой», *трофе* – «питание»). Все животные, грибы, большинство бактерий и человек являются гетеротрофами. Они питаются готовыми органическими веществами, созданными автотрофами – зелеными растениями (рис. 42). Вот почему процесс фотосинтеза имеет огромное значение не только для растений, но для всей жизни на Земле.



Рис. 42. Автотрофный организм. Аконит

Гетеротрофные организмы – животные, грибы, большинство бактерий – обязаны своим существованием автотрофным организмам – растениям – фотосинтетикам, создающим на Земле органическое вещество и восполняющим убыль кислорода в атмосфере (рис. 43-а). Как указывали К. А. Тимирязев и В. И. Вернадский: экологическое благополучие биосферы и существование самого человечества зависит от состояния растительного покрова нашей планеты.

В нашем организме происходит множество химических реакций, которые

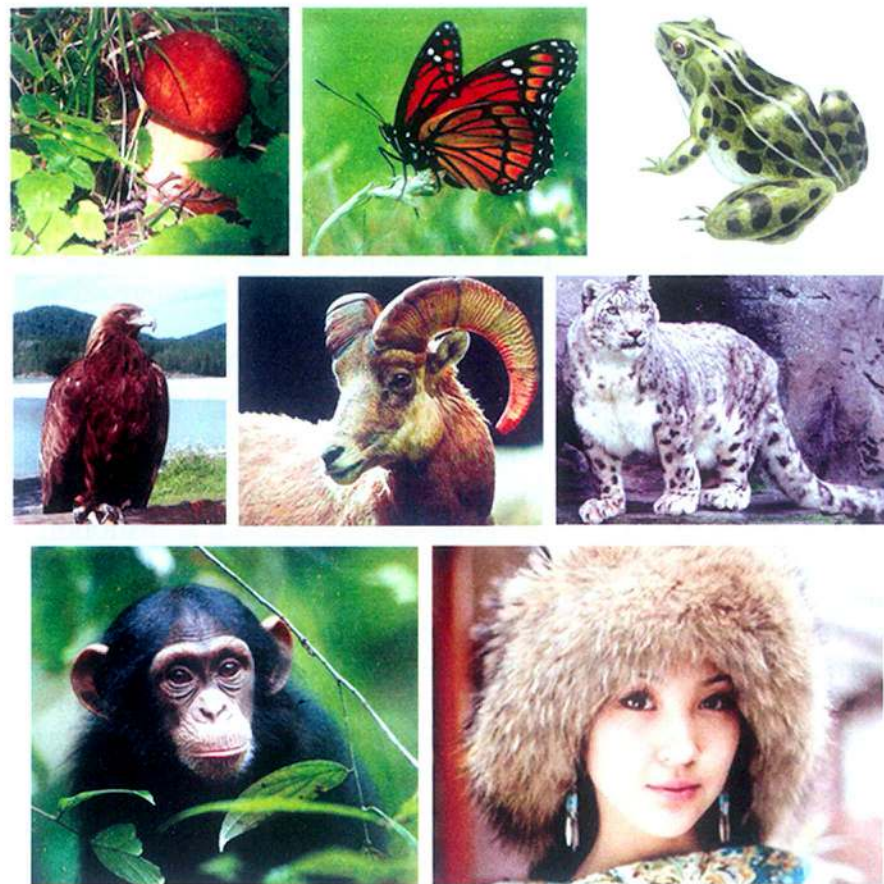


Рис. 43-а. Гетеротрофные организмы

можно объединить одним общим термином – обмен веществ. С пищей мы получаем определенные питательные вещества, которые трансформируются и изменяются нашим организмом, а потом используются в процессе жизнедеятельности.

*Обмен веществ* (или метаболизм) – это совокупность химических процессов, которые происходят в клетках живых организмов в течение всей их жизни. Эти реакции позволяют клеткам обновляться, расти, сохранять свою структуру и поддерживать взаимосвязь с окружающей средой.

Обмен веществ и энергии – свойство живых организмов. *Обмен веществ и энергии* – это поглощение веществ и энергии клетками, превращение веществ и энергии в клетках и выделение веществ и энергии из клеток.

В клетках живых организмов постоянно создаются и расщепляются собственные органические соединения. Процесс создания органических веществ называется *ассимиляцией*, процесс их расщепления – *диссимиляцией*.

В процессе ассимиляции организмы поглощают неорганические вещества (углекислый газ, воду) или органические вещества (углеводы, жиры и белки, содержащиеся в пище). Поэтому различают две формы ассимиляции: автотрофную и гетеротрофную, и соответственно автотрофные и гетеротрофные организмы.

*Автотрофная ассимиляция* – это форма ассимиляции, при которой из неорганических веществ создаются собственные органические вещества.

Форма ассимиляции, при которой собственные органические вещества создаются из готовых органических веществ – это *гетеротрофная ассимиляция*. Гетеротрофная ассимиляция происходит в клетках человека, животных, грибов и многих бактерий.

Особое значение в автотрофной ассимиляции играет фотосинтез. Фотосинтез происходит только в клетках, содержащих хлорофилл – пигмент зеленого цвета. Фотосинтез характерен для растительных клеток, некоторых бактерий, простейших одноклеточных (инфузории, эвглена и другие) (рис. 43-б). Часть созданных в клетке органических веществ расщепляется посредством диссимиляции для получения химической энергии.

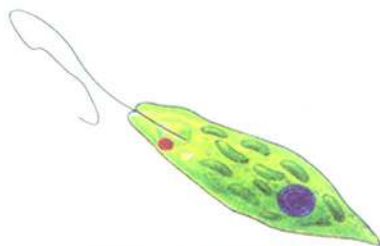


Рис. 43-б. Эвглена

Энергия необходима для функционирования организма. У большинства организмов расщепление органических веществ происходит путем дыхания. В процессе дыхания органическое вещество глюкоза расщепляется на неорганические вещества: углекислый газ и воду. При этом расходуется кислород.

Процесс расщепления без кислорода называется брожением. В процессе брожения участвуют дрожжи, некоторые бактерии.

Процессы ассимиляции и диссимиляции проявляются во взаимодействии. Образование в процессе фотосинтеза кислорода создает условия для дыхания. Выделившийся углекислый газ при дыхании используется в фотосинтезе.



Формы ассимиляции и диссимиляции



Взаимосвязь обмена веществ и энергии

### Основные термины:

△ *Автотрофные организмы, гетеротрофные организмы, обмен веществ, обмен энергией, ассимиляция, диссимиляция*

- ?
1. Что такое обмен веществ?
  2. Назовите две стороны обмена веществ.
  3. Какие организмы называются автотрофными?
  4. Чем отличаются гетеротрофные организмы?
  5. Что такое ассимиляция и диссимиляция?
  6. Чем отличаются автотрофная и гетеротрофная ассимиляции?
  7. Назовите основной процесс автотрофной ассимиляции.



## § 12. Фотосинтез и хемосинтез

1. Что такое фотосинтез?
2. В каких органоидах клетки проходит фотосинтез?
3. Какие условия необходимы для фотосинтеза?

PDF Compressor Free Version

*Фотосинтез* – это процесс образования органических веществ из неорганических, происходящий на свету в хлоропластах (рис. 44).

*Фотосинтез* – процесс, в котором зеленое растение из неорганических веществ (углекислого газа и воды) с использованием энергии солнечного света образует органические вещества – углеводы (преимущественно сахара), а также кислород.

**История открытия фотосинтеза.** В 1771 г. английский химик Дж. Пристли поставил свой классический эксперимент: в закрытый сосуд помещал горящую свечу, через какое-то время свеча гасла, однако если в этот закрытый сосуд поместить на несколько дней живое растение, то свеча в сосуде могла гореть, растение изменяло воздух. Именно опыт Пристли ознаменовал собой начало экспериментальных исследований фотосинтеза. Почти через 50 лет после опытов Пристли было выделено зеленое начало растений – хлорофилл (французскими химиками П. Ж. Пельтье и Ж. Б. Каванту, 1818 г.). Ю. Саксу удалось обнаружить крахмал в освещенных листьях с помощью йода. Свой способ обнаружения крахмала он назвал *йодной пробой*. В XVIII столетии Я. Игенхауз показал, что освещенные листья не только поглощали углекислый газ, но и выделяли кислород. Большой вклад в выяснении механизма использования растением солнечной энергии и роли в этом процессе пигмента хлорофилла во второй половине XIX века был внесен русским ученым К. А. Тимирязевым.

Этот процесс преобразования солнечной энергии в химическую происходит в зеленых хлоропластах растительной клетки.

С помощью электронного микроскопа было установлено строение хлоропластов.

Хлоропласт окружен оболочкой, состоящей из двух мембран. Внутреннее пространство хлоропласта запол-

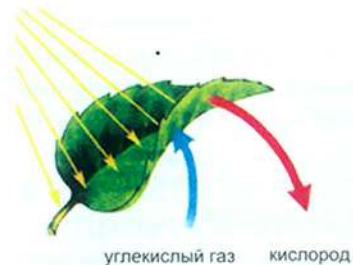


Рис. 44. Фотосинтез

нено бесцветным основным веществом – стромой. В нем находятся мембранные пузырьки (*тилакоиды*), уложенные стопками (*гранами*). На них расположены молекулы зеленого пигмента – хлорофилла (рис. 45).

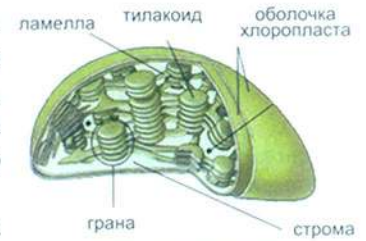
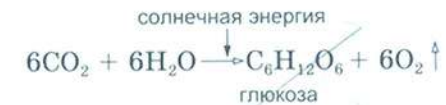


Рис. 45. Строение хлоропласта

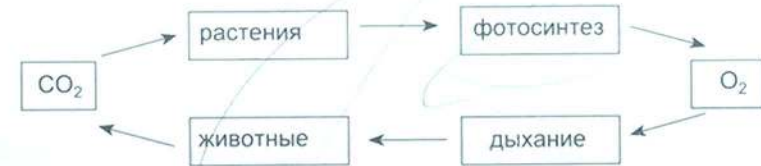
Наличие хлорофилла и приток световой энергии являются основными условиями протекания фотосинтеза. Исходными веществами при фотосинтезе являются углекислый газ и вода, продуктами фотосинтеза являются глюкоза и кислород.

Преращения веществ в ходе фотосинтеза можно описать в виде следующего уравнения:



Световая энергия в процессе фотосинтеза преобразуется в химическую энергию глюкозы.

Фотосинтез сыграл большую роль для жизни на Земле. В истории Земли появление организмов, содержащих хлорофилл, которые выделяли кислород в процессе фотосинтеза, создало условия для возникновения дышащих организмов.



В процессе фотосинтеза растения постоянно возобновляют запасы кислорода, поглощают из атмосферы углекислый газ, создается огромное количество углеводов. Фотосинтезирующие организмы находятся в начале пищевых цепей, поскольку фотосинтез является основой для питания гетеротрофных организмов.

Фотосинтез также является основой для снабжения энергией почти всех организмов: большинства бактерий, растений, животных и человека. Только путем фотосинтеза энергия солнечного света может быть превращена в химическую энергию, доступную для использования в жизненных процессах.

## Основные термины:

△ Хлоропласт, хлорофилл, строма, граны, фотосинтез, дыхание, хемосинтез.

- ?
1. Охарактеризуйте процесс фотосинтеза.
  2. Какие условия являются основными для фотосинтеза.
  3. Каково значение фотосинтеза для жизни на Земле.
  4. Напишите уравнение фотосинтеза и объясните его.
  5. Что такое хемосинтез?
  6. Какие организмы используют энергию окисления неорганических веществ?
  7. Приведите примеры автотрофных и гетеротрофных организмов.
  8. Какой тип питания у зеленых водорослей, белых грибов, аскарид, бактерий гниения, волков и человека?
  9. Какой способ питания появился раньше на Земле фототрофный или хемотрофный?

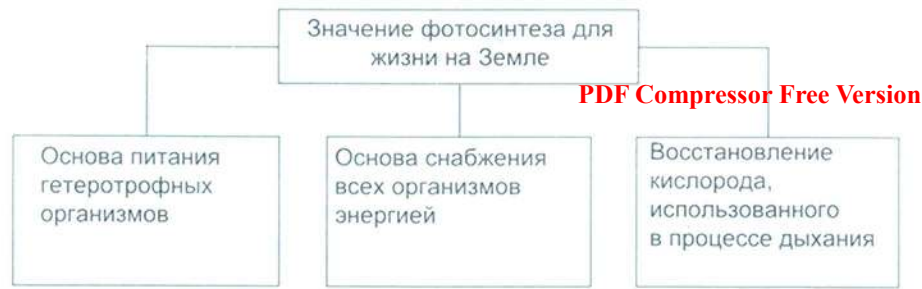
## § 13. Хромосомный набор клетки как основа специфичности живого

Любая клетка живого организма обладает полным набором генетической информации о нем – так называемым геномом. Основная часть этой информации сосредоточена в особых структурах клеточного ядра – хромосомах. Первоначально хромосомы были описаны как интенсивно окрашивающиеся основными красителями плотные тельца (немецкий учёный В. Вальдейер, 1888). Первая молекулярная модель хромосомы была предложена в 1928 г. Н. К. Кольцовым, предугадавшим принципы их организации. Значение хромосомы как клеточных органоидов, ответственных за хранение, воспроизведение и реализацию наследственной информации, определяется свойствами биополимеров, входящих в их состав.

Каждая из хромосом представляет собой особым образом организованный в пространстве комплекс из дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) и белков.

Лучше всего хромосома видна в метафазе клеточного деления. Хромосома состоит из двух половинок – хроматид, место соединения хроматид называется *центромерой*. По сторонам от центромеры лежат плечи хромосомы.

Число, форма и структура хромосом специфичны и постоянны для каждого вида живых организмов – это так называемый хромосомный *видовой набор* (рис. 46).



## Хемосинтез

Фотосинтез это не единственный способ преобразования неорганических соединений в органические. Похожий процесс происходит в бактериях, называется хемосинтез. Хемосинтезирующие бактерии – единственные существа на земле, которые не зависят от энергии света. Вместо нее они используют энергию реакции окисления неорганических соединений: соединений азота, серы, железа.

Например, серобактерии окисляют сероводород до солей серной кислоты, нитрифицирующие окисляют аммиак до азотной или азотистой кислоты. Энергию, образовавшуюся при окислении, бактерии накапливают в виде АТФ.

Хемосинтезирующие бактерии участвуют в круговороте неорганических элементов (сера, азот, железо), они обогащают почву, уменьшают количество токсических веществ, таких как аммиак и сероводород.

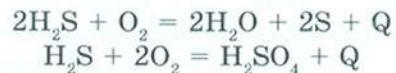
Окисление аммиака до азотистой и азотной кислот нитрифицирующими бактериями:



Превращение двухвалентного железа в трехвалентное железо бактериями:



Окисление сероводорода до серы или серной кислоты серобактериями:



Выделяемая энергия используется для синтеза органических веществ.

нию себе подобного. Самовоспроизведение у живых организмов происходит за счет размножения.

Основное свойство живого – это способность к размножению. В ходе эволюции у живых организмов возникли разнообразные способы размножения, это либо бесполое, либо половое размножение. Бесполое размножение – форма размножения, не связанная с обменом генетической информацией между особями. Половое размножение – размножение, связанное со слиянием половых клеток.

Самовоспроизведение клеток в многоклеточных организмах происходит путем их деления. К самовоспроизведению способны митохондрии, пластиды и центриоли. К самовоспроизведению внутри живых клеток способны вирусы.

В процессе жизнедеятельности многоклеточного организма часть клеток изнашивается, стареет и погибает.

Как может поддерживать себя организм от старения и гибели клеток? Производством новых клеток. Увеличение количества клеток необходимо и для обеспечения процессов роста. Деление клетки – основа размножения, роста и развития организмов. Как отмечено в основных положениях клеточной теории Рудольф Вирхова: всякая клетка от клетки.

Клеточное деление – способ размножения клетки, путем разделения клетки надвое.

Различают:

- непрямоe клеточное деление – митоз;
- прямоe клеточное деление – амитоз;
- редукционное клеточное деление – мейоз.

В соматических клетках все хромосомы парные и представлены двумя гомологичными хромосомами, одинаковыми по форме и величине. Однако парные хромосомы имеют разное происхождение: одна – от отца, другая – от матери. Такой набор хромосом называется *диплоидным* и обозначается  $2n$ . Соматические клетки делятся митозом. Это клетки образовательной ткани растений, простые по строению и неспециализированные клетки животных и человека.

В половых клетках от каждой пары гомологичных хромосом имеется только одна. Такой набор называется *гаплоидным* и обозначается  $n$ . Деление половых клеток происходит мейозом.

Закономерные изменения структурно-функциональных характеристик клетки во времени составляют содержание жизненного цикла клетки.

*Клеточный цикл* – это период существования клетки от момента ее образования путем деления материнской клетки до собственного деления или смерти (рис. 48).

В клеточном цикле выделяют подготовку клетки к делению (интерфаза) и митоз (процесс деления клетки).

Интерфаза – это период между двумя делениями. В интерфазе происходит рост клетки, т. е. увеличение массы ядра и цитоплазмы. При достижении максимального соотношения клетка либо делится, либо прекращает рост. В интерфазе ядро компактное, не имеет выраженной структуры, хорошо видны ядрышки. Совокупность интерфазных хромосом представляет собой хроматин, состоящий из ДНК, белков и РНК, а также неорганических ионов.

Хромосомы в интерфазе не видны. Интерфаза состоит из 3 периодов:

- G1 (пресинтетический период),
- S (синтетический период),
- G2 (постсинтетический период).

В G1 происходит рост клетки, увеличивается масса клетки и всех ее структурных компонентов, идет подготовка клетки к S-периоду. В S периоде удваивается ДНК (репликация), затем спирализуется. В G2 в период подготовки к митозу синтезируются белки, АТФ, РНК, увеличивается масса цитоплазмы и объем ядра. Завершается репликация ДНК, в состав каждой

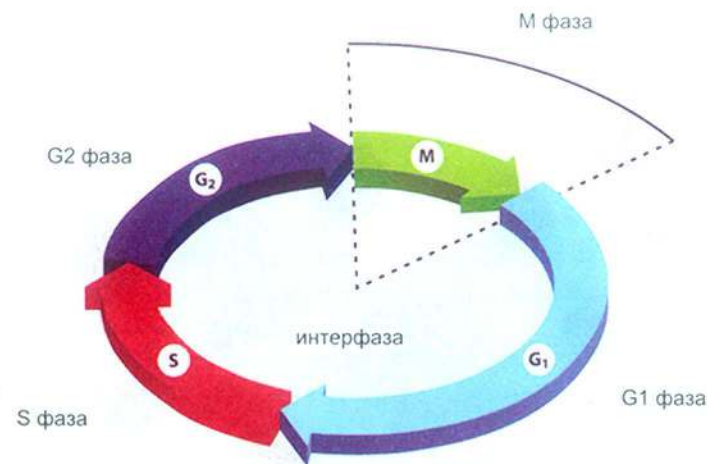


Рис. 48. Клеточный цикл

хромосомы входят две двойных молекулы ДНК – хроматиды, которые являются точной копией исходной молекулы ДНК. В конце интерфазы процессы синтеза прекращаются. Интерфаза длится примерно 20–30 часов.

Как только клетка подготовится, начинается процесс деления, состоящий из 4 фаз (рис. 49).

**Митоз** – не прямое деление ядра клетки и ее тела. Продолжительность митотического цикла для большинства клеток составляет от нескольких минут до десятки часов. Митоз включает 4 фазы.

#### Фазы митоза:

**Профаза.** Двуххроматидные хромосомы спирализуются, ядерная мембрана и ядрышко разрушаются. Центриоль удваивается, образуются нити веретена деления.

**Метафаза.** Хромосомы, состоящие из двух хроматид, располагаются по экватору клетки, нити веретена деления присоединяются к центромерам хромосом.

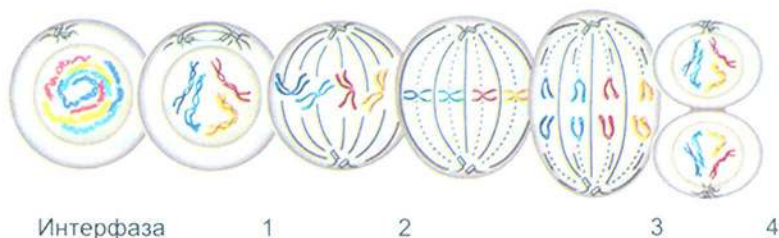


Рис. 49. Митоз: 1 - профаза, 2 - метафаза, 3- анафаза, 4 - телофаза.

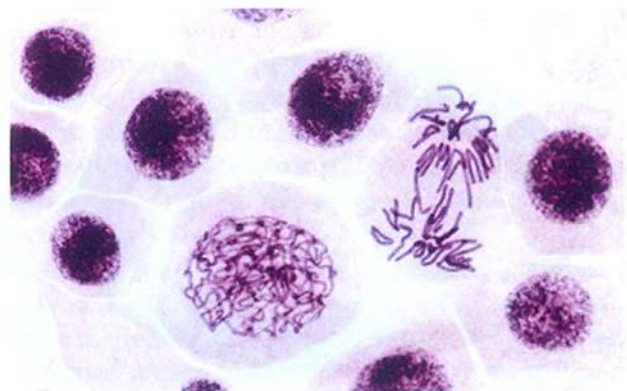


Рис. 50. Фазы митоза

**Анафаза.** Центромеры делятся, и хроматиды (дочерние хромосомы) расходятся к полюсам клетки с помощью нитей веретена деления.

**Телофаза.** Вокруг разошедшихся хромосом образуется новая ядерная оболочка, формируется ядрышко, исчезает веретено деления. На экваторе клетки начинает закладываться перегородка, и в результате образуются две дочерние клетки.

В результате митоза увеличивается количество клеток с равномерно распределенным генетическим материалом.

**Биологическое значение митоза** – сохранение хромосомного набора при делении клеток – образование новых клеток, абсолютно идентичных материнской клеткой.

**Амитоз** или прямое деление, – это деление интерфазного ядра путем перетяжки. При амитозе веретено деления не образуется и хромосомы в световом микроскопе неразличимы. Такое деление встречается у одноклеточных организмов (например, так делятся большие полиплоидные ядра инфузорий), в тканях растущего клубня картофеля, эндосперме семян, у животных и человека такой тип деления характерен для клеток печени, хрящей, при различных патологических процессах, таких как рак, воспаление и т. п.

При амитозе часто наблюдается только деление ядра: в этом случае могут возникнуть двух- и многоядерные клетки. Если же за делением ядра следует деление цитоплазмы, то распределение клеточных компонентов, как и ДНК, осуществляется произвольно.

Амитоз в отличие от митоза является самым экономичным способом деления, так как энергетические затраты при этом весьма незначительны.

#### Биологическое значение деления клетки

1. При клеточном делении наследственная информация передается от материнских клеток дочерним.

2. Митоз – основной способ деления клетки, обеспечивающий непрерывность жизни.

3. Митоз обеспечивает превращение зиготы в сложный многоклеточный организм, для которого требуется увеличение количества клеток.

4. Обеспечивает производство клеток для восстановления изношенных или поврежденных тканей.

5. Митоз поддерживает постоянное количество хромосом. Дочерние клетки имеют идентичные наборы хромосом, что обеспечивает их нормальное функционирование.

6. При бесполом размножении потомки генетически идентичны родителю, этот способ выгоден для быстрого создания популяции.

#### Основные термины:

△ Клеточный цикл, митоз, амитоз, фазы митоза

- ?
1. Дайте определение клеточного цикла.
  2. Какие процессы происходят в интерфазе?
  3. Что такое митоз?
  4. Опишите фазы митоза.
  5. Биологическое значение митоза.
  6. Что такое хромосома и хроматида?
  7. Почему ДНК удваивается? Биологическое значение этого процесса.

## РАЗДЕЛ IV ОРГАНИЗМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

### § 15. Многообразие организмов. Клеточные и неклеточные формы жизни

- 📖
1. Вспомните, на какие царства разделяют все организмы.
  2. Каковы особенности строения одноклеточных организмов?
  3. Чем колониальные организмы отличаются от одноклеточных?
  4. Сравните многоклеточные и одноклеточные организмы. В чем их существенные отличия?

Организм (от лат. «*организмо*» – устраиваю, придаю стройный вид) – это биологическая система, состоящая из взаимосвязанных частей, функционирующих как одно целое. Для любого организма характерны все признаки живого: обмен веществ и превращение энергии, раздражимость, наследственность, изменчивость, рост, развитие и размножение. Организмы, обитающие на Земле очень многообразны по строению: одноклеточные, колониальные и многоклеточные. При этом только среди одноклеточных встречаются прокариоты, а все колониальные и многоклеточные – эукариоты.

**Одноклеточные организмы.** Самые простые формы организмов – одноклеточные. Они встречаются среди всех основных царств живой природы: бактерий, растений, животных и грибов (рис. 51 и 52). Одноклеточные организмы распространены в воде, почве, воздухе, а также в телах многоклеточных организмов. Одноклеточные организмы успешно приспособились к разнообразным условиям жизни и составляют почти половину от массы всех организмов Земли. Часть из них являются автотрофами, другие – гетеротрофами.

Одноклеточные организмы имеют достаточно простое строение. Эта одна клетка, обладающая всеми основными признаками самостоятельного организма. *Органеллы*, (от лат. *органелла* – уменьшительное от органа, т. е. маленький орган) имеющиеся в клетке, подобно органам многоклеточных организмов, выполняют различные функции. Размножаются такие организмы достаточно быстро и при благоприятных условиях

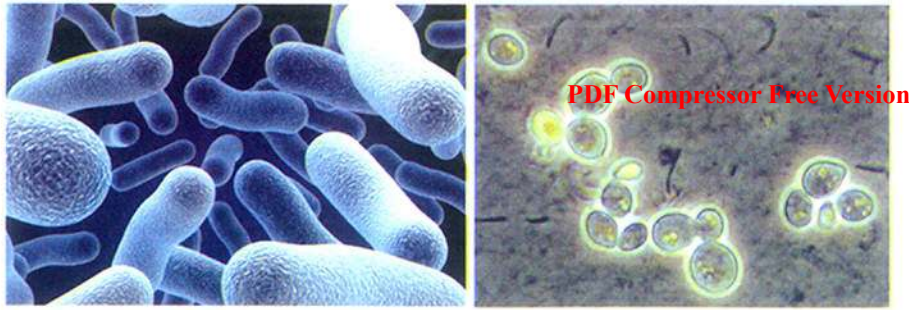


Рис. 51. Бактерии и одноклеточные дрожжи:  
а) - палочковидные бактерии; б) - дрожжи

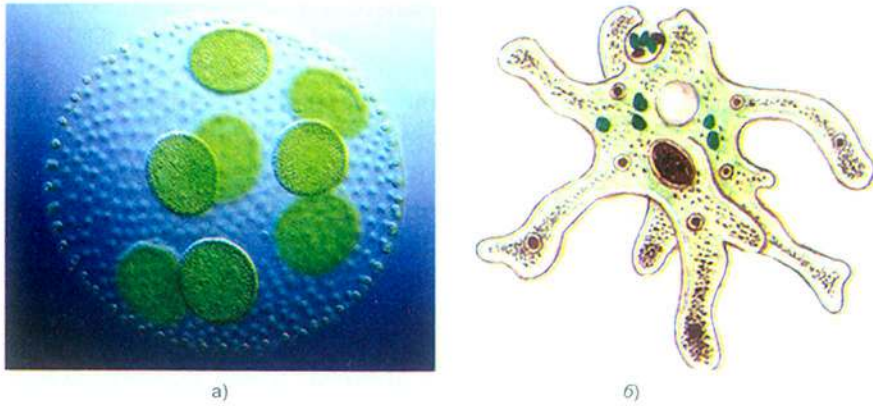


Рис. 52. Одноклеточные водоросли и простейшие:  
а) - хлорелла; б) - амеба обыкновенная

в течение часа могут давать два, а иногда и три поколения. При неблагоприятных условиях они могут образовывать споры, покрытые плотными оболочками. Процессы жизнедеятельности в спорах практически отсутствуют. При благоприятных условиях спора вновь превращается в активно функционирующую клетку. Прокариотные одноклеточные организмы входят только в царство Бактерии. Одноклеточные эукариоты встречаются в остальных царствах живой природы. В царстве Растения – это одноклеточные водоросли, в царстве Животные – это простейшие, в царстве Грибы – это одноклеточные грибы-дрожжи.

**Колониальные организмы.** Многие ученые считают колониальные организмы переходными от одноклеточных форм к многоклеточным. В примитивном виде такое явление наблюдается у прокариот-бактерий, которые, делясь, образуют

колонии. Причем для каждого вида бактерий характерна своя определенная форма колонии. Они синтезируют определенные ферменты, позволяющие им более эффективно использовать питательные вещества.

Колонии могут образовывать и зеленые водоросли. Наиболее интересна в этом отношении колония вольвокса, которая больше напоминает многоклеточный организм (рис. 53). Согласованное биение жгутиков обеспечивает направленное движение. Репродуктивные клетки, отвечающие за размножение,

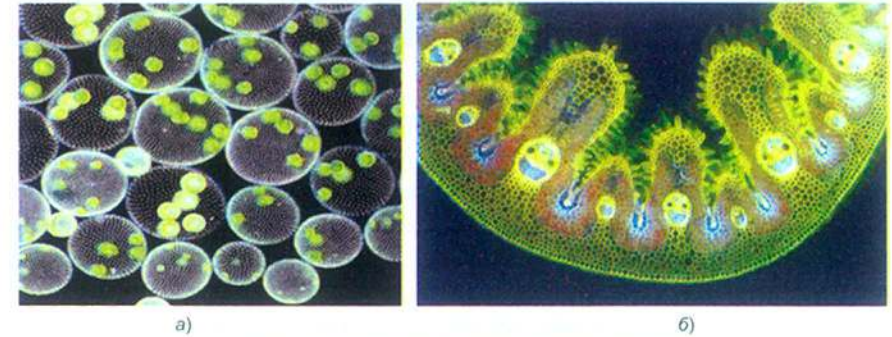


Рис. 53. Колониальная водоросль вольвокс:  
а) внешний вид колонии; б) строение отдельных клеток, связанных друг с другом нитями цитоплазмы

располагаются с одной стороны колонии. Благодаря им внутри материнской колонии образуются дочерние колонии, которые потом отделяются и переходят к самостоятельному существованию.

**Многоклеточные организмы.** Хотя одноклеточные очень многочисленны и широко распространены на Земле, по сравнению с ними многоклеточные организмы имеют ряд преимуществ. В первую очередь, они могут использовать ресурсы среды, недоступные единичной клетке. Наличие множества клеток, образующих различные ткани и органы, позволяет дереву или кустарнику иметь мощную корневую систему, с помощью которой обеспечить себе водное и минеральное питание. Многоклеточные животные благодаря тканям и органам способны лучше добывать пищу, осваивать новые места обитания.

В многоклеточном организме клетки очень разнообразны, но всегда можно выделить группы клеток, сходные по строению и функциям. Группы клеток и межклеточного вещества многоклеточного организма, имеющие одинаковое строение,

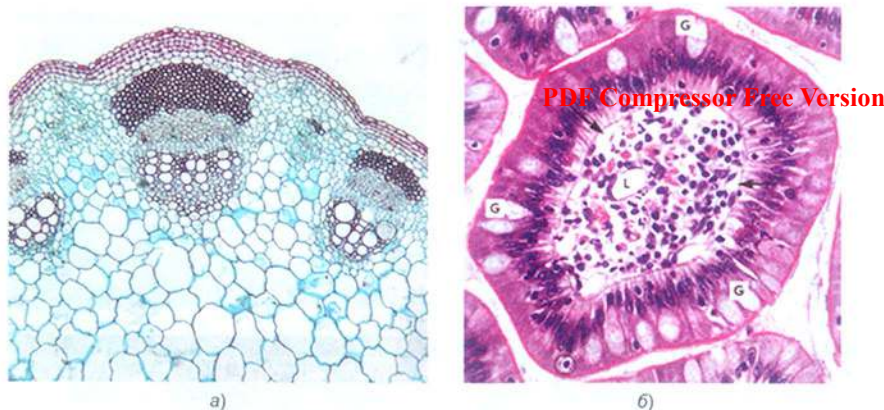


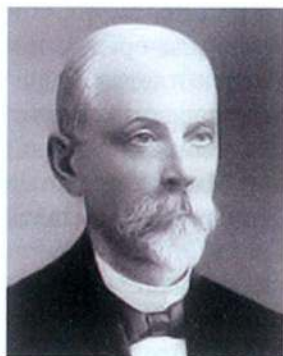
Рис. 54. Ткани многоклеточных организмов:  
а) растительная ткань (паренхима стебля);  
б) животная ткань (реснитчатый эпителий тонкого кишечника)

происхождение и выполняющие сходные функции, называют *тканями* (рис. 54). Специализация клеток на выполнение определенных функций повышает эффективность работы всего организма.

Различные ткани объединяются в органы, которые в свою очередь, образуют системы органов. Внутренние органы и системы органов характерны для животных. Растения имеют несколько иное строение органов, но и они состоят из различных тканей.

**Неклеточные формы жизни. Вирусы.** Кроме организмов, имеющих клеточное строение, существуют и неклеточные формы жизни – *вирусы* (от лат. *вирус* – яд). Их свойства позволяют, с одной стороны, рассматривать их живыми телами природы, а с другой стороны, рассматривать их как молекулы

веществ неживой природы. Вирусы обладают наследственностью и изменчивостью. В то же время они не способны к самостоятельному обмену веществ, превращению энергии и размножению. Поэтому вирусы – переходная группа между живой и неживой природы. Вирусы были открыты в 1892 г. Русским ученым Д. И. Ивановским при изучении мозаичной болезни растения табака. Вскоре были открыты сходные возбудители многих заболеваний растений и животных.



Д. И. Ивановский  
(1864–1920)

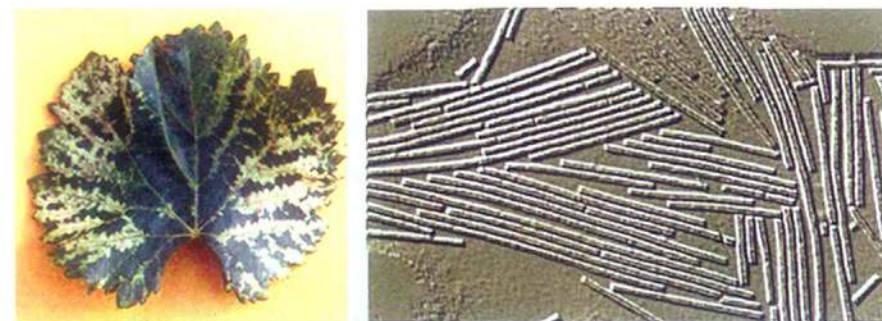


Рис. 55. Вирусы-возбудители болезней растений: а) лист винограда, поврежденный вирусом; б) электронная фотография вируса

Их определили как паразитических болезнетворных агентов, которые размножаются только в клетках хозяина (рис. 55).

Вирусы настолько малы, что до появления электронного микроскопа их природа оставалась неясной. Активное изучение вирусов началось лишь во второй половине XX века. В это же время оформилась и отдельная наука о вирусах – *вирусология*. В настоящее время изучение вирусов идет очень интенсивно, были открыты многие новые их виды.

Частицы вирусов имеют симметрическую структуру и разнообразную форму (рис. 56). Среди них встречаются многогранные (вирус полиомиелита и вирус герпеса), палочковидные (вирус табачной мозаики) и неправильно овальной формы (вирус гриппа).

Вирусы имеют очень примитивное строение. Отдельные частицы вирусов называются *вирионами*. Вирионы состоят только из нуклеиновой кислоты и белков. Нуклеиновая кислота служит наследственным аппаратом вирусов и может быть представлена как молекулой ДНК, так и РНК. Она составляет сердцевину вируса и защищена капсулой. Капсула построена из множества молекул белка, их укладка определяет внешнее строение вириона. У некоторых представителей вирусов, помимо капсулы, может быть еще дополнительная оболочка из белков и липидов. Вирусы – внутриклеточные паразиты, т. е. могут существовать только внутри прокариотных и эукариотных клеток. Вне клетки-хозяина они не проявляют признаки живого, способны кристаллизоваться подобно веществам неживой природы. Жизнедеятельность вирусов приводит к гибели клеток. При внедрении в живую клетку вирус начинает

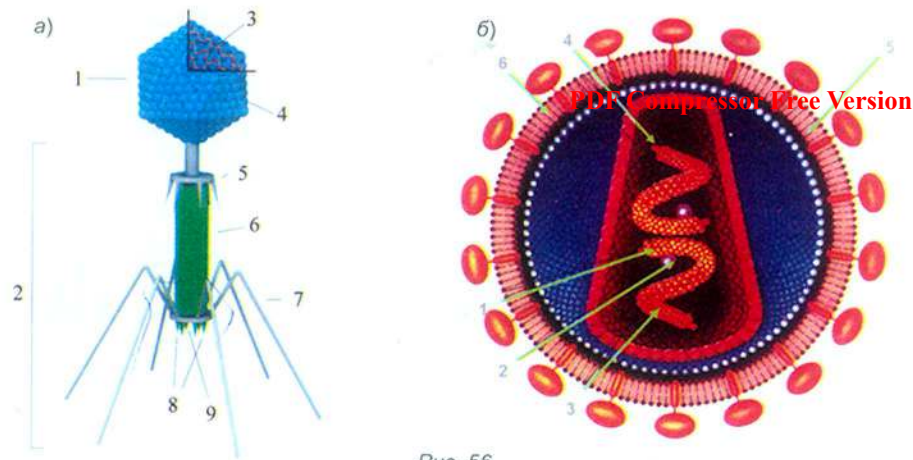


Рис. 56

а) Строение вируса-бактериофага:  
1 - головка, 2 - хвост, 3 - нуклеиновая кислота, 4 - капсид, 5 - «воротничок», 6 - белковый чехол хвоста, 7 - фибрилла хвоста, 8 - шипы, 9 - базальная пластинка

б) Строение вируса иммунодефицита человека (ВИЧ): 1 - молекула РНК; 2 - фермент обратная транскриптаза; 3 - белки и ферменты вируса; 4 - внутренний капсид; 5 - белковая оболочка; 6 - наружная протеиновая оболочка вируса

размножаться, подавляя и разрушая все клеточные структуры. Разные вирусы поражают только определенные клетки. Так, вирусы оспы поражает у человека клетки эпителиальной и соединительной ткани, вирус полиомиелита – нейроны головного и спинного мозга, вирус желтой лихорадки – печень.

Вирусы вызывают различные заболевания растений, животных, человека и бактерий.

В бактериальных клетках паразитируют *бактериофаги* (от греч. *бактерион* – палочка и *фагос* – пожиратель (рис. 56, а). Бактериофаги могут использоваться как лекарства против бактерий – возбудителей инфекционных заболеваний, например холеры и брюшного тифа.

Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) вызывает заболевание СПИД – синдром приобретенного иммунодефицита (рис 56. б). Вирионы ВИЧ имеют округлую форму. Снаружи они покрыты белково-липидной мембраной. Под мембраной располагается промежуточная белковая капсула. Внутри нее находится генетический аппарат ВИЧ – две молекулы РНК.

При попадании вируса ВИЧ в кровь человека, он поражает лейкоциты, которые отвечают за иммунитет организма. Пораженные лейкоциты либо погибают, либо перестают узнавать

чужеродных болезнетворных бактерий и аномальные клетки человека, которые образовались в результате нарушения нормального клеточного деления. В результате зараженный вирусом ВИЧ человек погибает от инфекционного заболевания, так как лейкоциты бездействуют и не вырабатывают белки-антитела. Смерть человека может наступать и от ракового заболевания, к которому приводит разрастание аномальных клеток. Ученые ведут интенсивный поиск препаратов, способных защитить или вылечить это тяжелейшее инфекционное заболевание человечества.

### Основные термины:

△ *Организм, одноклеточные организмы, органеллы, колониальные организмы, многоклеточные организмы, ткани, вирус, вирион, бактериофаг, вирус иммунодефицита человека (ВИЧ), синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД).*

- ?
1. Дайте определение организма. Какими чертами он должен обладать как самостоятельная биологическая система?
  2. Перечислите общие признаки одноклеточных организмов.
  3. В чем заключается усложнение организации при переходе от одноклеточных прокариот к эукариотам?
  4. Назовите одноклеточных представителей каждого царства организмов.
  5. Чем можно объяснить высокие приспособительные возможности одноклеточных организмов?
  6. Чем колониальные организмы отличаются от одноклеточных и многоклеточных?
  7. В чем основное различие клеток многоклеточных и одноклеточных организмов?
  8. Почему вирусы считают переходной группой между живой и неживой природой?
  9. Чем вирусы по строению отличаются от бактерий?
  10. Какие болезни вызывают вирусы у растений, животных и человека?
  11. Какое строение имеет вирус-бактериофаг? Как человек использует бактериофагов?
  12. Какое строение имеет вирус иммунодефицита человека (ВИЧ)? Какое заболевание вызывают ВИЧ? В чем оно проявляется?

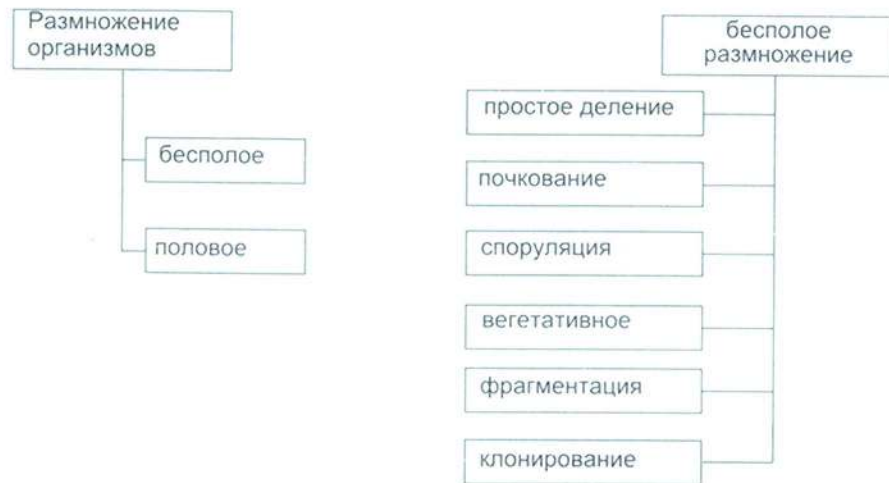


## § 16. Самовоспроизведение организмов

1. Рассмотрите рисунки 57 и 58. Какие способы размножения организмов показаны на рисунках?
2. Вспомните, как происходит самовоспроизведение живого на молекулярно-генетическом и клеточном уровнях организации жизни?
3. Какие процессы связаны с реализацией наследственной программы живого?

В природе преимущество поколений осуществляется за счет размножения организмов. Размножение – это способность организма воспроизводить себе подобное. Существуют две основные формы самовоспроизведения организмов – бесполое и половое (табл. 16).

Таблица 16



Бесполое размножение – это 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.

Половое размножение – это образование нового организма при участии, как правило, двух родительских особей, производящих для этого половые клетки. Новый организм, возникающий в результате слияния половых клеток, несет наследственную информацию от двух родителей. Потомки в этом случае отличаются друг от друга и от своих родителей.

**Бесполое размножение.** Эта форма размножения встречается во всех царствах, но наиболее распространена у растений, грибов и бактерий. Среди животных так размножаются низшие беспозвоночные. В основе бесполового размножения лежит митоз. Он обеспечивает сходство образующихся клеток и потомства. Причиной разнообразия особей в этом случае служат случайные наследственные изменения которые возникают в процессе индивидуального развития. Встречается несколько способов бесполового размножения (рис. 57).

**Простое деление** характерно для одноклеточных организмов. Из одной клетки путем митоза, или амитоза, образуются две дочерние клетки, каждая из которых становится новым организмом. Примером может служить размножение простейших, одноклеточных водорослей и бактерий.

**Почкование** – это способ бесполового размножения, при котором на теле родительской особи образуется небольшой вырост – почка. Из почки развивается дочерний организм, который затем отделяется от материнского. Почкованием размножаются кишечнорастные, одноклеточные грибы-дрожжи.

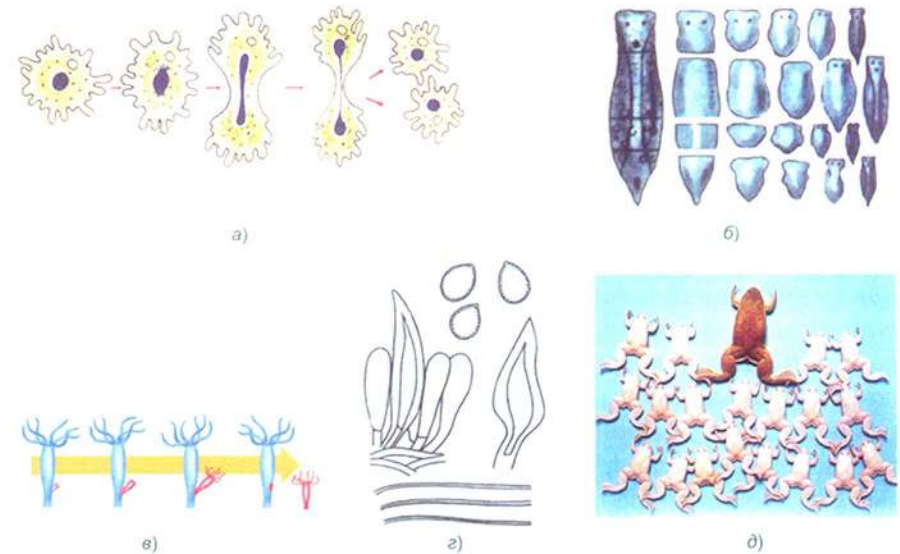


Рис. 57. Способы бесполого размножения организмов: а) простое деление (амеба); б) фрагментация (планария); в) почкование (гидра); г) образование спор (грибы); д) клонирование (лягушка)

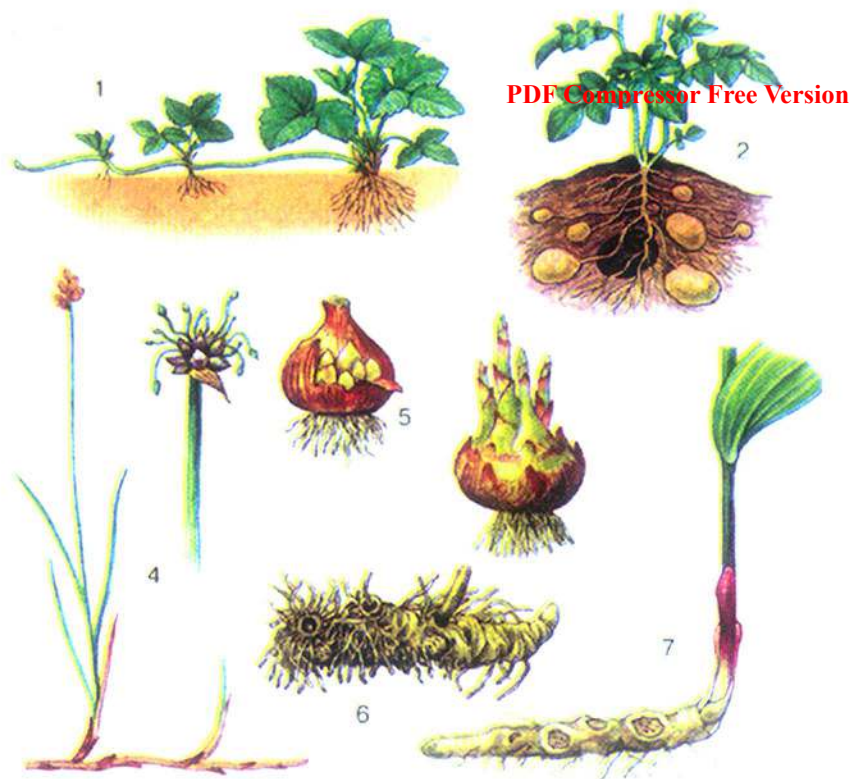


Рис. 58. Способы вегетативного размножения растений:  
1 - усиками (клубника); 2 - клубнями (картофель); 3, 4 - корневищем (пырей);  
5 - луковичками (лилия); 6 и 7 - корневыми отпрысками

**Размножение спорами (споруляция).** Спора – одноклеточная, микроскопического размера единица размножения, содержащая небольшое количество цитоплазмы и ядра. У споровых растений (водорослей, мхов, папоротников) и грибов размножение происходит с помощью специальных клеток – спор, образующихся в материнском организме. Каждая спора, прорастая, дает начало новому организму.

**Вегетативное размножение** – это способ бесполового размножения отдельными органами, частями органов или тела. Оно часто всего встречается у растений, которые могут размножаться корнями, видоизмененными побегами или отдельными частями побегов (рис. 58). Чаще всего растения для этой цели образуют следующие структуры: луковицы, клубни, корневые

отпрыски, выводковые почки. Способы вегетативного размножения растений весьма разнообразны:

- **Фрагментация** – разделение особи на две и более части, каждая из которых может дать начало новому организму. Этот способ бесполового размножения основан на способности организмов к регенерации (от лат. *регенерацио* – восстановление, возрождение) – восстановлению недостающих частей тела. Фрагментация происходит у беспозвоночных животных – кишечнополостных, плоских червей и морских звезд. Тело животного, разделенное на отдельные части, достраивает недостающие. Например, при неблагоприятных условиях плоский червь планария распадается на отдельные части, каждая из которых при наступлении благоприятных условий может развить целый организм. Встречается фрагментация и у растений, например, у водорослей, которые могут размножаться частями слоевища.

- **Клонирование** – искусственный способ бесполового размножения, который используется сравнительно недавно. Так, ядро неполовой клетки содержит весь набор хромосом организма, а значит и генов, то при определенных условиях его можно заставить делиться. Это приводит к образованию нового организма – точной копии того, от которого была взята клетка. Этот метод в настоящее время широко используется в разведении комнатных растений. Имеется опыт клонирования животных. Впервые опыт клонирования поставлен и дал положительные результаты на лягушке.

**Половое размножение.** В половом размножении участвуют специализированные клетки – половые, или гаметы (от греч. *гаметес* – супруг). Они образуются, как правило, у двух родительских особей – отцовской и материнской. Новый организм, возникающий в результате слияния гамет, несет наследственную информацию от двух родителей. Гаметы формируются в результате особого типа деления, при котором число хромосом в них становится в два раза меньше, чем в исходной материнской клетке. В результате слияния двух гамет число хромосом увеличивается в два раза, т. е. восстанавливается двойной хромосомный набор. При этом половина всех хромосом клетки, образовавшейся в результате такого слияния, является отцовской, а другая половина – материнской.

## Основные термины

△ Размножение, бесполое размножение, простое деление, почкование, споруляция, вегетативное размножение, фрагментация, клонирование, половое размножение, гаметы.

- ?
1. Дайте определение размножения, какие основные формы размножения встречаются у организмов?
  2. Объясните, в чем различие бесполого и полового размножения.
  3. Какой тип деления клеток лежит в основе полового размножения?
  4. Перечислите основные способы бесполого размножения организмов.
  5. Какие преимущества организму дает половое размножение?

□ Охарактеризуйте особенности каждого способа бесполого размножения. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.

### Бесполое размножение организмов

Способы размножения	Краткая характеристика	Примеры организмов

В XVI – XVII вв. в науке существовало несколько теорий развития организмов. Одной из наиболее распространенных была «теория вложения», или теория «матрешек», которая сводилась к тому, что все живое развивается из яйца, в котором скрыт зародыш, но очень мал и не виден. Готовые стадии развития организма как бы вложены друг в друга. После оплодотворения начинается процесс развертывания отдельных частей зародыша и их рост.

Другие ученые придерживались иных взглядов. Они считали, что в половых клетках имеются материальные структуры, предопределяющие развитие зародыша и признаки организма. Из бесструктурной субстанции оплодотворенного яйца происходит постепенное и последовательное новообразование органов и частей зародыша.

## § 17. Образование половых клеток у животных. Мейоз

1. Чем отличаются мужские половые клетки от женских половых клеток?  
 2. Вспомните, как происходит клеточное деление?  
 3. Что такое митоз?  
 4. Какие процессы происходят на каждой стадии митоза?

В основе полового размножения лежит процесс слияния половых клеток – гамет. В отличие от неполовых клеток, половые всегда имеют одинарный набор хромосом, что предотвращает увеличение числа хромосом у нового организма. Образование клеток с одинарным набором хромосом происходит в процессе особого типа деления – мейоза.

**Мейоз.** Мейоз (от греч. *мейозис* – уменьшение, убывание) – такое деление клетки, при котором хромосомный набор во вновь образующихся дочерних клетках уменьшается вдвое.

Как митозу, так и мейозу предшествует интерфаза, в которой происходит редупликация ДНК. Перед началом деления каждая хромосома состоит из двух молекул ДНК, которые образуют две сестринские хроматиды, сцепленные центромерами. Таким образом, перед началом деления хромосомный набор клетки составляет  $2n$ , а количество ДНК – увеличено вдвое (рис. 59).

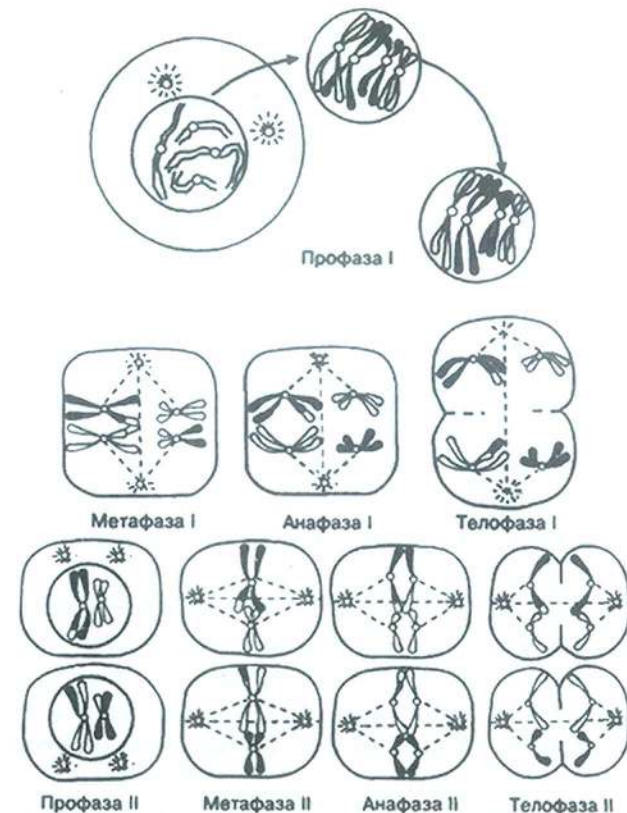


Рис. 59. Стадии мейоза

Процесс мейоза состоит из двух последовательных делений – мейоз I и мейоз II, которые разделяются на те же стадии, что и митоз. В результате образуются четыре дочерние клетки.

**Профаза I.** Эта стадия значительно длиннее, чем в митозе. Хромосомы спирализуются и утолщаются. Гомологичные хромосомы попарно соединяются друг с другом, т. е. происходит их конъюгация (от лат. *конъюгацио* – соединение). В результате этого в клетке образуется комплекс из двойных хромосом (рис. 59). Затем между участками гомологичных хромосом осуществляется обмен генами – кроссинговер (от англ. *кроссинговер* – пересечение, скрещивание). Это приводит к новым сочетаниям генов в хромосомах (рис. 60). После этого ядерная оболочка в клетке исчезает, центриоли расходятся к полюсам, и образуется веретено деления.

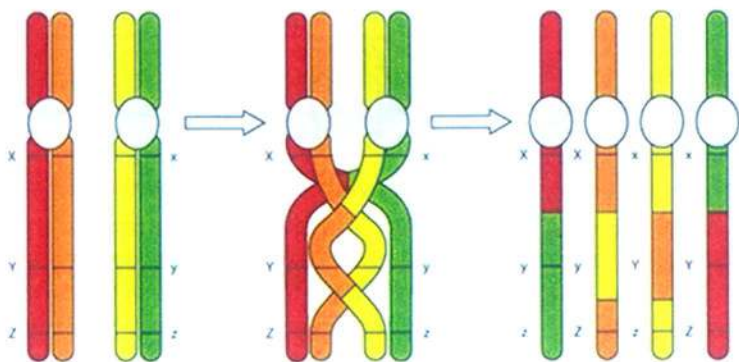


Рис. 60. Конъюгация и кроссинговер между гомологичными хромосомами (буквами обозначены находящиеся в хромосомах гены)

**Метафаза I.** Гомологичные хромосомы попарно располагаются в экваториальной зоне клетки над и под плоскостью экватора. Центромеры хромосом соединяются с нитями веретена деления.

**Анафаза I.** К полюсам клетки расходятся гомологичные хромосомы. Это основное отличие мейоза от митоза, где идет расхождение сестринских хроматид. Таким образом, у каждого из полюсов оказывается только одна хромосома из гомологичной пары. Число хромосом у полюсов уменьшается вдвое – происходит его редукция.

**Телофаза I.** Делится все остальное содержимое клетки, образуется перетяжка и возникают две клетки с одинарным на-

бором хромосом. Каждая хромосома при этом состоит из двух сестринских хроматид – двух молекул ДНК. Образование двух клеток наступает не всегда. Иногда телофаза сопровождается только образованием двух ядер.

Перед вторым делением мейоза интерфаза отсутствует. Обе образовавшиеся клетки после периода покоя или сразу приступают ко второму делению мейоза. Мейоз II полностью идентичен митозу и происходит в двух клетках (ядрах) синхронно.

**Профаза II** значительно короче профазы I. Ядерная оболочка вновь исчезает, образуется веретено деления.

В метафазе II хромосомы выстраиваются в плоскости экватора. Нити веретена деления соединяются с центромерами хромосом. В анафазе II, как и в митозе, к полюсам клетки расходятся сестринские хроматиды – хромосомы. У каждого полюса образуется одинарный набор хромосом, при этом каждая хромосома состоит из одной молекулы ДНК. Телофаза II заканчивается образованием четырех клеток (ядер) с одинарным набором хромосом и одной молекулой ДНК в каждой.

Биологическое значение мейоза заключается в образовании клеток с одинарным набором хромосом. Развивающиеся затем из них гаметы при половом размножении сливаются и двойной набор хромосом в результате этого восстанавливается. Кроме того, кроссинговер приводит к новым сочетаниям генов в хромосомах клеток, что служит основой для комбинативной изменчивости организмов.

**Образование половых клеток у животных.** Процесс образование половых клеток называют гаметогенезом (от *гамета* и греч *генезис* – рождение). У животных гаметы образуются в половых органах: в семенниках у самцов и яичниках у самок.

Гаметогенез протекает последовательно, в три стадии в соответствующих зонах и заканчивается формированием сперматозоидов и яйцеклеток (рис. 60). На стадии размножения первичные половые клетки интенсивно делятся митозом, что значительно увеличивает их число. На следующей стадии роста клетки растут, запасают питательные вещества. Этот период соответствует интерфазе перед мейозом. Далее клетка переходит в стадию созревания, где происходит мейоз, образуются



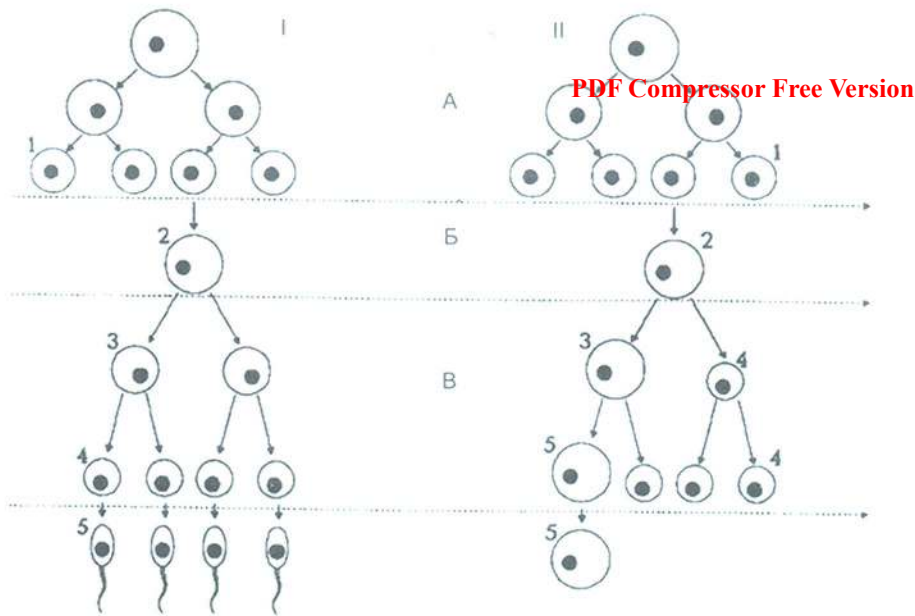


Рис. 61. Схема образования половых клеток у животных:  
 А - I - оогонии; А - II: сперматогонии;  
 Б - 2: ооциты и сперматоциты первого порядка;  
 В - 3: ооциты и сперматоциты второго порядка;  
 В - 4: направленные тельца; В - 4: сперматиды;  
 В - 5: яйцеклетки; В - 5: сперматозоиды

клетки с ординарным набором хромосом, окончательно формируются и созревают гаметы.

Сперматогенез характеризуется образованием мужских половых клеток – сперматозоидов. Из одной первичной половой клетки образуются четыре одинаковые по величине гаметы – сперматозоиды (рис. 61, А).

Оогенез (от греч. *оов* – яйцо и *генезис* – происхождение) характеризуется образованием женских половых клеток – яйцеклеток (рис. 61, Б). Процесс образования яйцеклетки значительно продолжительнее, чем сперматозоида. В ней идет интенсивный синтез и накопление питательных веществ в виде зерен желтка, необходимых для развития будущего зародыша. Особенность оогенеза – неравномерность деления клеток в мейозе и формирование только одной полноценной яйцеклетки, в которой находятся все питательные вещества. Три остальные клетки мелкие и погибают.

Строение половых клеток. У большинства видов организмов мужские и женские гаметы отличаются друг от друга.

Сперматозоиды (от греч. *сперма* – семя) – это небольшие подвижные клетки, состоящие из головки, шейки и хвостика (рис. 62). В каждом сперматозоиде находится минимальное число органоидов: ядро, митохондрии и пузырек с ферментами. Когда сперматозоид соприкасается с яйцеклеткой, содержимое пузырька освобождается, растворяет ее оболочку и способствует проникновению сперматозоида внутрь яйцеклетки.

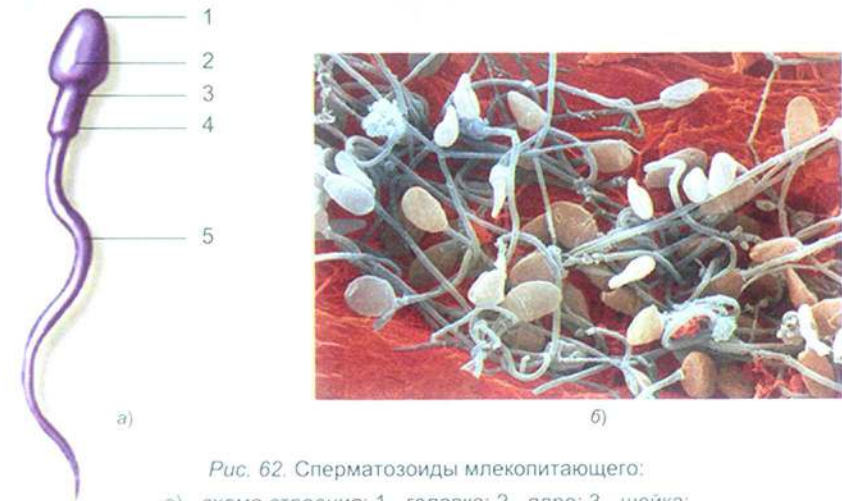
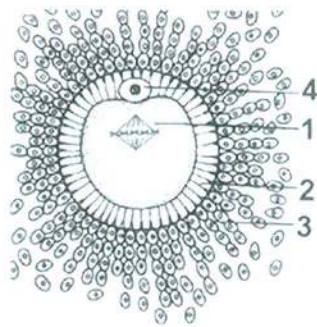


Рис. 62. Сперматозоиды млекопитающего:  
 а) - схема строения: 1 - головка; 2 - ядро; 3 - шейка;  
 4 - митохондрия; 5 - хвостик;  
 б) - фото в световой микроскопии

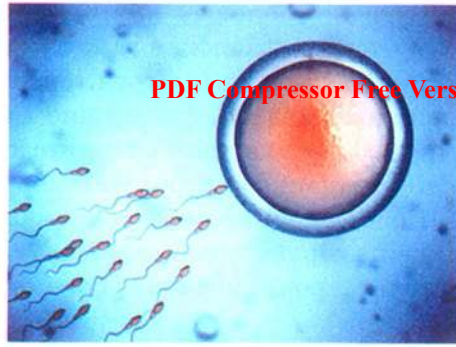
Хвостик служит для движения сперматозоида и по строению сходен со жгутиком одноклеточных животных. Митохондрии, сосредоточенные в шейке, обеспечивают движущийся сперматозоид энергией.

Яйцеклетка – округлая, крупная неподвижная клетка, содержащая ядро, все органоиды и много питательного вещества в виде желтка (рис. 63). Яйцеклетка у любого вида животных всегда значительно крупнее его сперматозоидов. Благодаря ее питательным веществам обеспечивается развитие зародыша на начальной стадии (у рыб, земноводных и млекопитающих) или на всем протяжении зародышевого развития (у пресмыкающихся и птиц).

Размеры яйцеклеток у разных видов животных существенно варьируют. У млекопитающих они в среднем составляют



а)



б)

Рис. 63. Яйцеклетка млекопитающего:  
а) - схема строения: 1 - ооцит второго порядка в метафазе; 2 - оболочка; 3 - лучевидная корона; 4 - первое полюсное тельцо;  
б) - фото в световой микроскопии

0,2 мм. У амфибий и рыб 2–10 мм, а у рептилий и птиц достигают нескольких сантиметров (табл. 18).

#### Размеры яйцеклеток у разных видов животных

Таблица 18

Организмы	Размер яйцеклетки (в мм)
Аскарида	0,04
Лососевые рыбы	6–9
Лягушка	1,5
Крокодил	50
Страус	80
Кошка	0,13
Человек	0,10

В отличие от яйцеклеток, сперматозоиды значительно меньше и их размеры приблизительно одинаковы у разных организмов. Например, у млекопитающих они составляют 0.001–0.008 мм (длина головки).

#### Основные термины:

△ Мейоз, конъюгация, кроссинговер, гаметогенез, стадии размножения, рост, стадии созревания, сперматогенез, оогенез, сперматозоид, яйцеклетка.

- ?
1. Какой тип деления клетки лежит в основе полового размножения животных? Какие клетки образуются в результате такого деления?
  2. В чем основное отличие мейоза от митоза?
  3. Объясните, почему деление мейоза всегда предшествует половому размножению животных.
  4. В чем заключается биологическое значение мейоза?
  5. Каковы различия в процессах сперматогенеза и оогенеза?

- 
1. Рассмотрите с помощью микроскопа готовые микропрепараты сперматозоидов и яйцеклеток млекопитающих. Сравните между собой строение сперматозоида и яйцеклетки. В чем причина различий?
  2. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу 19.

#### Половые клетки животных

Таблица 19

Половые клетки	Место образования	Особенности деления	Особенности строения
Яйцеклетка			
Сперматозоид			

#### § 18. Оплодотворение и зародышевое развитие у животных

- 
1. Вспомните из учебника «Животные», как происходит размножение у животных.
  2. Как оплодотворяются яйцеклетки и где развиваются зародыши насекомых, рыб, земноводных, птиц и млекопитающих?

Процесс образования мужских и женских половых клеток предшествует половому размножению, т. е. размножению с участием сперматозоидов и яйцеклеток. Половое размножение может происходить с оплодотворением и без оплодотворения.

**Оплодотворение.** Процесс слияния ядер мужских и женских половых клеток называют *оплодотворением*. В результате оплодотворения образуется зигота (от греч. *зигота* – соединенный вместе) – оплодотворенная яйцеклетка. Ее ядро всегда имеет двойной набор хромосом. Из зиготы развивается зародыш, который дает начало новому организму. Процесс оплодотворения начинается с проникновения сперматозоидов в яйцеклетку. Под действием фермента сперматозоида оболочка яйцеклетки в месте контакта растворяется. Ядро сперматозоида попадает внутрь яйцеклетки (рис. 64). При этом оболочка яйцеклетки становится непроницаемой для остальных сперматозоидов. После этого ядра гамет сливаются, и формируется ядро зиготы.

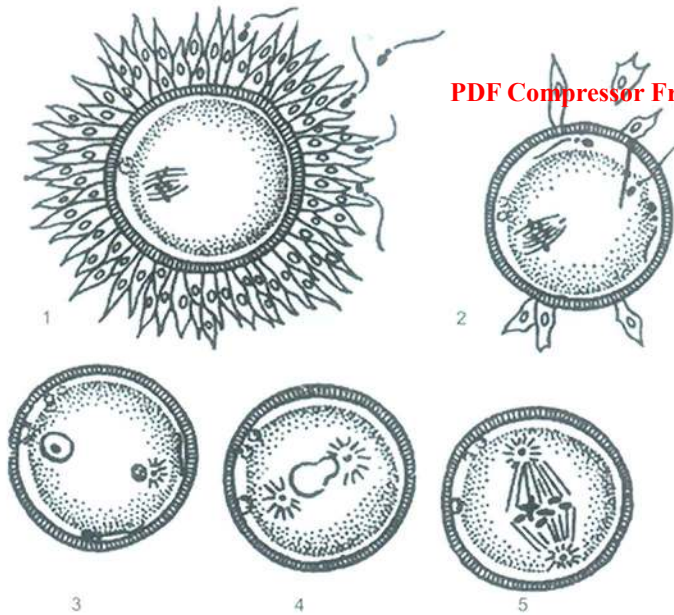


Рис. 64. Схема оплодотворения:

1 - ооцит, окруженный фолликулярными клетками и к нему приближаются сперматозоиды; 2 - растворение фолликулярных клеток под воздействием ферментов; 3 - проникновение сперматозоида в яйцеклетку; 4 - слияние ядер; 5 - начало деления митозом.

Существуют два способа оплодотворения – наружный и внутренний. При наружном оплодотворении самка выметает яйцеклетки (икру), а самец – сперму во внешнюю среду, где и происходит оплодотворение. Такой способ характерен для водных животных, например рыб и земноводных. При внутреннем оплодотворении слияние гамет происходит в половых путях самки. Так размножаются наземные и некоторые водные обитатели, например насекомые, пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие.

Оплодотворенное яйцо может развиваться как в теле самки, например у млекопитающих, так и во внешней среде. В последнем случае яйца покрыты специальной оболочкой или скорлупой, и самка откладывает их в безопасное место, например в гнездо (у птиц).

**Партеногенез.** Разновидность полового размножения, когда развитие взрослой особи происходит из неоплодотворенного яйца, называется партеногенезом (от греч. *партенос* – девственность). Партеногенез встречается у ракообразных (дафний), на-

секомых (пчел, тлей), у некоторых птиц (индеек) (рис. 65). Развитие без оплодотворения чаще чередуется с обычным половым размножением. Из неоплодотворенных яйцеклеток начинают

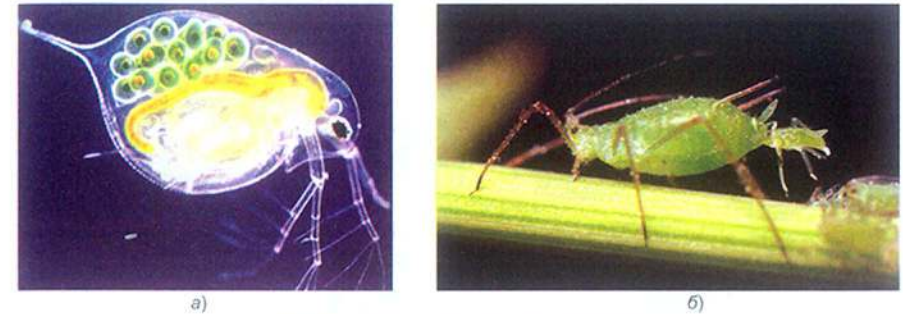


Рис. 65. Животные, способные к партеногенезу:  
а) - дафния; б) - живородящая тля

развиваться клетки, у которых в первом делении митоза хромосомы не расходятся и восстанавливается двойной набор хромосом.

**Онтогенез организма и эмбриональное развитие.** Индивидуальное развитие организма – онтогенез (от греч. *онтос* – сущее и *генезис* – рождение) охватывает весь период его жизни. За это время организм проходит несколько последовательных стадий: формируется зародыш, рождается новый организм, он растет, развивается, размножается, стареет и умирает. Онтогенез делят на два периода – эмбриональный и постэмбриональный.

Эмбриональный период, или эмбриогенез (от греч. *эмбрион* – зародыш и *генезис*) длится от момента образования зародыша из зиготы до его выхода из яйца или рождения. Он протекает в несколько этапов.

После оплодотворения из зиготы начинает развиваться зародыш. Оплодотворенное яйцо делится митозом на 2, далее на 4, 8, 16 и т. д. клеток. Этот процесс называют *дроблением*, так как в отличие от обычного деления клетки не увеличиваются, т. е. не растут (рис. 66). Дробящиеся клетки используют питательные вещества, накопленные в яйце. Процесс проходит очень быстро. Например, за 4 часа от момента оплодотворения из одной клетки зиготы возникают 64 клетки.

Дробление заканчивается образованием *бластулы* (от греч. *бластос* – росток) зародышевого пузырька с полостью внутри. Стенки пузырька состоят из одного слоя клеток. После образования бластулы наступает вторая стадия развития зародыша –

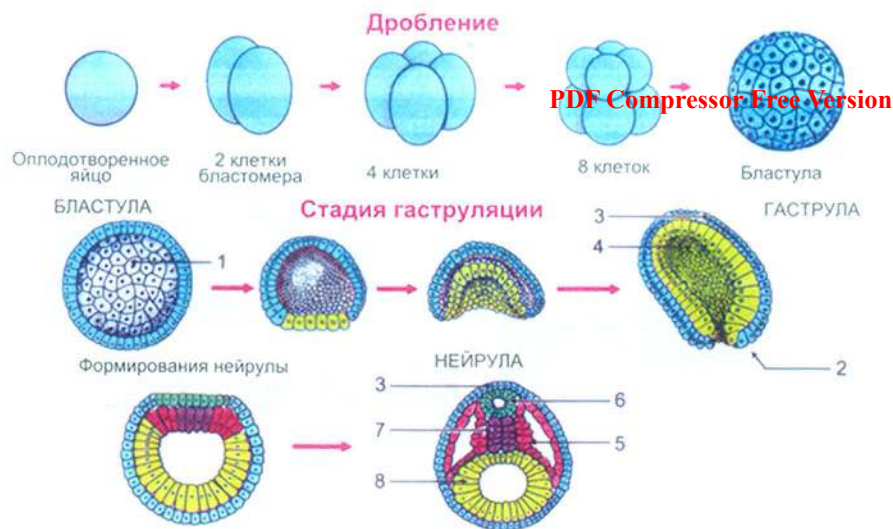


Рис. 66. Стадии развития зародыша хордового животного:  
1 - бластула; 2 - гастропор; 3 - эктодерма; 4 - энтодерма; 5 - мезодерма;  
6 - нервная трубка; 7 - хорда; 8 - первичный кишечник.

гаструла (от греч. *гастер* – желудок). Она представляет собой двухслойный мешок. Его образование начинается с выпячивания нижней стенки бластулы внутрь полости. В результате формируются два зародышевых листка: наружный – эктодерма (от греч. *эктос* – снаружи и *дерма* – кожа) и внутренний – энтодерма (от греч. *энтос* – внутри).

На стадии гаструлы заканчивается развитие у губок и кишечнополостных. У более высокоорганизованных многоклеточных животных далее происходит формирование третьего зародышевого листка. Между эктодермой и энтодермой закладывается – мезодерма (от греч. *мезос* – средний, промежуточный и *дерма*). Она образуется за счет перемещения части клеток из наружного и внутреннего слоев. В результате образуется трехслойный зародыш. Одновременно на этой стадии формируются осевые органы, например у хордовых, нервная трубка, хорда и пищеварительная трубка.

Последующее развитие зародыша у хордовых животных связано с взаимодействием трех зародышевых листков, из которых развивается все ткани и органы будущего организма. Стадия формирования органов у зародыша называется органогенезом.

Из эктодермы развиваются эпителиальная и нервная ткани, эпидермис кожи и его производные (ногти, волосы), а так-

же нервная система и органы чувств. Из энтодермы образуются слизистый эпителий и органы пищеварения.

Из мезодермы формируются мышечная и все виды соединительной ткани. Из хорды впоследствии у большинства хордовых образуется хрящевой или костный скелет, а из боковых участков мезодермы – мышцы, кровеносные сосуды, сердце, почки и органы половой системы.

**Влияние различных факторов на развитие зародыша.** Все клетки зародыша развиваются из одной исходной клетки – зиготы, имеют одинаковый набор хромосом и генетическую информацию. Однако в клетках разных зародышевых листков реализуется наследственная информация неодинаковых генов, что приводит к биосинтезу различающихся белков и, следовательно, к формированию из них разных тканей и органов (рис. 67).

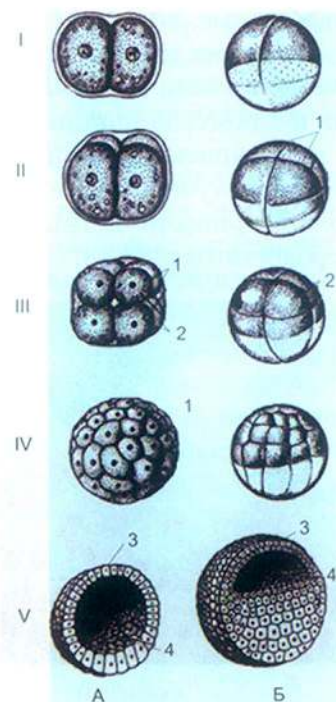


Рис. 67. Дробление зародыша животных:  
А - ланцетник; Б - лягушка;  
I - два бластомера, II - четыре бластомера,  
III - восемь бластомеров, IV - морула,  
V - бластула; 1 - линии дробления,  
2 - бластомеры, 3 - бластодерма, 4 - бластоцель.

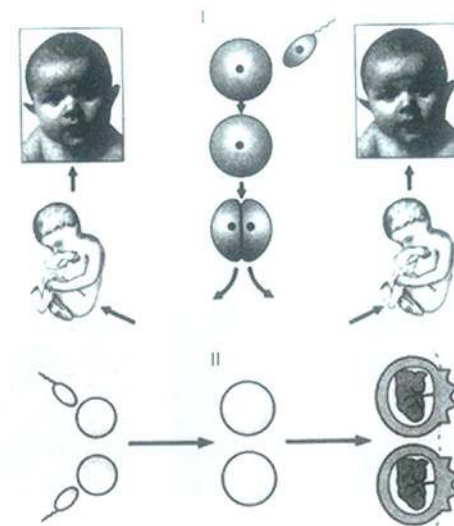


Рис. 68. I - Образование однояйцевых близнецов; II - образование двухяйцевых близнецов



Специфичность работы клеток возникает не сразу, а на определенном этапе эмбриогенеза. Установлено, что на стадии 2–16 клеток (в зависимости от вида животного) каждая клетка может развиваться в нормальный организм. Если эти клетки разъединяются, то из каждой образуется самостоятельный организм – возникают однойцевые близнецы. Они похожи друг на друга и всегда одинакового пола (рис. 68).

Исследования показали, что в развитии зародыша животных имеются критические периоды, когда может произойти нарушение нормального развития. Например, такими периодами являются середина дробления, начало гаструляции и стадия формирования осевых органов. В это время зародыш особенно чувствителен к недостатку кислорода, температурным перепадам, механическому воздействию. Чем лучше защищено яйцо, тем менее оно подвержено внешним влияниям. Отрицательно воздействуют на развитие зародыша некоторые вирусные заболевания, например корь у человека. Такое же влияние оказывают ряд медикаментов, например, антибиотики, гормональные препараты, наркотические вещества и алкоголь. Мощными факторами, вызывающими нарушения зародышевого развития животных и человека, служат рентгеновские лучи и радиоактивные излучения. Их воздействие может привести к гибели зародыша или рождению организмов с уродствами (рис 68, а, б).



а)



б)

Рис. 68-а. Нарушение в зародышевом развитии привели к уродствам: а) - сيامские близнецы; б) - двуголовые белые мыши

### Основные термины:

△ Оплодотворение, зигота, партеногенез, онтогенез, индивидуальное развитие, эмбриональный период (эмбриогенез),

дробление, бластула, гаструла, зародышевые листки: эктодерма, энтодерма, мезодерма; органогенез.



1. Как происходит процесс оплодотворения у животных?
2. В чем преимущества внутреннего оплодотворения по сравнению с наружным?
3. Объясните, почему некоторые животные размножаются партеногенезом. Приведите примеры.
4. В чем отличие дробления от обычного деления?
5. На какой стадии развития зародыша происходит специализация клеток по строению и функциям?
6. Какие факторы внешней среды могут оказывать отрицательное воздействие на развитие зародыша у животных?

### § 19. Развитие животных после рождения



1. Рассмотрите рисунки 69, 70. Какие два типа развития характерны для изображенных на рисунках животных.
2. Какие стадии в своем развитии проходят саранча, бабочка, рыба, лягушка и человек

Индивидуальное развитие организма продолжается и после рождения, когда зародыш уже сформировался и может существовать самостоятельно вне яйца или тела матери. Период развития организма после рождения называют послезародышевым, или постэмбриональным (от лат. *post* – после эмбрион). У различных организмов этот период протекает по-разному. Поэтому различают *прямое* и *непрямое развитие*.

**Прямое и непрямое развитие.** Прямое развитие проходит без превращений. Родившийся организм имеет сходство с взрослой особью и отличается только величиной, пропорциями тела и недоразвитием некоторых органов. Такое развитие, в основном, наблюдают у рыб, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих (рис. 69). Так, из икринки рыбы выходит личинка с желточным мешком. Она развивается в малька, похожего на взрослую особь, но отличающегося от нее недоразвитием ряда органов.

При развитии с превращением (рис. 70) из яйца появляется личинка совершенно непохожая на взрослый организм. Такое развитие называется *непрямым*, или развитием с метаморфозом-превращением, т. е. с несколькими личиночными стадиями постепенного превращения во взрослую особь. Личинки

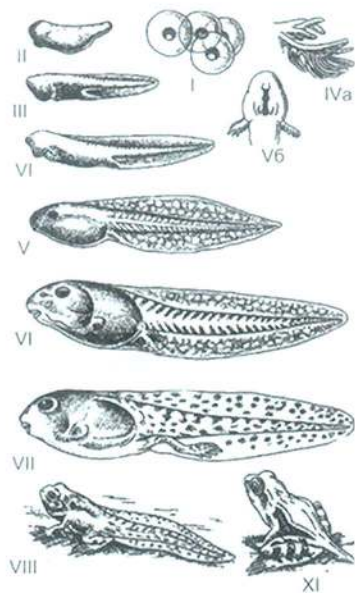


Рис. 69. Послезародышевое развитие лягушки:

I - икринки в слизистой оболочке; II-VII - стадии развития головастика; VIII, IX - превращение головастика в лягушку; IV-a - головастик с наружными жабрами; IV-b - жабры.

различаются. Гусеница ест листья растений и имеет грызущий ротовой аппарат, а бабочка питается нектаром цветка и имеет сосущий ротовой аппарат. Иногда у насекомых некоторых видов взрослая особь вообще не питается, а сразу приступает к размножению (тутовый шелкопряд).

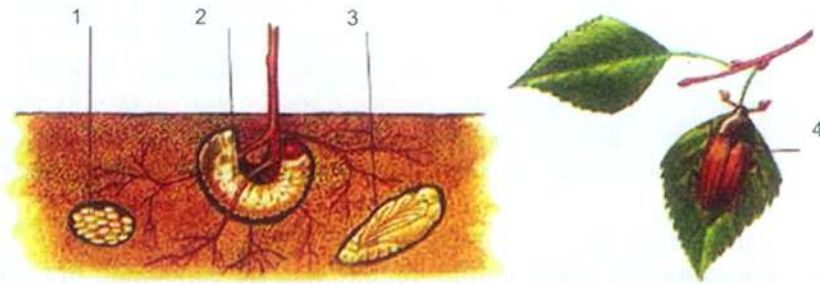


Рис. 70. Стадии развитие насекомого (майский жук) с полным метофорфозом: 1 - яйца; 2 - личинка; 3 - куколка; 4 - имаго.

активно питаются, растут, но, за редким исключением, не способны к размножению.

PDF Compressor Free Version  
 Развитие с метаморфозом характерно для насекомых и земноводных. Причем, у насекомых метаморфоз может быть полным и неполным. При развитии с полным метаморфозом насекомое проходит ряд последовательных стадий, как правило, резко отличающихся друг от друга образом жизни и характером питания. Например, у бабочки из яйца выходит гусеница, которая имеет червеобразную форму тела. Затем гусеница после нескольких линек превращается в куколку – неподвижную стадию, которая не питается, а только развивается во взрослое насекомое. Через некоторое время из куколки выходит бабочка. Пища и способ питания у личинки и взрослого насекомого

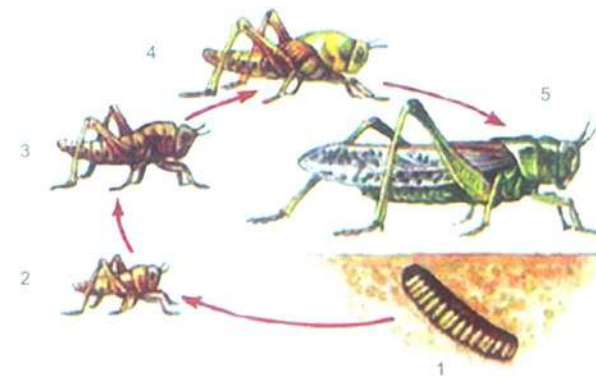


Рис. 71. Схема развития насекомого (саранча) с неполным метаморфозом: 1 - кубышка с яйцеклетками; 2, 3, 4 - личинки на разных стадиях развития; 5 - имаго.

При развитии с неполным метаморфозом стадия куколки отсутствует, и личинки мало отличаются от взрослых насекомых. Так, у саранчи вышедшая из яйца личинка имеет по сравнению с взрослой стадией меньшую величину и у нее недоразвиты крылья (рис. 71).

Среди позвоночных животных развитие с превращением наблюдают, в основном, у земноводных. Например, у лягушки личиночная стадия – головастик. По выходу из икринки он напоминает малька рыбы. У него отсутствуют конечности, имеются жабры вместо легких, хвост, при помощи которого он активно плавает в воде. Спустя некоторое время у головастика формируются конечности, развиваются легкие, зарастают жаберные щели и исчезает хвост. Через два месяца после выхода из икринки головастик превращается во взрослую лягушку.

Превращение личинки во взрослую особь связано с выработкой железами внутренней секреции специальных гормонов. Например, для превращения головастика в лягушку необходим гормон щитовидной железы – тироксин. В некоторых случаях при недостатке гормонов личиночный период может затягиваться на всю жизнь и на этой стадии организм может приступать к размножению. Так, личинка земноводного амбистомы-аксолотль при недостатке гормона щитовидной железы не превращается в амбистому.

**Рост.** Характерное свойство индивидуального развития – рост организма, т. е. увеличение его размеров и массы. По характеру роста всех животных можно разделить на две группы – с неопределенным и определенным ростом. При неопределенном

росте размеры тела организма увеличиваются в течение всей его жизни. Это наблюдается, например, у моллюсков, земноводных, рыб и рептилий. Организмы прекращают расти на определенном этапе развития. Таковы насекомые, птицы и млекопитающие.

Темпы роста у животных изменяются в течение всего периода и находятся под контролем гормонов. Например, у млекопитающих (в том числе и у человека) рост регулируется гормоном гипофиза соматотропином. Он активно вырабатывается в детском возрасте, а после полового созревания количество гормонов постепенно уменьшается и рост прекращается.

После интенсивного периода роста организм вступает в стадию зрелости, для которой характерно также изменение физиологических процессов в организме. Этот период связан с деторождением.

**Старение и смерть.** Продолжительность жизни зависит от индивидуальных особенностей вида организма, но не зависит от уровня его организации. Например, мыши живут всего 4 года, ворон – до 70 лет, а моллюска пресноводная жемчужница – до 100 лет.

Процесс индивидуального развития организма заканчивается старением и смертью. Старение – это общебиологическая закономерность, свойственная всем организмам. В процессе старения изменяются все системы органов, нарушаются их структура и функции.

Существует несколько теорий старения. Одна из первых была предложена русским ученым Ильей Ильичом Мечниковым. Согласно этой теории, старение организма связано с усилением процесса интоксикации, самоотравления в результате накопления продуктов обмена веществ и деятельности гнилостных бактерий.

Многие современные теории предполагают, что старение организма – следствие изменений в генетическом аппарате клеток, которые приводят к снижению активности процессов биосинтеза белков. Существенной причиной изменения генетической активности является ослабление работы белков-ферментов. С возрастом повышается частота хромосомных нарушений. Восстановление поврежденных участков ДНК идет медленнее, накапливаются мутации, которые проявляются в структурах РНК и белков.

Высказываются научные гипотезы, которые связывают старение организма с гормональными нарушениями, в частности с изменением функции щитовидной железы.

У человека процессы старения обусловлены действием многих биологических факторов. Немаловажную роль в старении играет и социальная среда, окружающая человека. Наука, занимающаяся проблемами старения человека, называется *геронтологией* (от греч. *герон* – старец). Старение – это неизбежный этап развития любого организма. Далее наступает смерть, которая является необходимым условием для продолжения жизни других организмов.

### Основные термины:

△ *Послезародышевый (постэмбриональный) период, прямое развитие, непрямое развитие, метаморфоз: полный и неполный, рост: неопределенный и определенный, старение, геронтология, смерть.*

- ?
1. Какие типы после зародышевого развития вам известны?
  2. В чем разница между прямым и непрямым развитием? Приведите примеры животных с разным типом развития.
  3. В чем заключается преимущества развития с превращением?
  4. Чем отличается развитие с полным метаморфозом от развития с неполным метаморфозом?
  5. В чем заключается старение организма? Какие теории старения вам известны? Какая из них наиболее вероятна, по вашему мнению? Ответ обоснуйте.
  6. В чем биологический смысл смерти организма.

### § 20. Образование половых клеток и половое размножение у растений

- 📖
1. Рассмотрите на рисунках жизненные циклы растений.
  2. Вспомните из учебника 6 класса, как происходит размножение этих растений.
  3. В чем сущность двойного оплодотворения у покрытосеменных (цветковых) растений?

У растений образование половых клеток и индивидуальное развитие протекает иначе, чем у животных. В царстве растений наблюдается чередование в жизненном цикле полового

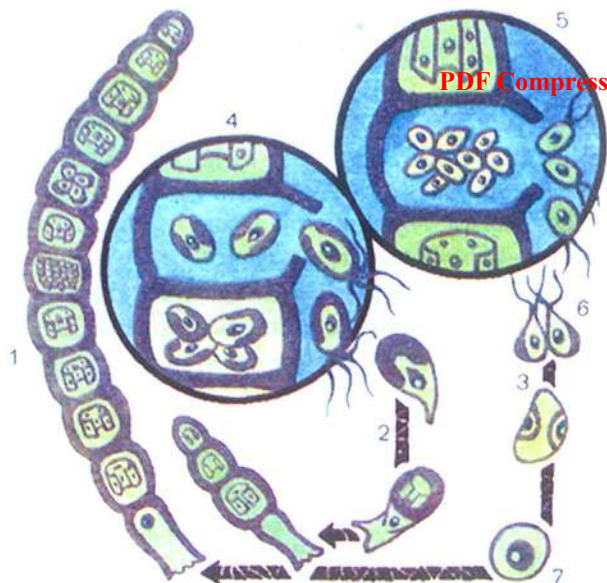


Рис. 72. Жизненный цикл зеленой водоросли (улотрикса):  
 1 - вегетационная нить; 2 - бесполое размножение, образование гамет;  
 3 - половое размножение, слияние гамет; 4 - зооспоры;  
 5 - гаметы; 6 - слияние гамет; 7 - зигота.

и бесполого поколений. Кроме того у растений мейоз происходит не при образовании половых клеток, а при созревании спор.

**Чередование поколений у растений.** Спорофит (от греч. *спора* – семя и *фитон* – растение) – бесполое поколение растений с двойным набором хромосом. На спорофите в процессе мейоза образуются споры. Из спор развивается *гаметофит* (от греч. *гаметес* – супруг и *фитон* – растение) – половое поколение с одинарным набором. На нем в митозе образуются гаметы. После оплодотворения из зиготы снова образуется спорофит. Далее процесс повторяется. В зависимости от типа растения взрослый организм может быть гаметофитом или спорофитом.

У зеленых водорослей в жизненном цикле преобладает половое поколение – гаметофит (рис. 72.). Он размножается бесполом и половым путями. В определенный период на гаметофите развиваются гаметы, разные или одинаковые по величине. После слияния гамет образуется зигота, из которой в результате мейоза формируются споры. Они дают начало новым гаметофитам. В жизненном цикле зеленых водорослей спорофит представлен только одной клеткой – зиготой.

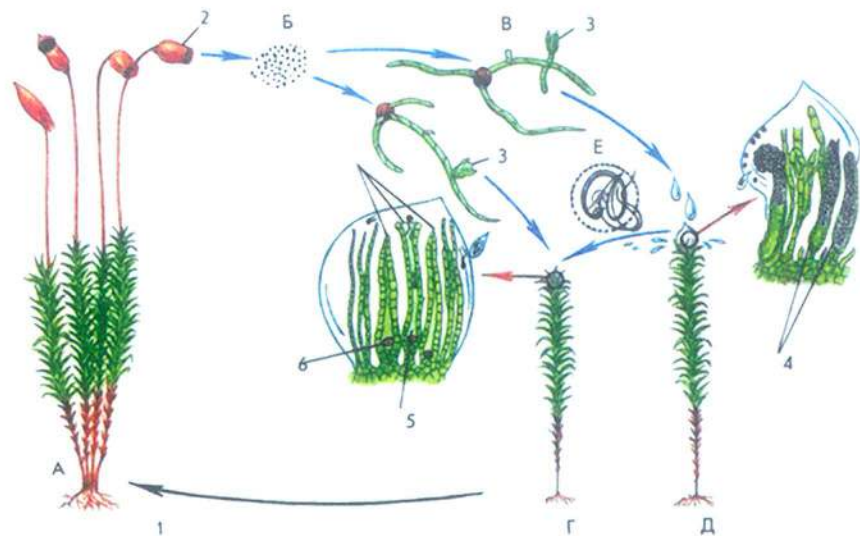


Рис. 73. Жизненный цикл зеленого мха (кукушкин лен), двудольный гаметофит:  
 1 - ризоиды; 2 - стебель и листья; 3 - архегонии; 4 - антеридии;  
 Спорофит: 5 - спорофит (2n); 6 - коробочки со спорами (мейоз); 7 - споры (n).

В жизненном цикле мхов гаметофит также преобладает (рис. 73). Он развивается при прорастании споры. Это листовидное растение, на побегах которого образуются мужские и женские органы полового размножения. Спорофит – тонкая ножка с коробочкой – развивается на гаметофите и не способен к самостоятельному существованию. В спорангиях в результате мейоза образуются споры. Споры после созревания высыпаются и во влажной среде прорастают, давая начало ветвящейся нити (предростку). На ней из почек развиваются гаметофиты.

У папоротников, плаунов и хвощей, наоборот, в жизненном цикле преобладает спорофит (рис. 74). На нем в специальных органах – спорангиях в результате мейоза образуются споры. Споры после созревания высыпаются и прорастают. При прорастании из споры развивается половое поколение – гаметофит, который представляет собой небольшой заросток. В процессе митоза на нем образуются мужские и женские гаметы.

При наличии воды происходит оплодотворение и образуется зигота. Из нее развивается зародыш, а далее молодое растение – спорофит.

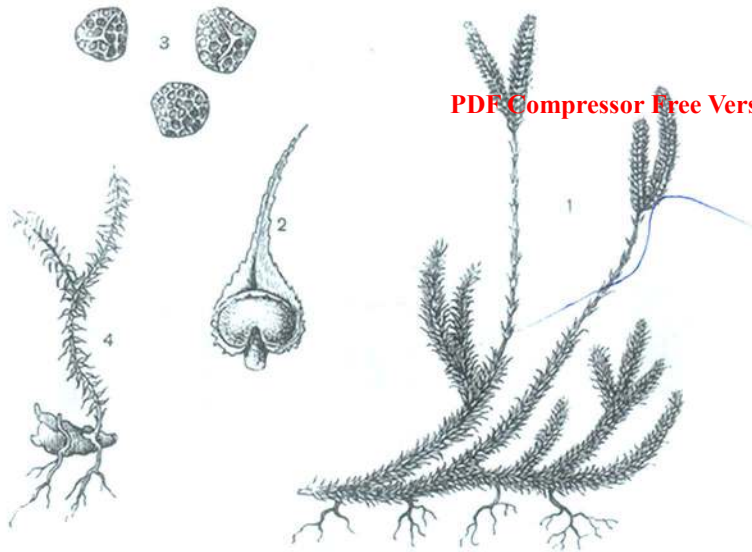


Рис. 74. Жизненный цикл булавовидного плауна (*Lycopodium clavatum*):  
1 - общий вид растения; 2 - спорофит; 3 - споры;  
4 - развивающийся молодой заросток.

**Размножение и развитие семенных растений.** У семенных растений размножение происходит семенами. В жизненном цикле преобладает спорофит, а гаметофит сильно уменьшен в размерах (редуцирован), развивается на спорофите и представлен лишь несколькими клетками. Развитие семенных растений рассмотрим на примере жизненного цикла покрытосеменных, или цветковых растений.

Взрослое растение – спорофит, имеет двойной набор хромосом. Спорофит развивается из семени. Репродуктивным органом является цветок. В цветке формируются женский орган – пестик и мужской орган – тычинки. В завязи пестика в семязачатках в результате мейоза образуются 4 споры. Деление происходит неравномерно – образуется одна крупная спора и три мелкие. Три мелкие споры отмирают, одна крупная развивается в женский гаметофит. Спора трижды делится митозом и образуется восьми ядерный зародышевый мешок: 8 ядер, в котором распределяется следующим образом: ближе к пыльцевходу находится крупное ядро – яйцеклетка, рядом два ядра поменьше – сопутствующие (рис. 75).

На противоположном полюсе мешка располагаются три ядра, а в центре – два центральных ядра. Все ядра имеют одинарный

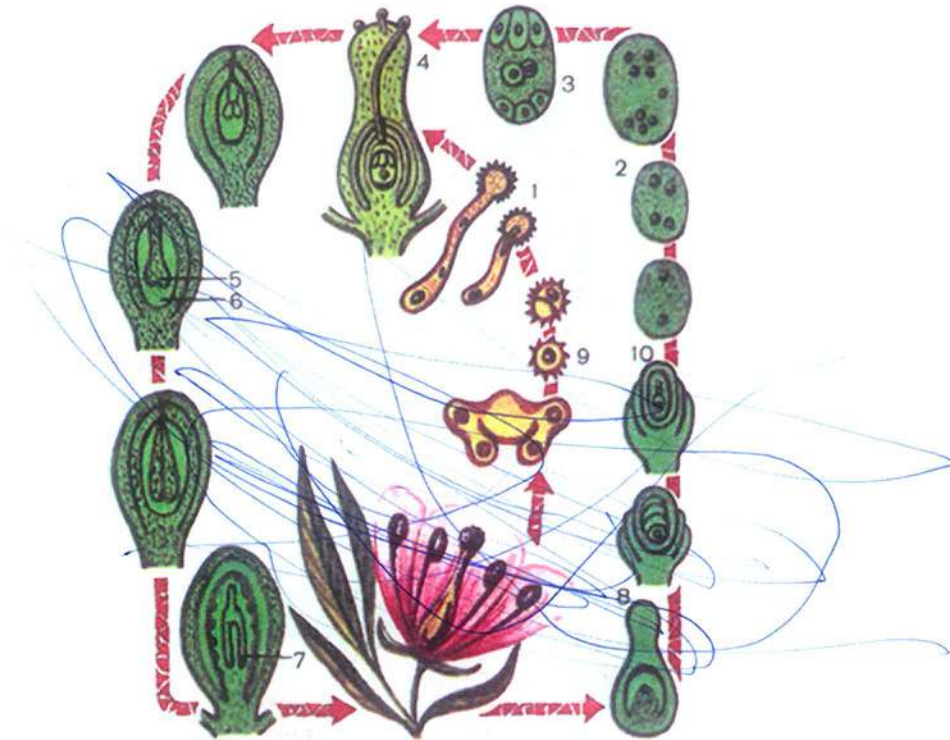


Рис. 75. Жизненный цикл у покрытосеменных:  
1 - мужской гаметофит; 2 - женский гаметофит; 3 - яйцеклетка;  
4 - пыльцевое зерно; 5 - молодой спорофит; 6 - эндосперма; 7 - завязь пестика;  
8 - мейоз; 9 - микроспоры; 10 - макроспоры.

набор хромосом ( $n$ ). Таким образом, женский гаметофит у покрытосеменных растений представлен восьмиядерным зародышевым мешком (рис. 75).

В пыльцевых мешках тычинок из клеток спорангия в результате мейоза образуются 4 мелкие споры. Все споры развиваются и дают начало мужским гаметофитам. Каждая спора делится митозом и образует вегетативную и генеративную клетку. Вегетативная и генеративная клетка покрывается двойной оболочкой – образуется пыльцевое зерно. Таким образом, мужской гаметофит у покрытосеменных растений представлен двумя клетками с оболочкой – пыльцевым зерном.

При попадании пыльцевого зерна на рыльце пестика цветка вегетативная клетка начинает прорастать, образуя пыльцевую трубку. Благодаря току цитоплазмы пыльцевой трубки



Рис. 76. Органы размножения семенами – шишками у голосеменных: 1 - ель; 2 - голубая ель; 3 - лиственница; 4 - можжевельник.



Рис. 77. Органы размножения семенами у цветковых растений (на примере персика): цветы и плоды

генеративная клетка продвигается к пыльцевходу зародышевого мешка (рис 75.). Ядро генеративной клетки при этом делится митозом, и образуются два спермия – неподвижные мужские гаметы. Они через пыльцевход проникают в зародышевый мешок. Один спермий ( $n$ ) сливается с яйцеклеткой ( $n$ ), что образует зиготу ( $2n$ ). Из зиготы развивается зародыш семени. Второй спермий ( $n$ ) сливается с двумя ядрами центральной клетки ( $2n$ ), в результате образуется эндосперм семени, в котором запасаются питательные вещества. Ядра клеток эндосперма у покрытосеменных растений имеют тройной набор хромосом ( $3n$ ).

Процесс слияния спермиев с яйцеклеткой и центральной клеткой называют *двойным оплодотворением*. Он был открыт в 1898 году русским ученым Сергеем Гавриловичем Навашиным. В результате двойного оплодотворения из семязачатка цветка формируется семя, а из покровов семязачатка – семенная кожура. Вокруг семени из завязи или других частей цветка развиваются стенки плода. При вскрытии или разрушении стенки плода семя оказывается снаружи. При определенных условиях оно прорастает, из зародыша семени развивается новое растение – спорофит (рис. 76 и 77).

Итак, у растений от низших к высшим, наблюдается постепенное увеличение срока жизни спорофита. Начиная от папоротникообразных, в жизненном цикле преобладает спорофит, а гаметофит постепенно редуцируется до одной или несколько клеток.

### Основные термины:

△ *Спорофит, гаметофит, семязачаток, зародышевый мешок, пыльцевое зерно, спермий, двойное оплодотворение.*

- ?
1. В чем особенность индивидуального развития растений по сравнению с животными?
  2. Как происходит чередование поколений у растений?
  3. Какое поколение преобладает в жизненном цикле водорослей, мхов, папоротникообразных и семенных растений?
  4. Как происходит развитие у покрытосеменных, или цветковых растений женского и мужского гаметофита?
  5. Почему оплодотворение у покрытосеменных, или цветковых растений называют двойным?
  6. Как изменяется гаметофит от низших к высшим растениям? Объясните, какое преимущество это дает растительному организму.
  7. Сравните жизненные циклы представителей основных систематических групп растений.
- 8. В чем их главное различие. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу

### Особенности жизненных циклов растений

Таблица 20

Систематическая группа растений	Преобладающее поколение в жизненном цикле	Краткая характеристика гаметофита	Краткая характеристика спорофита

## § 21. Наследование признаков у организмов



1. Вспомните, что такое ген?
2. В чем состоит функция генов? **PDF Compressor Free Version**
3. Как реализуется наследственная информация на молекулярно-генетическом уровне организации жизни?
4. Какие процессы происходят во время мейоза?

Один из основных признаков живого – наследственность. Это способность организма сохранять и передавать свои признаки и особенности развития из поколения в поколение, т. е. по наследству. Благодаря этому свойству каждый вид организма сохраняет определенную наследственную информацию.

Передача наследственных признаков происходит при размножении. При бесполом размножении передача идет через неполовые клетки: тогда признаки потомков оказываются такими же, как и у материнского организма. При половом размножении наследственная информация передается через половые клетки – мужские и женские гаметы. Какие же признаки будут у потомков – отцовские или материнские, каков механизм проявления признаков? На такие вопросы дает ответы генетика (от греч. *генезис* – происхождение) – наука о закономерностях наследственности и изменчивости организмов.

**Наследственная программа организма.** Носителями наследственной информации служат молекулы ДНК, сосредоточенные в хромосомах. В процессе деления они переходят в новые клетки. Но эти клетки не содержат готовых признаков, или фенотипов (от греч. *файно* – явный), а несут только структурные задатки возможных признаков в виде генов. Материальной основой наследственности, определяющей развитие признака, является ген – участок молекулы ДНК. Он же служит единицей измерения такого биологического явления, как наследственность.

Наследственная программа организма реализуется по схеме:

ГЕН → БЕЛОК → ПРИЗНАК (ФЕН)

Совокупность всех наследственных признаков – генов организма, полученных от обоих родителей, называют *генотипом* (от греч. *ген* и *типос* – отпечаток, форма). Однако не все полученные по наследству признаки проявляются у организма. Так, потомки по одним признакам могут быть похожи на одного

родителя, а по другим – на другого. Иногда проявляются даже признаки, свойственные более далекому предку. Совокупность внутренних и внешних признаков, которые проявляются у организма в процессе его индивидуального развития, называют фенотипом (от греч. *файно* и *типос* – отпечаток, форма).

Многочисленные эксперименты показали, что в гомологичных хромосомах находятся гены, регулирующие развитие одних и тех же признаков. Парные гены, отвечающие за проявление какого-либо одного признака, расположены в одних и тех же участках гомологичных хромосом. Например, гены цвета волос, глаз, формы уха у всех людей находятся в одинаковых участках и хромосомах. Гены принято обозначать буквами латинского алфавита:

A, a, B, b, C, c и т. д.

Парные гены могут нести одинаковые или противоположные качества одного признака. Например, гены могут отвечать за признаки темной или светлой окраски волос, голубых или карих глаз, желтой или зеленой окраски семян гороха, красной или белой окраски цветков львиного зева и др. (рис. 78).

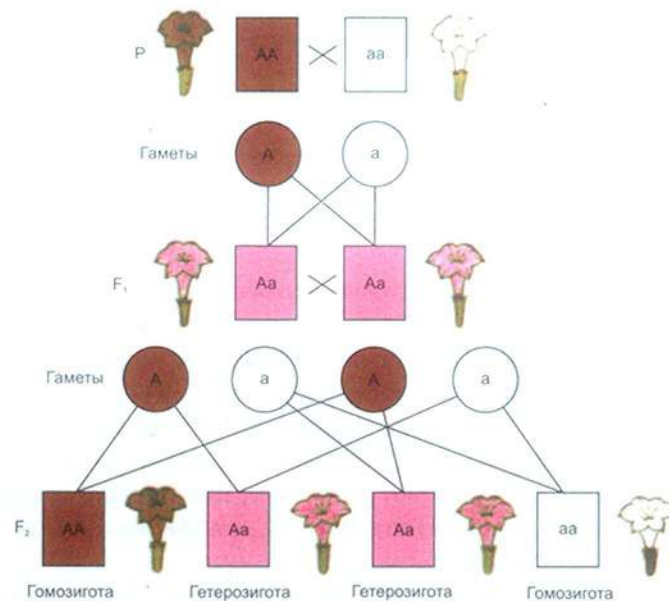


Рис. 78. Обозначение наследственных признаков буквами: P – родительские; G – гаметы; F1 – организмы первого поколения; Aa – доминантные и гомозиготные признаки; aa – рецессивные и гомозиготные признаки

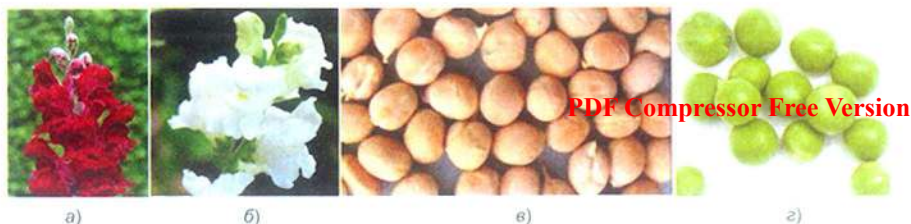


Рис. 79. Наследственные признаки растений :  
а) красные (AA) и б) белые (aa) цветки у антирринум;  
в) желтые (AA, Aa) и г) зеленые семена (aa) гороха



Рис. 80. Некоторые доминантные и рецессивные признаки человека:  
а) карие глаза (AA, Aa) – доминантный признак;  
б) голубые глаза (aa) – рецессивный признаки.

Если парные гены несут одинаковые качества признака, то их обозначают двумя одинаковыми заглавными или строчными буквами (AA или aa). Если же парные гены несут разные качества признака, то их обозначают одной заглавной и одной строчной буквой (Aa), причем на первом месте всегда записывается заглавная буква.

Организм, имеющий одинаковые гены в гомологичных хромосомах (AA или aa), называют *гомозиготой* (от греч. *гомо* – одинаковый, равный). Организм, имеющий разные качества одного гена в гомологичных хромосомах (Aa), т. е. несущий противоположные признаки, называют *гетерозиготой* (от греч. «*гетеро*» – разный).

Наблюдения показывают, что одни признаки в природе проявляются чаще других. Например, у шиповника чаще встречаются цветки с розовой окраской венчика, а с белой окраской бывают реже. Однако на кустах с белыми цветками никогда не встречаются розовые цветки. Другим примером служит проявление окраски семян у гороха. У одного сорта гороха семена имеют только желтую окраску, а у другого – только зеленую (рис. 79). Горох – самоопыляющееся растение, поэтому окраска

его семян проявляется стабильно у каждого из сортов. Но если скрестить между собой два сорта, то все горошины оказываются только желтыми.

Экспериментальные исследования характера проявления противоположных признаков позволили установить, что при скрещивании организмов одни признаки из пары проявляются чаще других (рис. 79 и 80). Преобладающий признак, который проявляется всегда, как в гомозиготном, так и в гетерозиготном состоянии, называют *доминантным* (от лат. *доминантус* – господствующий). Доминантный признак принято обозначать заглавными буквами: А, В, С и т. д.

Подавляемый признак проявляется только в гомозиготном состоянии, при наличии двух одинаковых по качеству генов. Такой признак называют *рецессивным* (от лат. *рецессус* – отступление, отклонение), а ген обозначают соответствующей строчной буквой: а, в, с и т. д. В гетерозиготном состоянии рецессивный признак может полностью или частично подавляться доминантным.

**Хромосомная теория наследственности.** Изучение процесса мейоза позволила установить связь между передачей наследственных свойств организмов и образованием половых клеток. Мейоз обеспечивает появление в гаметах разнообразной по качеству генетической информации. Это связано с особым поведением хромосом при мейозе, обнаруженном в результате скрещивания.

В 1912 г. на основании изучения дрозофил американский ученый Томас Хант Морган сформулировал хромосомную теорию наследственности. Основные ее положения следующие:

1) единицей наследственной информации является ген, который расположен в хромосоме (рис. 81);

2) каждая хромосома содержит множества генов; они располагаются в ней линейно, т. е. в определенной последовательности друг за другом;



Томас Хант Морган  
(1886–1945)

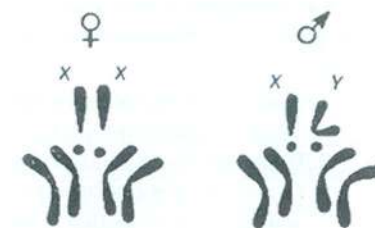


Рис. 81. Хромосомный набор плодовой мушки дрозофилы.



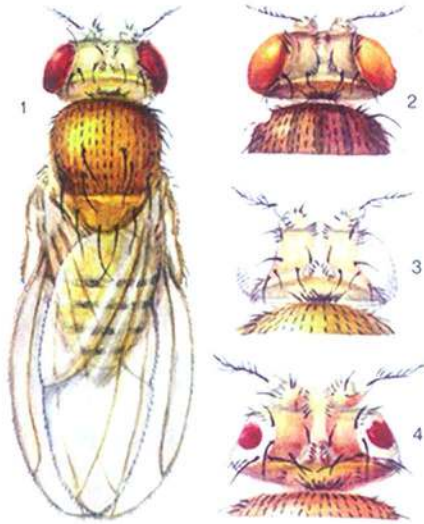


Рис. 82. Сцепленные гены плодовой мушки дрозофилы ответственные за пигментацию и форму глаз, расположенные в одной хромосоме:

- 1 - дикий тип, темно-красного цвета глаза, измененный в следующих поколениях;
- 2 - фиолетово-синие глаза;
- 3 - белого цвета;
- 4 - плоской формы, уменьшенные глаза.

3) гены, расположенные в одной хромосоме, наследуются организмом совместно, или сцеплено и образуют группу сцепления (рис. 82);

4) число групп сцепления генов равно числу пар гомологичных хромосом организма;

5) сцепление генов может нарушаться в процессе кроссинговера, что увеличивает число комбинаций генов в гаметах организма;

6) в процессе мейоза гомологичные хромосомы попадают в разные гаметы, негомологичные хромосомы расходятся произвольно, независимо друг от друга;

#### Основные термины:

△ *Наследственность, генетика, генотип, фенотип, гомозигота, гетерозигота, доминантный и рецессивный признаки, независимое распределение хромосом, хромосомная теория наследственности.*

- ?
1. Дайте определение наследственности. Что изучает генетика? Приведите определения основных генетических терминов.
  2. В чем отличие генотипа организма от его фенотипа?
  3. Можно ли определить генотип отдельной особи только на основании внешних признаков? В каких случаях? Ответ поясните.
  4. Почему гены в организме парные? Сохраняется ли эта особенность в организмах с одинарным набором хромосом?

5. Какие особенности поведения хромосом в мейозе лежат в основе хромосомной теории наследственности?
6. Перечислите основные положения хромосомной теории наследственности

- 
1. Определите, сколько типов гамет будут давать особи с генотипом АА, Вв, АаСс, АаСс.
  2. Запишите схему скрещивания двух особей генотипами АА и аа, используя следующую генетическую символику: Р - родительские особи (+ - материнская особь; > - отцовская особь); G - гаметы родителей; F - потомство от скрещивания.

#### § 22. Фенотип организма как результат проявления генотипа

- 📖
1. Вспомните, что такое наследственность и изменчивость как свойство живого.
  2. В чем сущность хромосомной теории наследственности?
  3. Что такое генотип и фенотип?
  4. От чего зависит проявление признаков у организма?

Генотип особи реализуется в его фенотипе. Организм наследует определенные гены, но мы видим лишь их проявление – признаки. При этом, как вы уже знаете, не все гены проявляются. Для изучения закономерностей наследственности и изменчивости ученые-генетики используют различные методы. Один из них – *гибридологический* (от греч. *гибрида* – помесь). В основе этого метода лежит скрещивание различных по своим признакам организмов с целью изучения характера их наследования в потомстве.

**Чистые линии и гибриды.** Организмы, гомозиготные по какому-либо одному или нескольким признакам, называют *чистой линией*. Они получаются от одной самоопыляющейся, самооплодотворяющейся особи или от двух организмов с одинаковым проявлением признаков в течение нескольких поколений.

Организмы, полученные от скрещивания двух чистых линий, называют *гибридами*. По результатам гибридизации определяют доминантные признаки, а по характеру проявления признаков у гибридов – полное или частичное подавление рецессивных признаков. Проводится точный количественный учет наследования каждого признака в поколениях. Статически

достоверные результаты получаются только при анализе достаточно большого числа потомков.

Другие методы, которые применялись, — цитологический и молекулярно-генетический. Первый метод основан на анализе хромосомного набора особей, изучении процесса деления клеток. С его помощью определяется число хромосом в клетках организма и в гаметах. Второй метод основан на изучении структуры генов, их числа и последовательности расположения в ДНК, генных мутаций.

**Основные законы наследственности.** С давних времен человек внимательно относился к накоплению сведений о наследственной природе признаков культурных растений и домашних животных и определенном характере их проявлений. В середине XIX в. было сделано много попыток установить природу этих явлений.

Первым действительно научным шагом к изучению наследственных свойств организмов явились исследования чешского монаха Грегора Иоганна Менделя в 1865 г.



Грегор Иоганн Мендель  
(1822–1884)

В своих опытах он применил гибридологический метод, который позже использовали и другие ученые (рис. 83). Многочисленные эксперименты Менделя на горохе посевном показали, что при скрещивании организмов двух чистых линий с противоположными признаками все полученные гибриды оказываются одинаковыми (рис. 84). При этом они либо похожи на одного из родителей, либо имеют промежуточные признаки.

Например, при скрещивании двух чистых линий гороха с желтыми и зелеными семенами Мендель получил в потомстве только растения с семенами желтого цвета. На основании этих данных ученый вывел закон доминирования, или единообразия гибридов первого поколения. Этот закон гласит, что при скрещивании двух гомозиготных особей, отличающихся друг от друга по одной паре признаков, все гибридное потомство в первом поколении единообразно.

Опытные скрещивания были проведены затем другими учеными на разнообразных объектах, и во всех случаях был получен один и тот же результат. Например, при скрещивании белых гладкошерстных морских свинок с черными

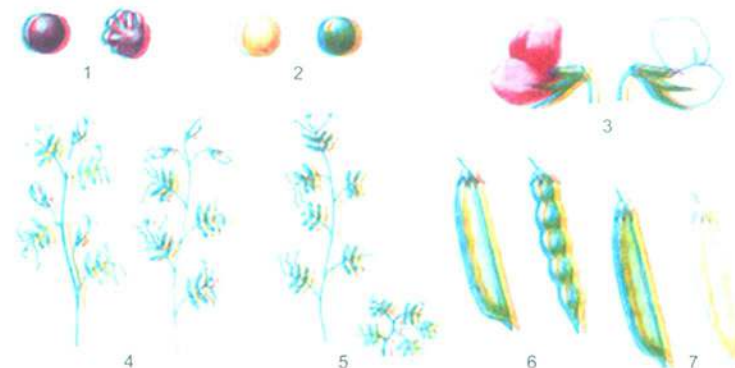


Рис. 83. Гибридологический метод, примененный Г. Менделем для изучения закономерностей наследования признаков у гороха посевного: 1 - поверхность семян; 2 - окраска семян; 3 - окраска цветков; 4 - положение цветков; 5 - длина стебля; 6 - форма бобов; 7 - окраска бобов.

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Рис. 84. Схема, отражающая расщепление признаков при наследовании

ангорскими свинками все потомство оказалось черным ангорским. В некоторых случаях у гибридов развивался промежуточный признак. Так, при скрещивании растения ночной красавицы с красными и белыми цветками, все потомства имело розовые цветки (рис. 85, 86).

Однако такие явления наблюдались только в первом поколении, при последующих скрещиваниях полученных гибридов

PDF Compressor Free Version

между собой рецессивные признаки все же проявлялись у небольшого числа потомства. Происходило расщепление признаков. Это явление Мендель назвал *законом расщепления признаков*. Закон расщепления гласит, что при скрещивании двух гетерозиготных особей, т. е. гибридов, в их потомстве наблюдается расщепление признаков.

Следует отметить, что подобное расщепление наблюдается при наследовании нескольких признаков только в том случае, если их гены находятся в разных хромосомах. В случае если гены разных признаков находятся в одной хромосоме, они будут наследоваться совместно, или сцеплено друг с другом. Например, у томатов сцеплено наследуются высота стебля и форма плодов: нормальная высота стебля и округлая форма плодов – доминантные признаки и наследуются совместно (рис. 85–86).

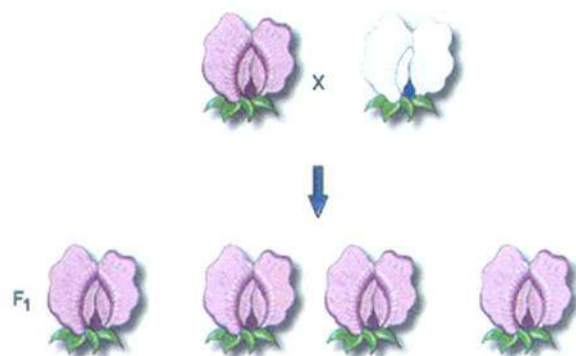


Рис. 85. Иллюстрация закона доминирования, или закона единообразия гибридов первого поколения у ночной красавицы.

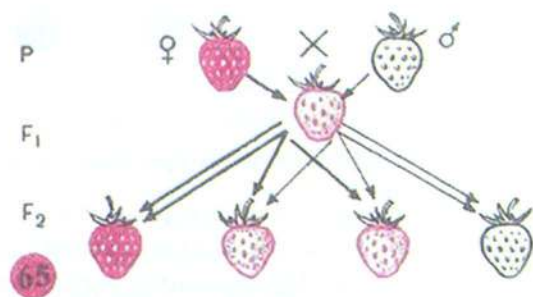


Рис. 86. Иллюстрация закона расщепления признаков: при скрещивании гетерозиготных особей земляники на втором поколении появились плоды разного цвета

Развитие генетики в настоящее время связано с изучением природы генов и основ наследственности на молекулярно-генетическом уровне. Генетика стала основной для возникновения новой отрасли биологии – генной инженерии, связанной с направленным изменением структуры генов, синтезом необходимых человеку белков, например гормона поджелудочной железы инсулина, регулирующего в организме углеводный обмен. Знание генетических законов используются учеными для выведения новых пород домашних животных и сортов культурных растений. Успехи в развитии генетики позволили исследовать наследственные заболевания человека, разработать мероприятия по предупреждению развития различных аномалий, их ранней диагностики и лечению.

### Основные термины:

△ Гибридологический метод, чистая линия, гибрид, цитологический и молекулярно-генетический методы, закон доминирования (единообразия гибридов первого поколения), закон расщепления признаков.

- ?
1. В чем сущность гибридологического метода?
  2. Дайте определение чистой линии. Чем организмы чистой линии отличаются от гибридов? Как можно получить гибриды?
  3. Почему закон доминирования соблюдается только в первом поколении при скрещивании чистых линий?
  4. Почему при скрещивании гибридов первого поколения между собой во втором поколении происходит расщепление признаков?


В 80-х гг. XIX в. исследование процессов деления клеток позволила сформулировать идею о дифференцированном (неравно наследственном) делении ядер. Немецкий зоолог А. Вейсман сформулировал теорию зародышевой плазмы, согласно которой в ядрах клеток существуют особые частицы – биофоры, от которых зависят отдельные свойства клеток. Биофоры группируются в хромосомы, которые Вейсман назвал *носителями наследственных факторов*, и располагаются в хромосомах линейно.

В 1859–1863 гг. Г. Мендель провел опыты по гибридизации посевного гороха, результаты которых были доложены в Брюннском обществе испытателей природы и опубликованы год спустя.

Следующим важным шагом в развитии представлений о наследственности было открытие иного типа деления клеток при образовании гамет. В 1883 г. **PDF Compressor Free Version** и отметил, что процессы митоза и мейоза схожи, но приводят к различным результатам.

В 1900 г. независимо друг от друга ботаники К. Э. Корренс в Германии, Г. Де Фриз в Голландии и Э. Чермак в Австрии пероткрыли законы наследственности Менделя. В 1906 г. У. Бэтсон предложил назвать новую отрасль биологической науки генетикой, а датский биолог В. Иогансен назвал наследственные факторы генами и ввел термины генотип и фенотип.

### § 23. Изменчивость признаков у организмов

-  1. Вспомните, как влияет генотип на проявления признаков.  
2. Что такое мутации?  
3. Каким образом возникают мутации на молекулярно-генетическом уровне?

В процессе индивидуального развития некоторые признаки появляются не сразу и изменяются в течение жизни. При одном и том же генотипе могут формироваться разные фенотипы. Например, если два одинаковых по генотипу организма содержать в разных условиях, то они будут отличаться по фенотипу. Растения, выращенные из семян одного сорта и даже с одной особи, могут различаться по высоте, времени цветения и величине плодов.

Изменчивость – это способность организма изменяться в процессе индивидуального развития под воздействием различных условий среды.

**Виды изменчивости.** Фенотип является результатом взаимодействия генотипа с различными условиями среды. В зависимости от характера воздействующих условий изменения могут наследоваться или не наследоваться. Если изменения затрагивают лишь фенотип организма, то они не наследуются. В этом случае генотип сохраняется, а возникшие в процессе индивидуального развития изменения не передаются потомству. Если изменения затрагивают генотип организма, т. е. изменяются его гены, то такие изменения наследуются. Отсюда, выделяют два типа изменчивости – ненаследственную и наследственную.



Рис. 87. Ненаследственная изменчивость. Изменение цвета шерсти у зайца-беляка в зависимости от сезона года: 1 - зимой, 2 - осенью, 3 - весной.

Ненаследственная изменчивость возникает у организмов под прямым влиянием условий среды. Например, у зайца – беляка зимой при низких температурах вырастает белая шерсть, т. е. пигмент в волосах не образуются (рис. 87). Весной при повышении температуры пигмент начинает вырабатываться, и шерсть становится бурой. Такая изменчивость организмов всегда адекватна условиям среды и является приспособительной. Она способствует выживанию особей. Так, белый мех зайца-беляка позволяет ему быть незаметным для своих врагов на фоне белого снега. Ненаследственная изменчивость проявляется постепенно. Эти изменения проявляются у многих особей в одной группе, т. е. они – массовые. Так, все одуванчики, выросшие на плодородной почве в саду имеют большой рост и крупные соцветения, и, наоборот, на плохой почве – растения низкие с небольшими корзинками (рис. 88).

**Наследственная изменчивость.** В отличие от ненаследственной изменчивости наследственная изменчивость затрагивает генотип и передается по наследству. Она бывает комбинативная и мутационная.

Комбинативная изменчивость связана с появлением новых сочетаний признаков у организмов вследствие комбинации их генов. В результате у потомков появляются такие признаки, которые могли отсутствовать у их



Рис. 88. а) Одуванчик, выросший на высокоплодородной почве; б) Одуванчик, выросшие на бедной почве

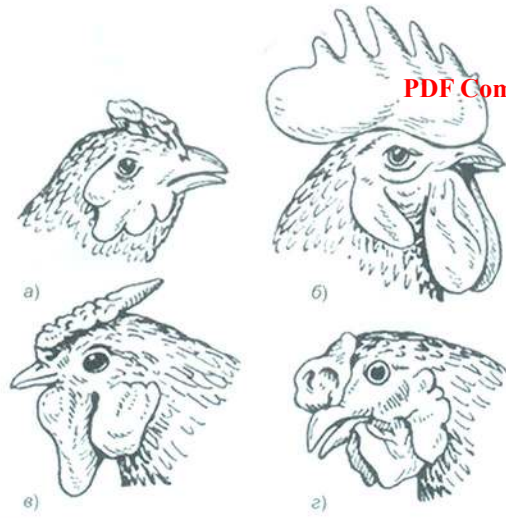


Рис. 89. Наследственная изменчивость формы гребня у петухов: а) гороховидный; б) розовидный; в) листовидный, г) ореховидный

родителей. Например, собаки-таксы бывают как длинношерстные, так и короткошерстные разной окраски. У человека зеленый, голубой и карий цвет глаз может сочетаться со светлыми и темными волосами в разных комбинациях.

Комбинативная изменчивость определяет разнообразие особей одного вида. Она способствует появлению таких признаков, которые используются человеком при выведении новых сортов растений и пород животных.

К наследственной изменчивости относят и мутации. Вы уже познакомились с особенностью этой изменчивости на молекулярно-генетическом уровне организации жизни. Генотип любого организма подвергается воздействию внешних факторов, которые могут вызвать «ошибки» в структуре хромосом или генов. В результате происходит изменение генотипа и возникает новый признак – мутация. Разные виды мутаций встречаются у растений, животных и человека (рис. 89 и 90).

Мутации связаны не только с ошибками в репликации ДНК и синтезе белка, но и с нарушениями в хромосомах в процессе деления клетки. Иногда при воздействии химических веществ ядро клетки растений начинает делиться быстрее, чем сама клетка. В результате возникают клетки с удвоенным набором хромосом. Из них развиваются растения, отличающиеся значительно большей величиной цветков, плодов и листьев, чем

экземпляры с нормальным набором хромосом (рис. 91). Это имеет положительное значение, как для самих растений, так и для человека при их выращивании на полях и в садах.

Мутационная изменчивость носит скачкообразный характер, отсутствует постепенность в изменении признаков организмов. Мутации индивидуальны и возникают у единичных особей. Воздействие одинаковых внешних условий вызывает у каждого организма разные мутации. Например, облучение зерновок пшеницы перед посевом рентгеновскими лучами приводит в одних случаях к образованию неполноценных колосьев, в другом случае



Рис. 90. Неопределенная изменчивость: неодинаковая пигментация крыльев и рисунка на крыльях божьих коровок



Рис. 91. На основе мутации, возникшие в хромосомном наборе капусты от 1 - дикого сорта были получены и культурные сорта капусты (2, 3, 4, 5 и 6)

к отсутствию колоса, в третьем случае к формированию более крупного колоса. Таким образом, мутационная изменчивость не предсказуема. По своему значению мутации могут быть для организмов безразличными, т. е. ненужными, или полезными, но чаще всего они – вредны, т. к. снижают жизнеспособность организмов-мутантов. Итак, развитие признака у любого организма – результат взаимодействия его генотипа с внешней средой. Генотип и среда, взаимодействуя, определяют развитие фенотипа организма.

**Биологическое значение наследственности и изменчивости.** Наследственность и изменчивость – два противоположных свойства организма, которые составляют единое целое в природе. Наследственность реализуется в процессе размножения, а изменчивость – в процессе индивидуального развития организма. Наследственность обеспечивает стабильность организма, его наследственной программы и передачу в поколениях определенных признаков. Ее реализация основана на редупликации ДНК и поведении хромосом в мейозе. Точность этих процессов является гарантией стабильности свойств и функций организма. Таким образом, наследственность как свойство живого реализуется на всех уровнях его организации. Наследственность консервативна и направлена на сохранение признаков организма в неизменности.

*Изменчивость* – явление нестабильности наследственных свойств живого. Она возникает в процессе индивидуального развития организма. Ненаследственная изменчивость непрерывна. Изменения возникают в результате непосредственного влияния среды на организм. Для нее характерен ряд постепенных переходов от одной формы к другой. Биологическое значение ненаследственной изменчивости – повышение приспособительных возможностей организма и разнообразие признаков у особей, принадлежащих к одному виду.

*Генотип* – достаточно устойчивая и консервативная система, а процесс редупликации ДНК близок к совершенству. Стойкость гена имеет большое биологическое значение. Она обеспечивает постоянство вида и его неизменность в относительно стабильных условиях. Вместе с тем гену присуща и способность к мутациям и новым сочетаниям при половом размножении, что приводит к изменению генотипа. Наследственные изменения при этом носят непредсказуемый характер. Ненаследственная изменчивость прерывиста и индивидуальна. Различия между особями резко выражены, а промежуточные формы отсутствуют.

Особое значение имеет мутационная изменчивость. Она возникает случайным образом при воздействии различных факторов на генотип. Мутации не адекватны воздействию факторов, единичны и разнообразны. В природных условиях каждый отдельно взятый ген мутирует очень редко. На первый взгляд, может показаться, что изменения в генах незначительны для особи. Но в действительности у организма несколько тысяч генов. Если учесть, что мутации могут происходить в любом из них, общее число мутаций резко повышается. Мутации часто вредны, так как меняют приспособительные признаки организмов. Однако именно мутации создают резерв наследственной изменчивости и играют важную роль в процессе исторического развития органического мира на Земле.

### Основные термины:


- △ *Изменчивость, ненаследственная изменчивость, наследственная изменчивость: комбинативная, мутационная; организмы-мутанты.*
- ?
- 1. Дайте определение изменчивости. Какими особенностями обладает ненаследственная изменчивость?
- 2. Когда возникает комбинативная изменчивость?
- 3. Чем мутационная изменчивость отличается от комбинативной?
- 4. Сравните два свойства организма: наследственность и изменчивость. Какое из них первично, а какое вторично?
- 5. У любого организма можно обнаружить признаки, типичные для его родителей. Тем не менее, даже у потомков одной родительской пары трудно найти двух абсолютно одинаковых особей, если они не являются близнецами. С чем это связано?
- 6. Какая из двух видов изменчивости имеет большее значение для исторического мира на Земле? Ответ обоснуйте.
- 7. Сравните между собой наследственную и ненаследственную изменчивость. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.

### Изменчивость организмов

Признаки для сравнения	Ненаследственная изменчивость	Наследственная изменчивость	
		комбинативная	мутационная

Ребята, до этого вы познакомились с молекулярно-генетическим, органоидно-клеточным и организменным уровнями организации жизни. Однако в природе живая особь не живет изолированно, а тесно связана, прежде всего, с себе подобными. Поэтому в этом разделе мы начнем изучать популяционно-видовой уровень организации живого мира. Информация следующих параграфов углубит ваши знания о виде и популяции живых организмов.

#### § 24. Развитие идей и представлений об эволюции и виде

-  1. Какие представления о причинах многообразия живой природы существуют?
2. Что означает эволюция?
3. Что такое вид?

Окружающая нас сложная, необычно многообразная природа удивляет и вызывает интерес. Поэтому начиная уже с древних времен, ученые пытались объяснить, каким образом на Земле зародилась жизнь, почему живые организмы отличаются друг от друга цветом, внешним видом, строением и пр. Человек пытался ответить на вопросы: «Почему те или иные существа живут в определенных условиях, почему они приспособлены к среде своего обитания?»

В настоящее время существуют множество гипотез, объясняющих происхождение жизни и ее многообразия. Их условно можно разделить на 2 группы. Одна группа имеет креационистический (англ. слово *create* – творить) характер. Согласно этим гипотезам жизнь на Земле возникла в определенное время благодаря Богу или каким-то сверхъестественным силам и с тех пор не претерпела изменений. Поскольку условия в разных областях Земли отличаются друг от друга, то живые существа имеют отличия и приспособлены к среде обитания. Согласно гипотезам трансформизма (изменяемости) живая природа, постоянно меняясь, достигла разнообразия. Древнейшие простые

организмы, постепенно усложняясь, дали начало организмам разной степени сложности. А самые первые простейшие организмы были созданы Богом, занесены на Землю из космоса, или зародились на Земле.

**Эволюционные представления Аристотеля.** Ранние представления о живой природе носили религиозный характер. Но вместе с тем ученые-философы древних времен, изучая окружающий мир, заметили, что живая природа меняется. Поэтому они высказывали отдельные эволюционные идеи.

*Эволюция (латинское слово *evolutio* – развертывание) – исторический процесс развития живой природы.*

Примером могут служить труды философа, ученого Древней Греции Аристотеля, жившего в 384–322 годах до нашей эры. Этот ученый не мог уйти далеко от религиозных взглядов, господствующих в то время. По его мнению живая природа и ее многообразие были созданы Богом. Тем не менее Аристотель писал, что в природе происходит непрерывный переход от неживых тел к живым телам. Иначе говоря, живая материя может произойти от неживой, а живые организмы могут постоянно изменяться.



Аристотель  
(384–322 гг. до н. э.)

Аристотель пытался обосновать особенность живой материи. По его представлениям живая природа в отличие от неживой обладают душой. Он различал три вида души: питающаяся душа свойственна растениям, чувствующая – животным и разумная – человеку.

На основе анализа ранее собранных биологических знаний, Аристотель попытался найти порядок в живой природе и создать ее систематику. Он разделил окружающий мир на неживую часть – «вещества» и живую часть – «существа». Аристотель создал «лестницу веществ и существ» и разметил на ее ступеньках «элементы» природы в направлении от простого к сложному. На нижней ступеньке он поместил неживую

<sup>1</sup> Аристотель не знал, что зоофитов в природе нет. Дальнейшее развитие биологии определило, что существа, имеющие признаки растений и животных являются либо теми, либо другими.

природу, затем растения, далее зоофитов (промежуточная форма существ между растениями и животными) и животных. На самую верхнюю ступеньку поставил червей. Аристотель, одним из первых ввел понятие «вид». По его мнению вид – это сходство животных одной группы.

**Труды К. Линнея.** Шведский ученый Карл Линней (1707–1778 гг.) развил идею Аристотеля о ступенчатом порядке природы. Этот ученый, всю свою жизнь неустанно трудясь, описал



Карл Линней  
(1707–1778)

около 10 тысяч растений и 4200 животных. В своем основном труде «Систематика природы» К. Линней осветил свой взгляд на порядок в природе. Взяв за самую простую единицу живой природы вид, он объединил сходные виды в род, сходные роды в семейство, сходные семейства в отряд и сходные отряды в класс. При делении растений на классы К. Линней принимал во внимание, в основном один признак – строение цветка и количество тычинок. В соответствии с количеством тычинок он разделил представителей растительного мира на 23 класса. В 24-й класс он объединил все растения, не имеющие цветка, и назвал его «тайнобрачными растениями», т. к. цветок является половым органом растения и служит для размножения. Каждому растению он дал латинское название, состоящее из двух слов: названия вида и рода. Такую бинарную номенклатуру взяли на вооружение ботаники и зоологи всего мира и пользуются по сей день. Представителей животного мира К. Линней объединил в 6 классов: черви, насекомые, рыбы, амфибии, птицы, млекопитающие.

Труд К. Линнея «Систематика природы» только при его жизни издавался 12 раз и сыграл важную роль в развитии биологии. Предложенная ученым система природы, отражающая ее многообразие, привлекла внимание естествоиспытателей. К концу XVIII века было описано более 20 тысяч растений. Однако классификация растений и животных К. Линнея была искусственной, не соответствующей порядку природы. Причина этого в том, что во время систематизирования он принимал во внимание не все, а отдельные признаки живых существ, например количество тычинок растений, форма клюва птиц и т. п.

К. Линнею было присуще религиозное мировоззрение. По его мнению, жизнь Земле и многообразие видов сотворил Бог, и виды не изменяются. В тоже время предложенная К. Линнеем система природы вызывает сомнение в ее божественном происхождении. Если виды были созданы одновременно, независимо друг от друга, то почему они похожи друг на друга какими-то признаками? Как можно объяснить тот факт, что сходные виды можно объединить в род, а сходные роды в семейство и так далее? Поэтому у отдельных ученых возникают мысли о том, что если живые существа можно сгруппировать по сходным признакам, значит они произошли от одних предков.

**Эволюционные идеи Ж. Бюффона.** Одним из ученых, рассматривающих сходство признаков живых существ как доказательство единства их происхождения, был французский естествоиспытатель Жорж Бюффон (1707–1788 гг.). У него была возможность работать с постоянно пополняющейся новыми экспонатами богатейшей коллекцией животных. Это позволило ему исследовать и собрать ценные сведения в области зоогеографии и экологии животных. Основным многотомным трудом Ж. Бюффона «Естественная история» содержал новые к тому времени знания о животном мире. Обладая материалистическими взглядами, ученый высказал много идей о том, что Земля, растения и животные возникли естественным путем. По мнению Ж. Бюффона когда-то Земля в виде пылающего шара отделилась от Солнца. Вращаясь во Вселенной, она постепенно остыла и затвердела. Когда земная поверхность была полностью покрыта Мировым океаном, возникла жизнь.

Ж. Бюффон считал, что первые живые существа: моллюски и рыбы зарождаются в один момент из частиц живой материи океана. Извержение вулканов приводит к появлению суши на Земле. Поскольку климат был жаркий, то из морских животных возникают наземные животные, живущие в тропиках. Это были животные, похожие на ныне живущих слонов, копытных и хищников. Таким путем зарождаются несколько основных семейств животных, от которых в результате изменчивости произошли все остальные животные. Основными причинами



Жорж Бюффон  
(1707–1788)



изменчивости ученый считал климат, пищу и гибридизацию. По мнению Ж. Бюффона, животные, расселяясь на Земле, попадали в новые условия и постепенно к многообразию живой природы.

Несмотря на то, что идеи Ж. Бюффона о том, что жизнь одновременно возникла из частиц живой материи противоречат науке, они были для своего времени передовыми. Ученый отрицал божественное происхождение жизни, в связи с чем подвергся гонениям со стороны католической церкви. Священнослужители приходят к решению, что труды Ж. Бюффона должны быть сожжены, а автор – понести наказание. Под давлением церкви в 1751 году ученый публично отказывается от своих трудов. Хотя учение Ж. Бюффона не сыграло значимую роль в развитии науки, оно способствовало дальнейшему распространению материалистических идей.

Таким образом, начиная с древних времен, включая XVIII век, доминировало представление о божественном происхождении живых существ и их многообразии. Растения и животные с момента сотворения Богом не менялись и остались таковыми по сей день. В то же время отдельные ученые высказывали эволюционные идеи о том, что живые существа произошли от первых простейших форм жизни. В результате изменчивости возникло многообразие живой природы. Что касается происхождения первых живых существ, то об этом существует множество гипотез. Каждая гипотеза имеет те или иные доказательства, но какая же гипотеза соответствует действительности до настоящего времени не определено. Вопрос о происхождении жизни на Земле до сих пор остается открытым.

### Основные термины:

△ *Креационистические гипотезы, гипотезы трансформизма, эволюционные идеи*

- ? 1. Как Аристотель объяснял многообразие живой природы?  
2. В чем видел причину многообразия жизни К. Линней?  
3. Как, по мнению Ж. Бюффона, жизнь зародилась на Земле?

□ Перерисуйте таблицу в свою тетрадь и заполните ее, опираясь на материал параграфа

Ученые	Аристотель	К. Линней	Ж. Бюффон
Как на Земле зародилась жизнь?			
Как возникло многообразие живой природы?			
Меняются ли виды?			

## § 25. Эволюционные теории Ж.-Б. Ламарка и Ч. Дарвина

- 1. Какие идеи о происхождении многообразия живой природы существуют?  
2. Что значит эволюционное развитие живой природы?  
3. В чем причины эволюции?

**Ж.-Б. Ламарк** – автор первой эволюционной теории. Французский ученый Жан-Батист Ламарк (1744–1829 гг.) стал автором первой сравнительно цельной эволюционной теории живой природы. Согласно основным положениям его теории живая природа произошла от неживой по воле Бога. Виды изменяются и в соответствии со стремлением к совершенству, виды развиваются в направлении от простого к сложному. В своем основном труде «Философия зоологии», опубликованном в 1809 году, Ж.-Б. Ламарк привел много доказательств тому, что виды меняются. Он также попытался раскрыть причины изменчивости.



Жан-Батист Ламарк  
(1744–1829)

Ученый отразил развитие природы в четырех сформулированных законах. В первом законе говорилось о том, что живым существам присуще внутреннее стремление к совершенству. Три остальных закона объясняли изменчивость видов. Согласно закону «прямого приспособления» условия окружающей среды постоянно меняются. Под их воздействием меняется обмен веществ в организме растений и низших животных. У них появляются соответствующие приспособления. Например, если одуванчик растет на открытых солнечных местах, то и листья, и цветок

вырастают сравнительно крупного размера. Если же одуванчик произрастает в тенистых местах, то у него более мелкие листья и цветок, но длинная цветоножка.

Закон «упражнения и неупражнения органов Ж.-Б. Ламарка говорит о том, что на высших животных, имеющих нервную систему, условия окружающей среды действуют не прямо, а опосредованно. Живя в определенных условиях, животные упражняют какие-то органы, а какие-то – нет. В результате упражняющиеся органы развиваются и изменяются. Неупражняющиеся органы не развиваются, уменьшаются и в конце концов могут исчезнуть. Наибольшую известность из примеров, приведенных Ламарком, приобрел пример с жирафами. Жирафам приходится постоянно вытягивать шею, чтобы дотянуться до листьев, растущих у них над головой. Поэтому их шеи становятся длиннее, вытягиваются (рис. 94). Согласно закону «наследования приобретенных признаков» изменчивость благоприятная для жизни постепенно передается последующим поколениям.



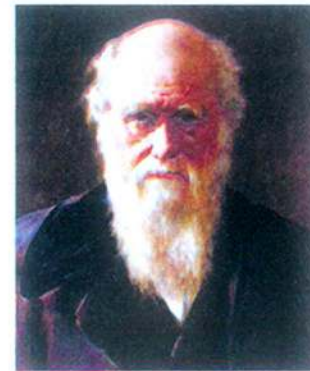
Рис. 94. Слева – жираф, справа – окапи

Эволюционная теория Ж.-Б. Ламарка противоречит научным данным. Во-первых, наличие у живых существ «внутреннего стремления к развитию и совершенству», данного Богом, не доказано. Во-вторых, не всегда условия окружающей среды приводят к появлению изменчивости. Если условия резко меняются, то живые существа могут не приспособиться и погибнуть, доказательством чего служит немало исторических фактов. В-третьих, объяснить происхождение разнообразной расцветки яиц птиц, раковин моллюсков, упражнением и неупражнением органов нельзя. К тому же непарнокопытное животное окапи, ведущее такой же образ жизни, что и жираф имеет короткую шею и конечности (рис. 94). В-четвертых,

изменчивость не всегда наследуется, о чем вы знаете из ранее пройденных тем.

Не смотря на это, теория Ж.-Б. Ламарка сыграла большую роль в дальнейшем развитии биологии. До него никто из ученых так последовательно и настойчиво не утверждал что один вид происходит из другого. Ж.-Б. Ламарк обратил внимание естествоиспытателей на тесную связь живого организма со средой своего обитания. Он правильно отметил важное значение окружающей среды на развитие живого мира.

**Эволюционная теория Ч. Дарвина.** Основателем первой истинно научной эволюционной теории является английский ученый Чарльз Дарвин. Научный труд ученого «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за существование» был опубликован в 1859 году. В нем Ч. Дарвин изложил основные закономерности биологической эволюции. Ученый доказал, что каждая живая особь обладает наследственностью, изменчивостью и присущей ей борьбой за существование. Дарвин определил причины многообразия живой природы, приспособления живых организмов к среде обитания и исторического развития жизни. Дополнения к эволюционной теории ученый изложил в своих более поздних работах: «Изменение животных и растений в результате одомашнивания» (1868 г.), «Происхождение человека и половой отбор» (1871 г.).



Чарльз Дарвин  
(1809–1882)

В отличительных признаках культурных растений и домашних животных, созданных человеком, Ч. Дарвин видел еще одно важное доказательство эволюции. Он видел, что полезные для человека признаки растений или животных не возникают в один момент. Длительное время от поколения к поколению человек отбирал особи с полезными ему признаками, получал от них потомство. Среди потомков опять выбирал особей с нужными для него признаками и продолжал свою деятельность до тех пор, пока полезные признаки не становились устойчивыми. Скрещивание организмов с одинаковым признаком приводило к усилению этого признака. Деятельность человека по отбору особей с полезными для него признаками

Ч. Дарвин назвал искусственным отбором. А какие растения или животные будут жить в естественных природных условиях и дадут потомство отбирается природой.

В 1832–36 годах Ч. Дарвин в качестве натуралиста совершил кругосветное путешествие на корабле «Бигль». Это путешествие оказало большое влияние на дальнейшую жизнь ученого. Наблюдения, собранные во время путешествия, природные материалы стали основой для создания эволюционной теории. В качестве доказательств эволюции Ч. Дарвин привел множества биологических фактов. Но основными фактами послужили палеонтологические материалы (палеонтология – наука, изучающая ископаемые остатки ранее живущих живых существ). Ученый называл палеонтологию историческим повествованием эволюционного процесса. Он считал, что сходство признаков ранее и ныне живущих организмов, сходство зародышей различных групп организмов свидетельствует о единстве их происхождения.

Ч. Дарвин также обратил внимание на зоогеографические данные. В далеко расположенных регионах, например, на вершине двух гор растут одни и те же растения, и живут одни и те же животные. Ч. Дарвин объяснил такое явление природными изменениями. В геологической истории когда-то эти две горы были цельной равниной, на которой распространились одинаковые виды растений и животных. Когда же образовались горы, то произошло обособление живой природы. С другой стороны, на одинаковых географических широтах разных материков, не смотря на сходство климатических условий, проживают разные виды. Особенности флоры и фауны материков объяснить только непосредственным влиянием факторов среды нельзя.

Ч. Дарвин особенно интересовался растительным и животным миром островов. Живая природа материков и островов, будучи похожими, отличались друг от друга. Флора и фауна островов характеризовалась эндемическими видами, которым были присущи признаки, свойственные только для данной местности. Ученый объяснял это тем, что эволюционные процессы, происходящие на материках и островах, шли независимо друг от друга.

**Изменчивость, наследственность и естественный отбор.** Ч. Дарвин определил причины эволюции как ее движущие силы. Под влиянием условий (факторов) окружающей среды

у живых организмов возникают две формы изменчивости, которые он назвал определенной и неопределенной. Если меняются условия среды, большинство особей меняются одинаково. Например, прошлое лето было дождливым, поэтому растение и его листья выросли сравнительно большими. В этом году из семян этого же растения, выросли небольшие растения с более мелкими листьями, т. к. лето было засушливым. Можно определить, почему произошли такие изменения – в этом году дождей было мало, растения не поливали. Поэтому такую изменчивость Ч. Дарвин назвал определенной.

Другой пример – посеяли семена растения с красными цветками. Из них выросли растения с красными цветками, но несколько растений имели цветки белого цвета. Почему появились растения с белыми цветками, по мнению ученого, определить нельзя. Поэтому такую изменчивость Ч. Дарвин назвал неопределенной. Он отводил большую роль неопределенной изменчивости в эволюционном процессе, поскольку данная изменчивость передавалась по наследству. Согласно мнению ученого изменчивость накапливалась от поколения к поколению и могла привести к появлению нового вида.

Каждая особь размножается и стремится занять большее место. Поскольку среда обитания, ее ресурсы ограничены, она вступает в борьбу за существование. Под борьбой за существование Ч. Дарвин подразумевал не только прямую борьбу, но и зависимость особи от других живых существ и условий окружающей среды. Поэтому борьба за существование включает в себя не только отношения типа «растительноядное животное – растение», «хищник – его жертва». К этому явлению относится борьба с себе подобными за пищу и место обитания, а также влияние неблагоприятных факторов среды. В результате борьбы за существование особи могут победить или не выжить и не дать потомства.

Обычно в природе особи имеют ту или иную индивидуальную изменчивость. Те из них, чья изменчивость дает преимущество в борьбе за существование, выживают и дают потомство. Полезная для особи изменчивость передается по наследству, а бесполезная – исчезает вместе с особью, не выжившей в борьбе за существование. Избирательное сохранение благоприятных для выживания организма особенностей и изменчивости, исчезновение неблагоприятных или выживание наиболее приспособленных, и вымирание наименее приспособленных организмов

Ч. Дарвин назвал естественным отбором. Ученый полностью обосновал, что естественный отбор приводит к приспособленности организмов к среде обитания, происхождению или вымиранию видов, усложнению живой природы.

В это же самое время английский исследователь Альфред Уоллес (1823–1913 гг.) независимо от Ч. Дарвина пришел к заключению, что в основе эволюции лежит естественный отбор.

Ч. Дарвин внес огромный вклад в развитие биологии. С момента выхода в свет его труда «Происхождение видов» начали формироваться такие направления биологии, как эволюционная палеонтология, эволюционная морфология, эволюционная эмбриология и др. Современники ученого поставили под сомнение вопросы наследственности и изменчивости, т. к. их закономерность и механизмы не были уточнены. Если бы ученый был знаком с трудами Грегора Менделя, то он избежал бы этого недостатка.

### Основные термины:

△ Эволюционная теория, изменчивость, определенная изменчивость, неопределенная изменчивость, наследственность, искусственный отбор, естественный отбор.

? 1. Какие законы, отражающие развитие природы, вывел Ж. Б. Ламарк?  
2. В чем заключается неверность эволюционной теории Ж. Б. Ламарка?  
3. Что, по мнению Ч. Дарвина, является причиной эволюции?

□ 1. Как бы Ж.-Б. Ламарк объяснил происхождение длинной шеи лебедя, опираясь на закон «Упражнение и неупражнение органов»?  
2. Как бы Ч. Дарвин объяснил происхождение длинной шеи лебедя, исходя из изменчивости, наследственности и естественного отбора?  
3. Нижеследующую таблицу перепишите в тетрадь и заполните:

Таблица 22

Вопросы	Ж.-Б. Ламарк	Ч. Дарвин
Что считали причинами эволюции?		
Какие примеры причин эволюции приводили?		

## § 26. Вид – систематическая категория живой природы

1. Что такое вид?  
2. Чем похожи особи одного вида?

**Понятие о виде.** Когда исследователи собрали богатейший материал о различных представителях живой природы, возникла необходимость привести материал в какой-то порядок или систематизировать. Благодаря усилиям многих ученых возникла и сформировалась наука систематика, изучающая многообразие и упорядоченность живой природы.

*Группа живых существ, обладающих сходными признаками строения и физиологическими особенностями, связанных общностью происхождения, называется систематической категорией или систематическим таксоном (греческое слово taxis – расположение по порядку)*

К началу XX века в систематике оформилось семь основных таксонов: царство – тип (у растений отдел) – класс – отряд (у растений порядок) – семейство – род – вид. Из них самая большая группа царство, самая маленькая – вид (рис. 95).

Виды, произошедшие от общего предка, образуют один род, сходные по происхождению роды – одно семейство, объединенные общим происхождением семейства – один отряд/порядок, сходные по происхождению отряды/порядки – класс. Классы, имеющие общего предка, объединяются в один тип/отдел, типы же образуют царства. Все царства представляют собой живую природу. Любое растение или животное должно последовательно принадлежать ко всем семи категориям. Часто систематики выделяют дополнительные категории, используя для этого приставки под-, инфра- и над-, например: подтип, инфракласс, надкласс. Такие категории обязательными не являются. Сравнительно новым является понятие надцарства, или биологического домена, предложенного Карлом Вёзе в 1990 году.



Рис. 95. Систематические таксоны

Так, например домен «эукариоты» объединяет все организмы, клетки которых содержат ядро.

Особи одного вида обладают наибольшим сходством между живыми организмами. Представители одного вида, скрещиваясь друг с другом, дают потомство, а особи разных видов, за редким исключением, не скрещиваются между собой. Поэтому вид считается основной систематической категорией.

*Вид – группа особей, которые обладают одинаковыми наследуемыми структурными, физиологическими и биохимическими признаками, живут на определенной территории, скрещиваются друг с другом и дают плодовитое потомство.*

До 2011 число описанных видов достигло 1,7 млн (табл. 23)

Таблица 23

Царство животных		Царство растений	
Группы животных	Число описанных видов (тысячи)	Группы растений, грибов	Число описанных видов (тысячи)
Млекопитающие	5,5	Цветковые растения	268
Птицы	10,1	Голосеменные	1,1
Пресмыкающиеся	9,4	Споровые	12
Земноводные	6,8	Мхи	16,2
Рыбы	32,1	Красные и зеленые водоросли	10,4
Членистоногие	около 1 млн	Лишайники	17
Моллюски	85	Грибы	31,5
Другие животные	69	Бурые водоросли	3,1

**Критерии вида.** Для определения вида берут во внимание сходство нескольких признаков особи. Эти признаки называют критериями вида. *Морфологический критерий* характеризует сходство внешнего вида и внутреннего строения живого организма. Обычно представители одного вида занимают определенный ареал или территорию. Ареал представляет собой географическую границу жизненного пространства вида. Например ареал белых медведей расположен близко к Северному полюсу Земли, а ареал бурых медведей – далеко от полюса. Поэтому еще одним критерием, характеризующим вид,

является географический критерий. Среда обитания вида характеризуется не только географическими координатами, но и определенными экологическими условиями. В связи с этим используется еще один критерий вида – *экологический*. Экологический критерий представляет собой особенности питания, размножения и экологических факторов среды обитания вида. Например, два вида дятлов, живущих в одном лесу, добывают пищу на разных частях деревьев. Большой пестрый дятель ищет насекомых в стволе дерева, а средний пестрый дятель – на крупных ветках.

Для определения вида используется *физиолого-биохимический критерий* (особенности физиологических и биохимических процессов). Точность этого критерия по сравнению с другими несколько ниже. Это объясняется тем, что в организме представителей групп, крупнее чем вид, основные физиологические и биохимические процессы протекают одинаково. С тех пор как генетики определили, что особи одного вида имеют одинаковый набор хромосом стали использовать *генетический критерий*. Например, в клетках твердой пшеницы содержится 28 хромосом, а мягкой пшеницы – 42. Поскольку особи имеют одинаковый наследственный материал, то у потомков в процессе развития формируются одинаковые признаки.

Особи, характеризующиеся различным набором хромосом, обычно не скрещиваются, поэтому вид определяет также *репродуктивный критерий* (репродукция – возрождение). Каждому виду свойственна репродуктивная изоляция, иначе говоря, особи одного вида скрещиваются только между собой и дают потомство. Лишь в редких случаях особи близкородственных видов могут скреститься и дать потомство. *Этологический критерий* (этология – наука о поведении) присущ видам только животных, т. к. характеризует особенности поведения. Например, птицы разных видов отличаются друг от друга своим пением, насекомые – издаваемыми звуками.

Особи одного вида должны соответствовать большинству критериев. Определение вида не осуществляется по одному или нескольким критериям, т. к. критерии относительные (см. табл. 24). Например, использование только морфологического критерия может привести к ошибке, т. к. особи одного вида могут сильно отличаться друг от друга по размерам, окраске и т. д. В тоже время в природе существуют очень схожие виды-двойники. Например, различают 6 видов широко распро-

страненного малярийного комара. Представителя одного вида питаются кровью человека, другого – кровью животных. Личинки комаров одного вида развиваются в соленой воде, другого – в соленой воде и т. д.

Таким образом, каждый вид соответствует определенным критериям, которые рассматриваются в совокупности, т. к. критерии относительные, и использование только одного из них имеет свои ограничения (табл. 24.).

### Критерии вида

Таблица 24

Название критерия	Признаки особей по критерию	Относительность критериев
1. Морфологический	Сходство внешнего и внутреннего строения организмов.	Сходство видов-двойников, половые различия особей мужского и женского пола, полиморфизм.
2. Географический	Сходство по способам питания, местам обитания, наборам факторов внешней среды, необходимых для существования.	Совпадение ареалов разных видов, виды, занимающие различные ареалы.
3. Экологический	Сходство всех процессов жизнедеятельности и биохимического состава	Экологические ниши разных видов могут совпадать или перекрываться.
4. Физиолого-биохимический	Сходство всех процессов жизнедеятельности и биохимического состава	У разных видов наблюдается сходство физиологических и биохимических процессов.
5. Генетический	Сходство числа, формы и структуры хромосом	Хромосомный полиморфизм особей одного вида; у многих разных видов число хромосом одинаково.
6. Репродуктивный	Особи одного вида скрещиваются между собой и дают плодовитое потомство. Особи разных видов не скрещиваются.	В некоторых случаях особи близкородственных видов могут скрещиваться и давать плодовитое потомство, например собака и волк.
7. Этологический	Сходство в поведении. Особенно в брачный период (ритуалы ухаживания, брачные песни и т. д.).	Существуют виды с близким поведением.

### Основные термины:

△ Вид, критерии вида: морфологический, географический, физиолого-биохимический, генетический, репродуктивный, экологический, этологический.

- ?
1. Что представляет собой систематический таксон?
  2. Что такое вид?
  3. Что значит критерий вида?
  4. Почему нельзя определить вид, используя только один критерий?

- 
1. Какой из критериев вида является наиболее важным?
  2. Выберите по своему желанию какой-нибудь вид растения или животных из пройденных вами курсов ботаники и зоологии и в тетради запишите его критерии.

### Лабораторная работа «Морфологический критерий вида»

*Цель:* сформировать навыки использования морфологического критерия для определения вида живого объекта.

*Оборудование:* гербарий с травянистыми цветковыми растениями.

*Ход урока:* учащиеся делятся на пары или малые группы и работают с одним из растений. Они обращают внимание на строение растения и отвечают на следующие вопросы:

1. Какое строение имеет корень?
2. Какой стебель у растения?
3. Какие листья у растения?
4. Какое строение имеет лист, какая форма листовой пластинки?
5. Какой цветок у растения?
6. Какое строение имеет цветок?

После того как учащиеся найдут ответы на вопросы, они переписывают следующую таблицу в тетрадь и заполняют ее.

Название растения	
Характеристика корня (стержневой корень, мочковатый корень, запасающий или не запасающий питательные вещества и др.)	
Характеристика стебля (вертикально растущий, обвивающий, запасающий или не запасающий питательные вещества и др.)	

Характеристика листа (простой, сложный, прикрепляется к стеблю с помощью или без ножки, форма листовой пластинки, жилкование сетчатое или дугообразное)	PDF Compressor Free Version
Характеристика цветка (одиночный цветок или соцветие, строение чашечки и венчика, количество тычинок и др.)	

После выполнения работы учащиеся знакомятся с результатами других учеников. В итоге они наглядно увидят, что растения отличаются друг от друга своим строением. Поэтому смогут прийти к заключению, что особенности строения растения соответствуют морфологическому критерию.

## § 27. Популяция – единица популяционно-видового уровня организации жизни

1. Что такое популяция?  
2. Чем отличаются популяции друг от друга?

**Понятие о популяции.** Особи одного вида располагаются в своем ареале не с одинаковой плотностью, т. к. условия в различных частях ареала отличаются. Как вы, наверное, заметили ребята, в естественных условиях на луге или в лесу растения не растут равномерно как в искусственных парках или газонах. В большинстве случаев особи собираются на более благоприятных территориях и образуют группы. Поэтому для описания такой ситуации в биологию введено понятие популяция (латин. слово *populatio* – народ).

*Популяция – группа особей одного вида, длительное время проживающих на одной территории и сравнительно изолированных от других особей этого же вида.*

Особи одной популяции имеют наибольшее сходство, т. к. они обладают широкими возможностями для скрещивания.

Как правило, географические и экологические условия ареала приводят к изоляции популяций друг от друга. Территории, на которых растут или проживают популяции бывают разного размера. В зависимости от этого различают четыре разновидности популяций (рис. 96). *Элементарная (местная) популяция* сравнительно небольшая и занимает небольшой ареал с одинаковыми условиями. Например ареал распространения двудомной крапивы очень обширный, но обычно она растет

в тенистых и влажных местах. Бабочку капустницу и ее гусениц можно встретить только на огородах, где растет капуста.

Популяции, занимающие территории с одинаковыми экологическими условиями, образуют *экологические популяции*. Обычно особи этих популяций скрещиваются и обмениваются генами. Совокупность экологических популяций называются *географическими популяциями*. Поскольку ареал географических популяций изолирован друг от друга, то скрещивание особей возможно во время миграции животных или распространении семян растений на дальние расстояния. Поэтому обмен генетическим материалом между ними происходит сравнительно редко. Например, во всех регионах Кыргызстана живет обыкновенная белка. Особи этого вида представлены изолированными экологическими популяциями, т. к. экологические условия в разных частях страны по большей части сходные. Белки обитают на многих материках, поэтому существует около 20 их географических популяций.

Популяции, вид, род, а также более крупные систематические категории постоянно меняются. Живые организмы растут, развиваются, размножаются, вступают в различные отношения с другими живыми существами. Они приспосабливаются к среде обитания и распространяются или же вымирают. В итоге численность, состав, расположение особей в ареале и другие характеристики популяции меняются. В соответствии с этим разные популяция отличаются друг от друга и для отражения различий используют несколько характеристик.

**Основные характеристики популяций.** Численность и плотность являются основными показателями популяции. Численность популяций – это количество особей определенной площади или объема ареала обитания. Численность особей на единице площади или объема ареала определяет плотность популяции. Обычно численность популяции колеблется от несколько сотен до несколько тысяч особей. Такие популяции носят название *мезопопуляция*. Популяции отдельных крупных млекопитающих могут состоять из несколько десятков организмов, это –

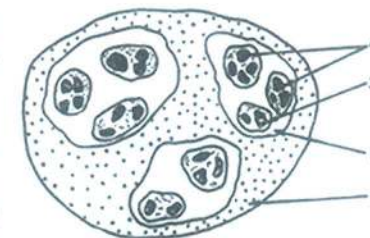


Рис. 96. Типы популяций (по Н. П. Наумову, 1963):

- 1 - ареал вида популяции,  
2 - элементарная,  
3 - экологическая,  
4 - географическая.

микронуляции. А численность мегануляций некоторых растений и беспозвоночных животных может превышать миллион особей.

PDF Compressor Free Version

**Структура популяции.** Популяции также отличаются своим составом. Во-первых, популяция состоит из особей разного возраста, поэтому у нее есть *возрастная структура*. Возрастная структура популяции характеризуется соотношением особей различных возрастных групп друг к другу. Вместе с тем этот показатель характеризует скорость обновления популяции и взаимоотношения особей разного возраста с окружающей средой. Если условия среды обитания одинаково влияют на живые организмы вне зависимости от их возраста, то количество особей разного возраста – примерно одинаковое. Численность такой популяции особо не меняется, и она называется *стабильной*. В *растущей популяции* число особей, готовых к размножению, преобладает, что ведет к увеличению численности популяции. Когда количество старых особей, утративших способность к размножению, выше числа особей других возрастных групп, то это *сокращающаяся популяция* (рис. 97).

Численность особей мужского и женского полов в популяции также может отличаться. Соотношение числа особей женского и мужского полов определяет *половую структуру* популяции. Знание половой структуры популяции имеет важное значение. Это обусловлено тем, что риск гибели представителей разных полов, их способность к приспособлению к среде обитания могут различаться. Обычно самки обладают большей жизнестойкостью, чем самцы. Зачастую половая структура популяции зависит от биологических особенностей вида. В попу-



Рис. 97. Типы популяций: 1 - растущая (поползень), 2 - стабильная (барсук), 3 - сокращающаяся (тигр амурский)

ляции моногамных животных (один самец спаривается с одной самкой), например популяции хищных птиц, соотношение полов 1:1. Для популяции полигамных животных (один самец спаривается с несколькими самками), например популяция львов, численность самок выше численности самцов.



Рис. 98. Рыба сибас

Представители разных полов заметно отличаются своими экологическими и этологическими особенностями. Например, взрослые самцы комаров либо совсем не питаются, либо могут питаться нектаром. Самки комаров для полноценного оплодотворения яйцеклеток заранее должны напиться кровью человека или животных. В редких случаях экологические факторы могут определять пол организма. Например рыба сибас, родившись генетически самкой, под влиянием температуры воды может стать самцом (рис. 98).

*Пространственная структура* популяции характеризует распределение особей в ареале. Случайное распределение отмечается у особей, живущих на одинаковой территории и имеющих непрочные связи между собой. В большинстве случаев такое размещение особей наблюдается в начале освоения ими среды обитания. Например, распространение вредных насекомых на полях или повторный рост растений на территории после пожара. Равномерное распределение особей в ареале – редкое природное явление. К такому расположению особей может привести обострение борьбы за существование. Например, хищники, ведущие активный образ жизни, занимают и метят индивидуальную территорию для охоты на свою жертву. Поэтому их распределение в ареале – сравнительно равномерное.

Чаще всего в природе встречается групповое распределение особей, т. к. каждый ареал имеет свои микроклимат и микро-рельеф и разные условия для жизни. Примерами популяций, имеющих групповую структуру, могут быть популяции как мелких и малоподвижных, так и крупных животных, ведущих активный образ жизни. Тесная взаимосвязь особей между собой в группах обеспечивает целостность и устойчивость популяции. Этому можно привести множество доказательств. Так парнокопытные, только сбившись в стадо, могут противостоять волку.



Сами же волки успешней охотятся не в одиночку, а стаями. Деревья в лесу быстрее растут среди группы сходных растений.

PDF Compressor Free Version

**Основные термины:**

△ *Популяция, элементарная популяция, экологическая популяция, географическая популяция, численность популяции, микропопуляция, мезопопуляция, мегапопуляция, структура популяции, возрастная структура, стабильная популяция, растущая популяция, сокращающаяся популяция, половая структура, пространственная структура, случайное распределение, равномерное распределение, групповое распределение.*

- ?
1. Какие виды популяций существуют?
  2. Какими показателями характеризуется популяция?
  3. Какова структура популяции?
- ✱
4. Понаблюдайте над видом растения или животного, которые широко распространены там, где вы живете, и ответьте на следующие вопросы:
    - а) эти особи составляют микро-, мезо- или мегапопуляцию?
    - б) какая пространственная структура характерна для этой популяции?
    - в) какова половая структура этой популяции?

## § 28. Изменение и регуляция численности популяции

- 📖
1. Что влияет на численность популяции?
  2. Почему численность популяции меняется?

**Изменение численности популяции.** В природных условиях число особей популяции и плотность их проживания в ареале постоянно меняются. Это явление получило название *динамики численности популяции* и характеризует количества особей в определенное время (месяц, сезон, год и т. п.). Численность популяции многоклеточных организмов, в основном, определяется их размножением, смертностью и миграцией. В свою очередь эти определяющие процессы зависят от множества факторов. Размножение приводит к увеличению численности и плотности популяции. Так, если взойшли бы все семена, которые образует один одуванчик в течение одного года, то за 10 лет вся суша земного шара была бы занята одуванчиками. Но такого не происходит, т. к. не все места земли обладают благоприятными для произрастания одуванчика условиями.

Плодовитость часто является видовым признаком, например, насекомые по сравнению с млекопитающими быстрее размножаются и более плодовиты.

Смертность снижает численность и плотность популяции. Особи умирают от старости, болезней, недостатка пищи, хищников и других причин. Миграция может увеличить или уменьшить число и плотность особей в популяции.

В природе численность популяции меняется волнообразно, т. е. растет, уменьшается, вновь растет и вновь уменьшается и т. д. Амплитуда колебания численности, как правило, зависит от особенностей вида и условий среды обитания. Численность популяции крупных позвоночных животных при сравнительно постоянных условиях среды меняется незначительно. В отличие от них популяции мелких животных меняются значительно. Так, численность популяций насекомых может увеличиться или уменьшиться в 40–50 раз. Причин колебания численности популяции много, это:

- изобилие или недостаток пищи;
- конкуренция нескольких популяций в завоевании благоприятной среды обитания;
- взаимоотношения между хищниками и их жертвами;
- водный и световой режим, температура, кислотность, уровень кислорода среды обитания и другие абиотических факторы.

К постоянно меняющейся среде обитания популяция приспособляется с помощью размножения, смертности и миграции. Поскольку в стабильной популяции скорость размножения и смертности примерно одинаковая, ее численность, особенно плотность существенно не меняются. Число особей в популяциях крупных млекопитающих в большинстве случаев постоянное, если даже этот показатель растет, то лишь в 1,05 – 1,1 раза.

В растущей популяции особи размножаются быстрее, чем умирают, что ведет к росту численности, особенно плотности. Численность популяции насекомых и ракообразных (тли, дафнии) при благоприятных условиях может возрасти в 1015–1030 раз (рис. 99). Когда плотность популяции становится очень высокой, растительность редеет, животные мигрируют и занимают свободные территории.



Рис. 99. Колония тли на подсолнечнике



Рис. 100. Слева – барс, справа – обыкновенная рысь

Например, в последнее время наблюдалось резкое увеличение на полях численности саранчи. Для сохранения урожая человек применяет различные методы борьбы с ней. В неблагоприятных условиях саранча мигрирует в другие места и наносит большой урон сельскому хозяйству.

Численность популяции одноклеточных прежде всего зависит от скорости деления клетки (материнская клетка делится и дает начало двум новым клеткам). В благоприятных условиях (изобилие пищи достаточно для жизнедеятельности и размножения и т. д.) численность бактерий и одноклеточных растет в соответствии с геометрической прогрессией. Но обычно такой рост происходит в короткое время, т. к. увеличение числа и плотности особей вызывает нехватку ресурсов для жизни. Поэтому численность популяции растет до определенного предела, после которого рост прекращается.

В сокращающейся популяции смертность преобладает над рождаемостью (размножением), поэтому число особей в популяции уменьшается. К таким популяциям относятся редко встречающиеся и вымирающие виды, занесенные в Красную книгу. В большинстве случаев это виды, ценные для экономики или эстетики. Например, у занесенных в Красную книгу Кыргызстана снежного барса и рыси красивой, теплый мех, поэтому охота браконьеров привела к резкому сокращению их численности (рис. 100). Как правило, в природных условиях численность популяции тесно связана с ее возрастной структурой (см. § 27).

**Регуляция численности популяции.** Динамика численности популяции регулируется абиотическими и биотическими факторами. Абиотические факторы представляют собою совокупность

PDF Compressor Free Version



Рис. 101. Равновесное состояние популяции (по Б. Небелу, 1993)

геофизических и климатических характеристик ареала популяции. Биотические факторы включают в себя биологические особенности организма, конкуренцию, хищничество, достаточность пищи, инфекционные болезни и пр.

При благоприятных условиях численность популяции растет. Вся совокупность факторов, способствующих росту числа особей представляет собой *биотический потенциал*. У большинства видов биотический потенциал достаточно высок, но достичь его предела в природных условиях шансов мало, т. к. существуют ограничивающие факторы. Единство ограничивающих факторов составляет *сопротивление среды*.

В том случае, когда биотический потенциал и сопротивление среды равны друг другу, численность популяции будет стабильной (рис. 101). Если же равновесие между ними нарушается, то численность популяции начинает меняться. При преобладании биотического потенциала над сопротивлением среды число особей в популяции будет расти. Когда сопротивление среды превышает биотический потенциал, то численность популяции, наоборот, будет падать.

Увеличение или уменьшение числа особей в популяции имеет свои границы. Когда численность популяции становится

ся меньше нижней границы, популяция теряет устойчивость к воздействию условий окружающей среды и может постепенно вымереть. Увеличение числа особей популяции не может быть безграничным, т. к. чем выше их численность, тем больше становятся дефицит пищи и хуже условия для размножения. К этому добавляются биологические механизмы, снижающие размножение организмов. Например, при высокой численности и плотности популяции у насекомых и мышевидных грызунов ухудшается размножение. Среди паразитов и насекомых увеличивается смертность на ранних этапах жизни, у полевых мышей замедляется процесс достижения половозрелости. В популяции грызунов и рыб усиливается каннибализм. Млекопитающие, птицы и общественные насекомые при высокой плотности популяции начинают мигрировать. Подводя итоги, можно сказать, что если численность популяции переходит нижнюю границу, появляется опасность исчезновения вида, если же переваливает через верхнюю границу – опасность исчезновения отдельной особи.

#### Основные термины:

△ Численность популяции, динамика численности популяции, регуляция численности популяции, биотический потенциал, сопротивление среды, ограничивающие факторы.

- ? 1. Как вы понимаете колебательное изменение численности популяции?  
2. Что такое биотический потенциал и сопротивление среды?  
3. Что такое ограничивающие факторы?

\* Используя информацию рисунка 101, опишите биотический потенциал и сопротивление среды одного вида растений или животных, с которыми вы познакомились на уроках ботаники или зоологии.

#### § 29. Элементарный эволюционный материал и процесс

- 📖 1. Что представляет собой генофонд популяции?  
2. Почему генофонд популяции меняется?  
3. Почему популяцию рассматривают как самую маленькую единицу эволюции?

**Генофонд популяции.** Популяция обладает собственной генетической структурой, которая называется генофондом.

*Генофонд – совокупность генотипов всех особей популяции.*

Под влиянием различных условий генофонд популяции постоянно меняется. Это связано с изменчивостью генотипов, во-первых, и процессом отбора, во-вторых. Как вы уже знаете, ребята, согласно учению Ч. Дарвина признаки, присущие отдельным организмам, дают им выжить при неблагоприятных условиях и дать потомство. Например, среди животных, живущих в холодных регионах, преобладают животные с генотипом, имеющим гены, определяющие способность сохранять тепло. В других случаях выживанию способствуют гены, определяющие окраску животных, т. к. чем больше окраска животного сходна с окружающей средой, тем меньше оно заметно для хищников. В настоящее время существуют современные биохимические методы изучения генофонда популяций, например методы определения последовательности азотистых оснований ДНК или аминокислот в белках.

Возможность изменения генофонда разных популяций различается, но в целом у всех она достаточно высока. Когда численность популяции меняется, частота встречаемости того или иного генотипа также меняется. Частота какого-то генотипа может увеличиться, а другого уменьшиться вплоть до исчезновения. Вместе с тем миграция особей, мутация их генов может привести к образованию новых комбинаций генов. Несмотря на сходство фенотипа организмов, генотипами они отличаются. Причина заключается в том, что большинство мутаций носит рецессивный характер, и они не проявляются в фенотипе.

В качестве примера изменчивости генофонда можно привести группы крови людей. Как вы знаете, существует четыре основных группы крови, которые определяются соответствующими генами. В разных странах и континентах частота встречаемости людей, имеющих ту или иную группу меняется. До переселения европейцев аборигены Америки и Австралии имели преимущественно 1-ую группу крови, 2-ая группа крови почти не встречалась. Что касается людей со 2-ой группой крови, то их число увеличивалось по направлению от Европы к Центральной Азии. В настоящее время частота встречаемости людей с различными группами крови все больше и больше меняется из-за миграции людей.

В заключении можно сказать, что генофонд популяции постоянно меняется, в чем его можно сравнить с океаном. Его поверхность все время волнуется и находится в движении даже при отсутствии ветра.

**Элементарный материал эволюции.** Популяция представляет собой постоянно меняющуюся самую маленькую группу особей.

PDF Compressor Free Version

*Популяция считается элементарной единицей эволюции.*

Отдельная особь не может быть элементарной единицей эволюции, т. к. ее генотип всю жизнь остается неизменным. Вид также не может считаться элементарной единицей, т. к. распадается на популяции.

Ч. Дарвин наглядно показал, на основе какого материала идет историческое развитие живой природы. По мнению ученого неопределенная, передающаяся по наследству изменчивость дает начало эволюционному процессу. Развитие экспериментальной генетики в XX веке позволило раскрыть основные закономерности изменчивости генотипа организма и генофонда популяции. В настоящее время доказано, что в основе исторического развития жизни лежат мутации и их комбинации. Они приводят к изменению генотипов особей, вследствие чего являются начальным материалом эволюции вида.

*Мутации считаются элементарным эволюционным материалом.*

Мутация гена, определяющего какой-то один признак особи, – явление редкое. Поэтому для образования новой популяции или нового вида нужно достаточно длительное время. Возникшие несколько мутаций не приведут к изменению вида. Однако они, передаваясь по наследству от поколения к поколению, будут скрыто накапливаться в гетерозиготном состоянии. В том случае, когда между особями, имеющими гетерозиготный генотип, произойдет скрещивание, появятся гомозиготные особи. Признаки таких особей, например такие, как окраска или устойчивость к какому-то химическому препарату, будут отличаться от признаков других особей популяции. Через 1–2 поколения появившийся новый признак будет встречаться у большего числа особей. Вместе с этим будет меняться генофонд популяции.

Мутации непрерывно затрагивают различные, в том числе и важные для жизнедеятельности, признаки. Поэтому естественные популяции богаты разными мутациями. В каждой популяции частота мутированных генов своя, отличающаяся от других популяций. В природе не существует двух сходных популяций с одинаковыми мутациями. Мутации сами по себе не

имеют приспособительный характер, т. к. большинство из них нарушают процесс развития и являются вредными, даже смертельными. Только отдельные полезные мутации и их комбинации приводят к изменению генофонда. Все эти процессы вовлекают популяцию в эволюционный процесс.



Рис. 101-а. У дрозофилы хорошо заметны щетинки

**Элементарный процесс эволюции.** Когда популяция подвергается сравнительно одинаковым условиям окружающей среды или испытывает давление какого-то одного фактора среды, то ее генетическая структура особо не меняется. Частота встречаемости генотипов в популяции держится в средних пределах, незначительно увеличиваясь или уменьшаясь. Если же влияние нескольких не очень сильных факторов среды обитания будет постоянным, то генофонд популяции будет направленно меняться. В качестве примера можно привести опыт по изменению числа щетинок дрозофил (рис. 101-а).

Экспериментаторы выбирали из каждого поколения особей с наибольшим числом щетинок, получали от них потомство и вновь их размножали. На протяжении жизни 20 поколений такой отбор привел к хорошим результатам. У особей каждого следующего поколения количество щетинок было больше по сравнению с особями предыдущего. Но после этого срока плодовитость дрозофил резко упала. Для того, чтобы уберечь их от вымирания, прекратили опыт. Без отбора в популяции постепенно, то уменьшаясь, то увеличиваясь, наступило равновесие числа щетинок, которое сохранялось длительное время. Среди особей этой стабильной популяции заново начали отбор. Число щетинок вновь стало увеличиваться и через 24 поколения сформировалась новая группа дрозофил. После завершения отбора количество щетинок не менялось.

Таким образом, под влиянием факторов среды может меняться состав генотипов популяции, а вместе с ним и генофонд популяции.

*Направленное изменение генофонда популяции, длящееся длительное, на протяжении жизни нескольких поколений, время представляет собой элементарный эволюционный процесс.*

Без такого изменения не начинается и не происходит эволюционный процесс. Эволюция – это мощный, направленный

и сложный процесс исторической изменчивости отдельных особей и их групп. Сам направленный процесс изменения генофонда популяции можно назвать эволюцией. PDF Compressor Free Version обязательной предпосылкой эволюции.

### Основные термины:

△ *Генофонд популяции, элементарная единица эволюции, элементарный материал эволюции, элементарный процесс эволюции.*

- ? 1. Почему генофонд популяции постоянно меняется?  
2. Почему мутации считаются элементарным материалом эволюции?  
3. Почему изменение генофонда популяции считается элементарным процессом эволюции?

\* Считается, что самая древняя популяция людей возникла в Африке. Они имели черные волосы и черный цвет кожи. Используя дополнительную литературу, найдите ответ на вопрос «Какой элементарный материал и элементарный процесс эволюции способствовали возникновению людей европеоидной расы»? Ответ запишите в своей тетради.

## § 30. Основные движущие силы эволюции

- 1. Что такое мутационный процесс?  
2. Меняется ли численность особей популяции?  
3. Что может препятствовать скрещиванию особей популяции?

Ребята, до этого вы познакомились с элементарной единицей, элементарным материалом и элементарным процессом эволюции. Однако, как ранее было сказано, они могут не привести к эволюционным изменениям популяции. Для протекания эволюционного процесса должны подключиться движущие силы эволюции, которые носят еще названия элементарных факторов эволюции. Основными движущими силами эволюции считаются мутационный процесс, популяционные волны, изоляция и естественный отбор.

**Мутационный процесс** – появление различных (генных, хромосомных и геномных) мутаций в популяции. В результате скрещивания возникают новые состав и комбинации генов и мутаций. Не все мутации приводят к изменению признака особи. Рассмотрим это на примере диплобионтов. Диплобионты (животные, растения, грибы) состоят из клеток, имеющих ди-

плоидный набор хромосом. Каждый ген представлен связанными друг с другом двумя аллелями. Если мутация затрагивает рецессивный аллель, то такое изменение гена практически не приводит к изменениям фенотипа. Такая мутация может постепенно исчезнуть в следующих поколениях.

В том случае, когда мутации подвергается рецессивный аллель гена, сцепленного с полом, тогда меняется фенотип особи гетерогаметного пола. У человека гетерогаметным полом является мужчина, т. к. его пол определяется двумя разными «ху» аллелями. Эти мутации приводят к таким неизлечимым наследственным болезням человека, как гемофилия, дистрофия мышц и др. Этими болезнями болеют мужчины, но не болеют женщины. Если же мутация затронула доминантный аллель, то в процессе развития в фенотипе организма развивается новый признак, вызванный мутацией. Но доминантные мутации встречаются крайне редко, в 1000 раз реже по сравнению с рецессивными мутациями. Причина этого явления заключается в том, что доминантные мутации, например вызывающие у человека болезни почек, кишечника, мозга, ведут к смерти. Вместе с тем, отдельные доминантные мутации приводят к изменениям признаков, способствующих приспособлению организма к среде обитания. Например, мутации насекомых, меняющие их окраску в сторону сходства с тоном окружающей среды, делают их незаметными для хищников. Несмотря на важное значение мутационного процесса для эволюции, без подключения других движущих сил он не приведет к направленному изменению популяции. Этот процесс лишь обеспечивает популяцию элементарным эволюционным материалом.

**Популяционные волны.** Численность популяции постоянно меняется и зависит от множества факторов (причины изменения численности популяций даны в § 28). Если эти изменения носят колебательный характер, то процесс изменения числа особей в популяции называется популяционной волной. Волнообразное увеличение и уменьшение численности популяции могут подключить популяцию к эволюционному процессу. Этот процесс может сопровождаться случайной, а не избирательной смертью. При уменьшении популяции могут выжить особи, обладающие редко встречающимся генотипом. В дальнейшем размножение этих особей приведет к изменению генофонда популяции, т. к. частота данного генотипа станет больше. Влияние популяционных волн особенно заметно

проявляется в небольшой популяции, где численность половозрелых особей не превышает 500. Колебательное изменение численности особей в таких популяциях может привести к сокращению часто встречающихся генотипов и увеличению частоты редких генотипов. Таким образом популяционные волны являются источником эволюционного материала.

**Изоляция.** При появлении различных преград к скрещиванию особей популяция делится на несколько более мелких популяций, располагающихся в прежнем ареале. Между особями мелких популяций не происходит скрещивания, поэтому такое явление получило название изоляция. Обычно популяции длительное время изолированы друг от друга. В соответствии с характером преград различают *географическую* и *биологическую изоляции*. Если горы, озера, реки, пустыни, ледники и подобные преграды не дают возможности особям скрещиваться, то имеет место географическая изоляция. Кыргызстан – горная страна, характеризующаяся большой изрезанностью рельефа. Поэтому близкородственные виды здесь соседствуют друг с другом, тогда как на равнине они располагаются на расстоянии сотни км. Горы и горные реки, являясь естественными преградами, изолируют популяции друг от друга и дают начало новым видам. Например, в Кыргызстане встречается два вида аконита. Аконит каракольский отличается от аконита джунгарского узколинейными сегментами листьев. Они растут в соседних ущельях (рис. 102).

Биологическая изоляция определяется всевозможными различиями особей, которые препятствуют скрещиванию особей. Поэтому ее часто называют *репродуктивной изоляцией*. Причиной тому могут быть экологические, поведенческие, генетические



Рис. 102. Слева – аконит джунгарский, справа – аконит каракольский



а)



б)

Рис. 103. Горная традесканция: а) растущая на скалах, б) растущая в горных песках

кие, морфофизиологические и другие особенности организмов. Так например, попадая в разные экологические условия, особи постепенно меняются и перестают скрещиваться друг с другом. Такая экологическая изоляция также характерна для Кыргызстана, и в качестве примера можно привести два вида традесканций (рис. 103).

*Поведенческая изоляция* связана с особенностью поведения самцов и самок в период спаривания. Сложные формы поведения по поиску пары передаются по наследству. Чаще всего самки «выбирают» самцов с определенным поведением.

Генетическая изоляция проявляется отличиями генетического материала особей. Генетические различия особей в чем-либо проявляются, поэтому скрещивание таких разновидностей, как правило, не происходит. Если даже произошло спаривание, то генетические отличия приводят к нарушению развития плода, снижению жизнестойкости потомка и т. п.

Еще один вид изоляции – *морфофизиологический*. На рис. 104 приведены половозрелые представители двух популяций одного вида рыб. Они не могут спариться из-за большей разницы в размерах. Таким образом мутационный процесс, популяционные волны и изоляция насыщает генофонд популяции многочисленными изменениями. Эти изменения создают предпосылки для осуществления основной движущей силы – естественного отбора.



Рис. 104. Представители двух популяций одного вида рыб

## Основные термины:

△ Мутационный процесс, популяционные волны, географическая изоляция, биологическая изоляция, репродуктивная изоляция, экологическая изоляция, поведенческая изоляция, генетическая изоляция.

- ? 1. Какие процессы являются движущими силами эволюции?  
2. Что значит популяционные волны?  
3. Что такое географическая изоляция?  
4. Чем биологическая изоляция отличается от географической?  
5. Какие формы биологической изоляции вы знаете?

□ 1. В дождливое лето число зайцев увеличилось, т. к. трава выросла в изобилии. Это привело к росту численности волков, которые ими питаются. Через несколько лет число волков уменьшилось, т. к. численность зайцев сократилась. Как можно назвать описанные процессы?

\* 2. Приведите примеры механизмов изоляции на примере одного из видов животных или растений, с которыми вы познакомились на уроках зоологии и ботаники.

### § 31. Естественный отбор – основная движущая сила эволюции

- 📖 1. Почему особи борются между собой за воду, свет, пищу и другие ресурсы среды обитания?  
2. К чему приводит такая борьба?

**Борьба за существование и ее формы.** Между особями популяции всегда идет конкуренция. Они конкурируют за пищу, воду, территорию, пригодную для проживания, и другие ресурсы окружающей среды, т. к. ресурсы не безграничны. Чем выше численность популяции, тем жестче борьба. Многообразные действия особи за выживание, размножение и оставление потомства называются борьбой за существование. О борьбе за существование и ее формах еще в свое время писал Ч. Дарвин (вспомните материал § 25).

В настоящее время различают три формы борьбы за существование: межвидовая борьба, внутривидовая борьба, борьба с неблагоприятными факторами (рис. 105). Межвидовая борьба или борьба между представителями разных видов может быть прямой и косвенной. Например, борьба между хищником и его жертвой представляет прямую борьбу, а борьба за сходную пищу между представителями разных видов – косвенная.



Рис. 105. Борьба за существование и ее формы: а) межвидовая, б) внутривидовая, в) борьба с неблагоприятными факторами среды

Межвидовая борьба приводит к большему развитию одного вида, по сравнению с другими.

Потребности особей одного вида одинаковые: они питаются одной и той же пищей, живут в одинаковых условиях, спариваются с особями этого же вида. Поэтому *внутривидовая борьба* является самой острой. Эта форма борьбы за существования приводит к многообразию признаков особей одного вида. Вследствии борьбы ослабляется конкуренция за одинаковые ресурсы среды обитания. *Борьба с неблагоприятными условиями среды* отражает зависимость особей от окружающей среды. Поскольку условия среды обитания постоянно меняются, они не могут быть всегда благоприятными. Выживают те особи, которые приспособились к неблагоприятным условиям, неприспособленные вымирают.

**Естественный отбор.** Тот факт, что в природе происходит естественный отбор, впервые доказали английские ученые Ч. Дарвин и А. Уоллес (см. § 25). Естественный отбор – результат борьбы за существование. Как было сказано ранее, особи одной и той же популяции отличаются своим генотипом, поэтому способность к приспособлению у них разная. В таких случаях, когда условия среды резко меняются и становятся неблагоприятными, отдельные особи могут противостоять и выжить, а остальные нет. В итоге особи с определенным генотипом избирательно выживают и дают потомство, другие избирательно погибают и исчезают. Таким образом происходит естественный отбор.

*Естественный отбор представляет собой процесс выживания и дальнейшего размножения наиболее приспособленных к среде обитания особей и гибель наименее приспособленных.*

В природе постоянно идет естественный отбор, т. к. особи отличаются друг от друга своим генотипом. Генотипические различия, хотя бы в незначительной степени, являются признаками различия признаков, свойств и потребностей. Между особями идет конкуренция за ресурсы среды обитания. Чем больше численность особей в популяции и чем меньше ресурсов, тем сильнее конкуренция. Естественному отбору могут подвергнуться отдельные особи или группы особей в популяции, что ведет к сохранению их основных признаков и свойств. В тоже время могут сохраниться вредные для отдельного организма, но полезные для выживания всей популяции признаки. Например, медовая пчела погибает после того, как ужалит кого-нибудь. Но погибает она, защищая всю пчелинную семью, поэтому это свойство, полезное для выживания вида, сохраняется в результате естественного отбора.

В соответствии с результатами естественного отбора и условиями его протекания различают три формы отбора (рис. 106-а). *Прямой или движущий отбор* наблюдается, когда среда обитания длительное время меняется в одном направлении.



Рис. 106-а. Формы естественного отбора

Например, человек длительное время ведет борьбу с насекомыми – вредителями сельского хозяйства. Один из способов борьбы – ежегодное применение химических веществ, ведущих к их гибели. Насекомые, устойчивые к воздействию химических веществ, выживают и в следующем году дают потомство.

Среди представителей последующего поколения также выживают устойчивые особи. Постепенно от поколения к поколению увеличивается число особей с генотипом, определяющим невосприимчивость к химическому воздействию. У вида появляются новые эволюционные признаки, в частности устойчивость к воздействию химических веществ.

Ящерицы являются излюбленным объектом изучения естественного отбора. Например, в одном из опытов среду, где живут ящерицы, очистили от хищников, которые ими питаются. Несмотря на это, естественный отбор шел и избирательно погибали ящерицы сравнительно меньшего размера и с короткими ногами. Причина заключалась в том, что более крупные особи имеют больше возможностей для добывания пищи. А длинные

ноги облегчали ящерицам забираться на деревья во время наводнения или шторма и находить там корм.

*Стабилизирующий отбор* приводит к выживанию особей, имеющих какое-то среднее значение развития признака. А особи, которые характеризуются менее или более развитыми признаками (большой или меньший размер тела, более или менее яркая окраска и т. п.), погибают. Такая форма отбора приводит к сравнительному постоянству генетического материала вида и уменьшению его зависимости от случайных изменений окружающей среды. Например, дети, родившиеся со средним весом, являются более жизнестойкими, чем дети, родившиеся с большим или меньшим весом (рис. 106-б).



Рис. 106-б. Грудной ребенок

*Дизруптивный отбор* представляет собой процесс, противоположный стабилизирующему отбору. При таком отборе избирательно погибают особи с какими-то средними значениями признаков, выживают особи, чьи показатели отличаются от нормы.

Например, крысиные змеи, встречающиеся в восточных и западных странах, обитают в городах, лесах, на берегах рек и горной местности. Так как условия различных сред их обитания отличаются, то и окраска змей разная. Их окраска варьирует от желтого цвета с черными пятнами до красного цвета с зелеными пятнами (рис. 108.). Многообразие окраски змей – результат дизруптивного отбора.



Рис. 107. Ящерица



Рис. 108. Крысиная змея



Таким образом, естественный отбор ведет к развитию признаков, способствующих приспособлению к среде обитания.

PDF Compressor Free Version

**Основные термины:**

△ *Борьба за существование, межвидовая борьба, внутривидовая борьба, борьба с неблагоприятными условиями/факторами среды, естественный отбор, стабилизирующий отбор, движущий отбор, дизруптивный отбор.*

**Проверьте свои знания, ответив на нижеследующие вопросы тестирования:**


1. Всевозможные отношения между особями одного вида, разных видов и с окружающей средой называются  
а) естественным отбором  
б) искусственным отбором  
в) видообразованием  
г) борьбой за существование
2. Причинами борьбы за существование являются  
а) способность особей популяции к изменчивости  
б) ограниченность ресурсов среды и размножение особей  
в) природные стихийные бедствия и неблагоприятные условия среды обитания  
г) неприспособленность особей к среде обитания
3. Примеры внутривидовой борьбы:  
а) борьба китов и дельфинов за пищу  
б) охота лис на мышей  
в) борьба за корм между курами и гусями  
г) действия волков по поиску пищи
4. Самая острая борьба за существование  
а) между особями одного вида  
б) между особями одного рода  
в) между особями разных видов  
г) между популяцией и абиотическими факторами
5. Значение борьбы за существование заключается в том, что  
а) выживают особи с полезными признаками  
б) выживают особи с наследственной изменчивостью  
в) образуется материал для естественного отбора  
г) усиливается борьба между особями.
6. Внутривидовая борьба за существование играет большую роль в эволюции, потому что  
а) приводит к многообразию особей одного вида  
б) насыщает популяции мутациями  
в) усиливает конкуренцию между особями  
г) приводит к изоляции популяции
7. Избирательное сохранение особей с признаками, благоприятными для выживания и дальнейшего плодового размножения называется:

- а) борьбой за существование      б) наследственная изменчивость  
в) естественный отбор            г) искусственный отбор

8. Усиление мутационных процессов в природной популяции ведет к:  
а) усилению естественного отбора  
б) ослаблению естественного отбора  
в) увеличению численности особей  
г) развитию конкуренции между особями
9. Среди движущих сил эволюции имеет направленный характер  
а) изоляция                          б) борьба за существование  
в) искусственный отбор      г) естественный отбор
10. Обычно мыши-олени, обитающие в лесу, имеют темно-коричневую окраску, которая помогает им спрятаться от врагов. А мыши этого же вида, живущие на песчаных почвах, постепенно приобрели желтую окраску. Такая окраска делает их менее заметными для хищников и способствует их выживанию. Какая форма естественного отбора имело место в этом случае?  
а) движущий отбор   б) стабилизирующий отбор   в) дизруптивный отбор

✶ Какая форма естественного отбора, по вашему мнению, является наиболее результативной? Запишите в тетради ваши соображения на этот счет.

**§ 32. Приспособленность организмов к среде обитания – результат естественного отбора. Относительный характер приспособленности**

-  1. Почему живые организмы приспособлены к среде обитания?  
2. Какие примеры приспособленности вы знаете?  
3. Почему приспособленность организмов к среде обитания носит относительный характер?

**Приспособленность организмов – результат естественного отбора.** Как вы уже знаете из материала предыдущих параграфов, особи каждой популяции хотя бы незначительно, но отличаются друг от друга. Отличительные особенности, присущие отдельным организмам, пусть и в небольшой степени, дают им преимущество в борьбе за существование. Такие особи быстрее находят пищу, успешнее защищаются от хищников, или быстрее размножаются и т. д. Подобная ситуация наблюдается в каждом поколении. В результате от поколения к поколению усиливается приспособленность организмов к среде обитания.

Приспособленность – соответствие признаков особи (внешнего и внутреннего строения, физиологических процессов, поведения и т. п.) факторам окружающей среды и создание условий для выживания и дальнейшего размножения.

Примеров приспособленности организмов огромное множество. Например, животные, обитающие в водной среде, имеют обтекаемую форму тела, способствующую PDF Compressor Free Version во время движения. Зеленая окраска кузнечиков, живущих в траве, делает их незаметными для врагов. Толстый слой подкожного жира белых медведей, обитающих среди снега и льдов, защищает их от холода, а некоторых случаях и от голода и т. д.

В первую очередь при взгляде на животных или растений бросается в глаза их окраска, форма и размеры. Приспособленность этих признаков представляет собой *морфологические приспособления*. Если окраска особи сходна с окраской окружающей среды, то такую окраску называют покровительственной (рис. 109).



Рис. 109. Примеры животных с покровительственной окраской: слева – тюлень, справа – ящерица

Некоторые животные защищаются от своих врагов с помощью выделяемых различных ядовитых веществ. У них окраска – яркая или с яркими пятнами. Поскольку такой раскрас животных как бы предупреждает об опасности, то он получил название предупреждающей окраски (рис. 110).



Рис. 110. Примеры животных с предупреждающей окраской: слева – гусеница, в середине – древесная лягушка, справа – божья коровка

Приспособленность тела животных к среде обитания зачастую определяется его формой. Так у рыб и птиц форма тела обтекаемая (рис. 111). Но в некоторых случаях тело приобретает форму каких-либо предметов, что делает их почти незамет-

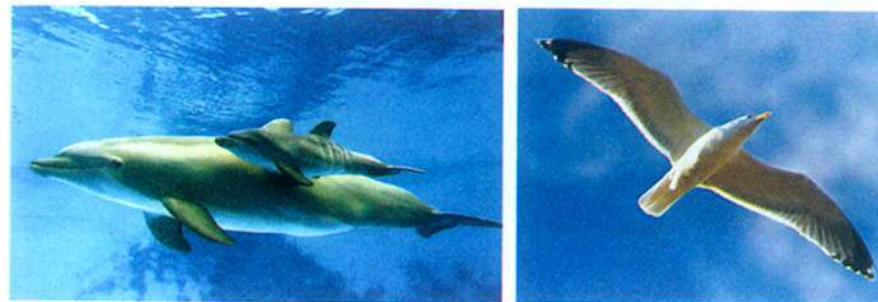


Рис. 111. Примеры приспособления формы тела животных к среде обитания: слева – дельфин, справа – чайка

ными для врагов. Такое явление получило название маскировки (рис. 112).



Рис. 112. Примеры маскировки животных: слева – гусеница, похожая на веточку, в середине – куколка насекомого, похожая на бутон, справа – жук, похожий на засохшую почку

Животные очень крупных размеров благодаря пятнам или линиям на поверхности тела могут стать незаметными. Такая окраска называется расчленяющей окраской (рис. 113).

Для защиты от врагов имеется еще одна форма защита – наличие дополнительных твердых образований на теле. При малейшем признаке угрозы черепаха прячется в свой костный панцирь, улитка – в твердую раковину. Такая защита называется пассивной защитой (рис. 114).

В некоторых случаях животные приобретают окраску ядовитых видов, хотя сами яда не имеют. Такое явление представляет собой мимикрию (рис. 115).

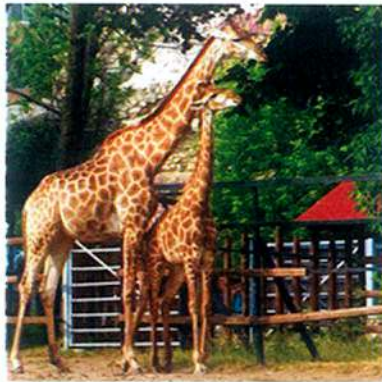


Рис. 113. Примеры животных с расчленяющей окраской: жирафы и тигр



Рис. 114. Примеры животных с пассивной защитой: слева – черепаха, справа – раковина моллюска



Рис. 115. Примеры мимикрии животных: слева – муха с окраской похожей на осу, справа – неядовитая змея с окраской ядовитой

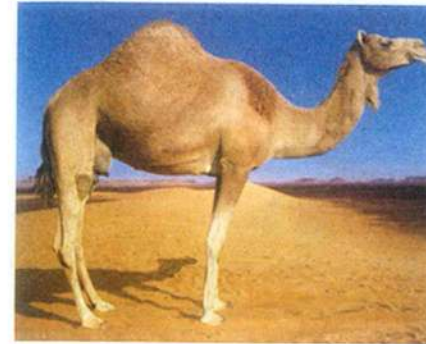


Рис. 116. Примеры физиологических приспособлений: слева – одногорбый верблюд, справа – сова

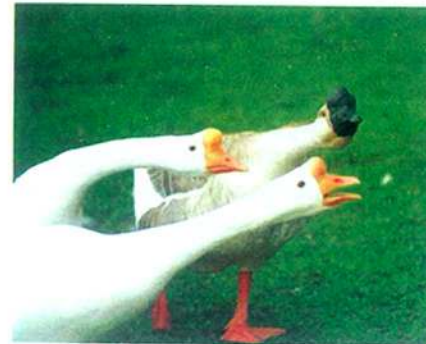


Рис. 117. Примеры поведенческих приспособлений животных: слева – угрожающая поза гусей, справа – забота лягушки о потомстве

*Физиологические приспособления* дают возможность приспособиться к влажности, освещенности, температуре и другим условиям неживой природы. Например, имея жир в горбах, верблюд может длительное время быть в пустыне без воды, строение глаза совы позволяет ей отчетливо видеть ночью и т. п. (рис 116).

*Поведенческие приспособления* – это различные формы поведения, обеспечивающие выживаемость отдельной особи или вида в целом. Среди них есть врожденные и приобретенные разновидности действий. Поведение в процессе защиты от врагов, спаривания, заботы о потомстве, миграция животных – наследуемые признаки (рис. 117). Примером приобретенных приспособлений может быть осваивание городских территорий птицами, которые стали питаться пищевыми отходами мусора.



Рис. 118. Примеры относительности приспособления животных к среде обитания: слева – белый заяц хорошо заметен на фоне веток, справа – белая куропатка отчетливо видна на зеленой растительности

Однако приспособленность организмов носит относительный характер (рис. 118). Так как особи приспосабливаются к определенным факторам окружающей среды, резкое изменение условий, или заселение районов с отличающимися природными факторами увеличивает риск их вымирания.

Появление приспособительных признаков и их накопление может постепенно привести к образованию нового вида.

### Основные термины:

△ *Приспособленность, морфологические приспособления, окровительственная окраска, предупреждающая окраска, разделяющаяся окраска, пассивная защита, физиологические приспособления, поведенческие приспособления.*

- ? 1. Что значит приспособленность организмов к среде обитания?  
 2. Какие формы морфологических приспособлений существует в природе?  
 3. Чем отличаются физиологические приспособления от морфологических?  
 4. Что такое поведенческие приспособления и какие их формы различают?

\* Выберите из рисунков, данных в параграфе, 4 вида животных, и в тетради заполните следующую таблицу:

Название животного	Приспособительные признаки животного	Относительность этих приспособлений

## Лабораторная работа «Приспособленность организма к среде обитания и ее относительный характер»

*Цель работы:* формирование навыка находить приспособленность признаков организма к среде обитания и определять ее относительный характер.

*Оснащение урока:* открытки или фотографии животных, обитающих в средах с разными условиями (использование открыток в большей мере соответствует цели урока, т. к. на них дана информация о названии животных, ареале обитания и т. д.).

*Ход работы:* учащиеся делятся на пары или малые группы в зависимости от количества фотографий или открыток. Они знакомятся с имеющейся информацией, вспоминают все, что знают о животном, чье изображение им роздано. Совместно со своим напарником/напарницей или членами своей группы отвечают на следующие вопросы:

1. В какой среде обитает данное животное?
2. Приспособлено ли оно формой, строением тела к условиям среды?
3. Похоже ли тело животного на что-либо, если это так, то для чего ему нужно это сходство?
4. Какая окраска у этого животного?
5. Позволяет ли ему такая окраска быть незаметным на фоне окружающей среды?
6. Если окраска животного делает его особенно заметным на фоне окружающей среды, информирует ли оно своей окраской о чем-нибудь?
7. Похоже ли окраска животного на окраску животного другого вида, если да, то для чего это нужно?
8. Есть ли у данного животного какие-либо преимущества для победы в межвидовой борьбе за существование?
9. Есть ли у него какие-либо признаки, позволяющие выжить в борьбе с неблагоприятными условиями среды?
10. Есть ли у животного физиологические приспособления к среде обитания?
11. Есть ли у него поведенческие приспособления к среде обитания?
12. Почему приспособления данного животного носят относительный характер, в каких случаях его приспособительные возможности могут быть недостаточными для выживания и размножения?

После того, как учащиеся найдут ответы на все вопросы, то в тетради они записывают ответы в виде рассказа о животном, чье изображение они получили.

### § 33. Видообразование

1. Почему популяция считается элементарной единицей эволюции?
2. Почему изоляция является элементарным фактором эволюции?
3. Какие формы изоляции существуют?
4. К чему приводит возникновение приспособлений организма к среде обитания?

**Микроэволюция.** Микроэволюция является очень важным этапом эволюции (см. рис. 119-а).

*Возникновение вида – длительный исторический процесс, и процесс возникновения нового вида называется микроэволюцией.*

Случайно появившиеся полезные мутации у особей популяций дают им преимущество в борьбе за существование и способствуют их выживанию. Образующиеся в результате скрещивания новые комбинации изменчивости ведут к приспособлению особей к меняющейся среде обитания. В ходе естественного отбора выживают наиболее приспособленные и дают начало новому виду.

Основным условием образования нового вида является изоляция популяции от других популяций этого же вида. Как было ранее сказано в § 30, существует две основные причины

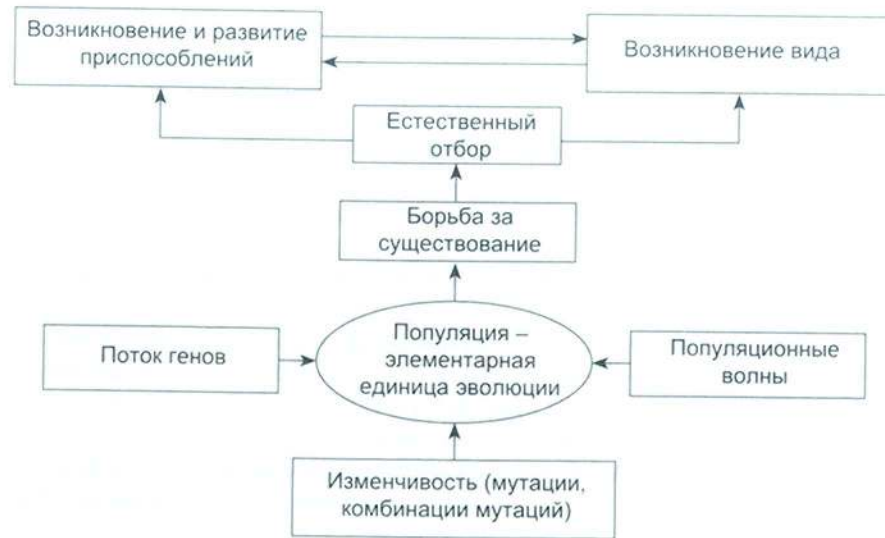


Рис. 119-а. Схема микроэволюции

изоляции – появление географических и биологических преград к скрещиванию. Эти причины ведут к тому, что особи изолированной популяции перестают скрещиваться с особями других популяций и давать потомство. В результате особи обособленной популяции постепенно приобретают новые признаки и дают начало одному или нескольким новым видам. В зависимости от вида преград, ставших причиной возникновения вида, различают географический и экологический пути видообразования.

**Географический путь видообразования.** Такой путь видообразования связан с миграцией особей или разделением большого ареала обитания на несколько мелких. Например, в Кыргызстане обитает большая и бухарская синицы. Родиной большой синицы является Европа. Расселяясь, птицы этого вида начали осваивать новые места обитания и приспосабливаться к другим условиям среды. Они стали отличаться окраской и размером (рис. 119-б).



Рис. 119-б. Слева – синица большая, справа – синица бухарская

Миграция синицы на юг привела к образованию двух подвидов – синицы бухарской и малой. Живущие на одной территории большая, малая и бухарская синицы скрещиваются друг с другом и дают потомство. Миграция большой синицы на север дала начало новому виду – синицы малой. Особи этих двух видов не скрещиваются между собой и не дают потомство. Скрещиванию большой и малой синицы препятствует репродуктивная изоляция, связанная с различием их размеров.

В качестве еще одного примера географического видообразования можно привести широко распространенного в природе воробья. В Средней Азии можно встретить два близкородственных вида воробьев – домового и черногрудого воробья. Они отличаются друг от друга своей окраской (рис. 120).



PDF Compressor Free Version

Рис. 120. Слева – домовый воробей, справа – черногрудый воробей

Представители этих двух видов между собой не скрещиваются, но в Италии обитает особая форма воробья, начало которой дали гибриды домового и черногрудого воробьев.

**Экологический путь видообразования.** Приспособление к разным экологическим условиям приводит к разделению начального материнского вида на несколько экологических рас. В некоторых случаях из отдельных рас могут образоваться новые виды. Такой путь видообразования называется экологическим. Таким путем возникли виды растений, растущих на пойменных лугах рек, которые затапливаются во время весеннего половодья. Время цветения растений затапливаемых земель не совпадает со временем цветения растений этих же видов, но произрастающих на сухих землях. Поэтому они не скрещиваются друг с другом. В течение жизни многих поколений растения пойменных лугов приобретают определенные особенности. Это приводит к формированию новых экологических рас и новых видов.

Примеры экологического видообразования широко встречается и в животном мире. Таким путем возникли различные



Рис. 121. Древесный жук

виды насекомых, рыб и других животных. Например, среди жуков, питающихся листьями деревьев различают две экологические расы. Представители одной расы кормятся листьями ивы, представители другой расы – листьями березы. Особи двух рас внешне очень похожи друг на друга (рис. 121), но исследования показали, что они

отличаются некоторыми поведенческими, физиологическими и морфологическими признаками. Каждый жук выбирает «свое» дерево и не скрещивается с особью другой расы.

Деление путей видообразования на географический и экологический – условное. Какой бы путь видообразования не происходил, имела место миграция популяции или нет, особи приспосабливаются к новым экологическим факторам. На начальных этапах эволюции географический и экологический пути осуществляются вместе и дополняют друг друга. Поскольку географическая и экологическая изоляция совершаются вместе, четко разграничить границы путей видообразования сложно.

В природе существуют и другие пути видообразования, например, редко встречающиеся полиплоидизация и гибридизация. В некоторых случаях, когда нарушается процесс образования половых клеток, вместо гаплоидной клетки образуется диплоидная. Такие клетки формируют полиплоидный зародыш. Если полиплоидный организм, развившийся из такого зародыша, будет иметь преимущества в борьбе за существование по сравнению с диплоидным организмом, то он может стать родоначальником нового вида. В отдельных случаях близкородственные особи могут скрещиваться и дать жизнеспособных гибридов. Они могут дать начало новому виду. Полиплоидизация и гибридизация в большинстве случаев присущи растениям, в меньшей степени – животным.

Таким образом микроэволюционный процесс, происходящий в популяциях, завершается образованием нового вида. Вместе с тем этот процесс продолжается внутри нового вида, т. к. непрерывно идет естественный отбор, направленный на дальнейшее совершенствование приспособления вида к среде обитания. В основе образования новых родов, семейств, отрядов и более крупных естественных групп лежит микроэволюционный процесс.

### Основные термины:

△ *Микроэволюция, географический путь видообразования, экологический путь видообразования.*

- ? 1. Что дает начало нового вида?
- 2. Как происходит географическое видообразование?
- 3. Как происходит экологическое видообразование?

4. Почему деление путей видообразование условное?

- Заполните нижеследующую таблицу, предварительно переписав ее в свою тетрадь.

PDF Compressor Free Version

Таблица 26

Пути видообразования	Преграды к скрещиванию особей различных популяций	Примеры видообразования
Географический		
Экологический		

### § 34. Селекция – путь создания культурных форм организмов

1. С какой целью люди с древних времен выращивают растения и одомашнивают животных?
2. Что такое «сорт» и «порода»?
3. Какая движущая сила, и какой материал имеют большое значение для получения нового сорта растений и новой породы животных?

**Общие сведения о селекции.** С того времени, когда люди перешли к оседлому образу жизни, наряду с собирательством и охотой они стали искать дополнительные источники пищи. С этой целью люди начали выращивать растения и одомашнивать животных. Человечество использовало сравнительно ограниченное число видов – около 20 видов животных и 150 видов растений. Для полного обеспечения себя питанием человек должен был во много раз и относительно быстро увеличить урожайность окультуренных видов. Сравнение современных культурных форм растений и домашних животных с их дикими предками наглядно демонстрирует, что они неузнаваемо изменились. Все множество действий человечества по созданию сортов растений и пород животных получило название селекция (латин. слово «*selectio*» – отбор).

Совокупность особей, обладающих сходными наследственными признаками и сходными реакциями на воздействие окружающей среды и созданных человеком, называются *сортом* или *породой*.

Сорта растений делятся на местные и селекционные. Местные сорта возникли благодаря тому, что люди длительное время в определенных условиях отбирали среди растений особи с полезными для человека свойствами. Селекционные сорта

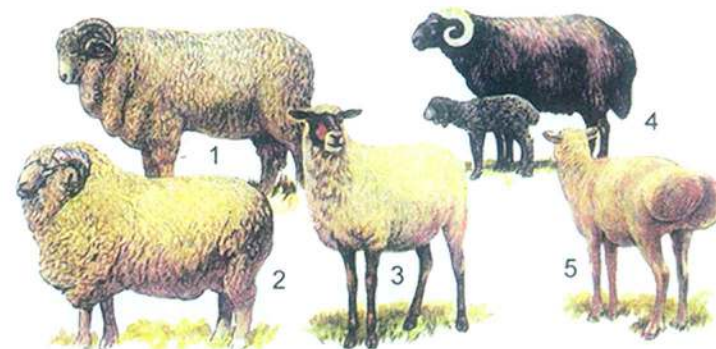


Рис. 122. Породы овец:

- 1 - тонкорунная порода меринос; 2 - полутонкорунная цыгайская порода; 3 - романовская шубная порода; 4 - каракульская смушковая овца с ягненок; 5 - гиссарская курдючная порода.

были выведены в специализированных научно-исследовательских учреждениях. Породы животных различают на местные и заводские. Местные породы хорошо приспособлены к местным условиям, например, гиссарские курдючные овцы Кыргызстана (рис. 122).

Заводские породы с определенной целью выводятся в специализированных животноводческих хозяйствах. Например, овцы тонкорунной Алайской породы, выведенной в Кыргызстане, имеют сравнительно длинную шерсть, нужную для производства тканей.

Таким образом, селекция, с одной стороны, представляет собой деятельность человека, требующая ресурсы и длительное время для выведения новых сортов и пород. С другой стороны, селекция является наукой, изучающей процесс выведения сортов и пород. Причиной становления селекции как науки является одна из глобальных проблем человечества – проблема продовольствия. Для решения этой проблемы недостаточно совершенствовать такие методы сельского хозяйства, как повышение плодородия почв, использование удобрений и инсектицидов в количестве, не приносящем вреда здоровью человека и др. Необходимо использовать новейшие научные данные и методы для решения продовольственной проблемы.

Центры происхождения культурных растений и домашних животных. В развитие селекции как науки неопределимый вклад внес русский ученый, генетик, ботаник Н. И. Вавилов. В 20–30 годы XX столетия ученый совершил более 60 экспедиций

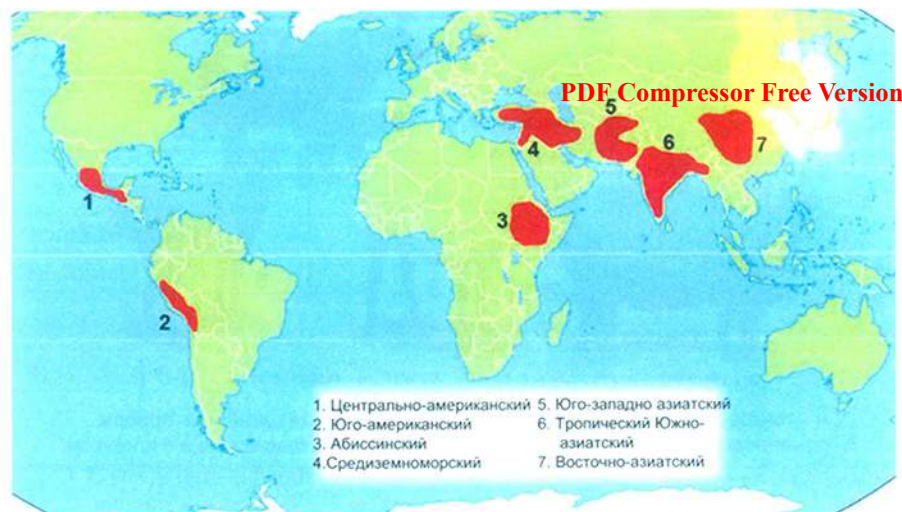


Рис. 123. Центры происхождения культурных растений

на все континенты, кроме Австралии, и собрал богатейший материал. Н. И. Вавилов, обработав и проанализировав этот материал, создает учение о происхождении культурных растений (в курсе ботаники вы уже ознакомились с его учением). Ученый определил 8 основных центров (рис. 123, табл. 27).

#### Родина происхождения культурных растений

Таблица 27

№	Название центров	Географический район	Культурные растения
1	2	3	4
1.	Центрально-американский	Южная Мексика	Кукуруза, хлопок, какао, тыква, табак
2.	Юго-американский	Западный берег Южной Америки	Картофель, ананас, хинное дерево
3.	Абиссинский	Абиссинские горы Африки	Твердая пшеница, ячмень, кофе, сорго, банан
4.	Средиземноморской	Страны, расположенные на побережье Средиземного моря	Капуста, сахарная свекла, маслины, чечевица, клевер, кормовые растения и др. (11 % культурных растений).
5.	Юго-западно-азиатский	Малая Азия, Средняя Азия, Иран, Афганистан, Юго-западная Индия	Пшеница, рожь, бобовые, лен, конопля, редис, морковь, чеснок, виноград, абрикос, груша и др. (14 % культурных растений).

1	2	3	4
6.	Тропический Южно-азиатский	Тропическая Индия, Индокитай, Южный Китай, острова Юго-восточной Азии	Рис, сахарный тростники, цитрусовые, огурец, баклажан, черный перец и др. (50% культурных растений)
7.	Восточно-азиатский	Центральный и Восточный Китай, Япония, Корея, Тайвань	Соя, просо, черный рис, фруктовые и овощные растения – слива, вишня, редька и др. (20 % культурных растений)

Центры происхождения домашних животных совпадают с центрами происхождения культурных растений. По мнению ученых в Индонезии и Индокитае были одомашнены собака, кабан, курица, гусь и утка. Овец стали пасти жители Средней Азии, коз – Малой Азии. Тарпан, обитавший в степях Причерноморья, дал начало породам лошадей (рис. 124). В процессе одомашнивания менялись не только многие признаки животных, но и менялось их поведение. Домашние животные, став



Рис. 124. Породы лошадей  
а) Донская

<sup>1</sup> Вавилов Н. И. привез из экспедиций коллекцию из более 300 тысяч растений. Эта коллекция хранится в Петербургском научно-исследовательском институте и представляет собой не только национальное, но и общемировое богатство. Поэтому во время Великой Отечественной войны и блокады Петербурга (Ленинграда), когда люди умирали от голода, коллекция, содержащая немало съедобных видов, была не тронута.





PDF Compressor Free Version

б) Ольденбургская



в) Липпицианская

менее агрессивными и более спокойными по сравнению с дикими предками, смогли ужиться с человеком.

Таким образом, благодаря селекции человек вывел сорта растений и породы животных с нужными и полезными для себя свойствами.

#### Основные термины:

△ *Культурные формы растений и животных, селекция, сорт, порода*

- ? 1. Что такое селекция?
- 2. Почему человек был вынужден заниматься селекцией?
- 3. Чем отличаются культурные формы растений и животных от своих диких предков?
- 4. Какие центры происхождения культурных растений вы знаете?
- ✳ 1. Почему центры происхождения домашних животных совпадают с центрами происхождения культурных растений?
- 2. Используя дополнительную литературу, выбери два сорта растений и две породы животных, заполни в тетради следующую таблицу:

Название сорта или породы	Основные признаки, полезные/нужные для человека
1.	
2.	
3.	
4.	

### § 35. Современные методы селекции

- 📖 1. Что такое естественный отбор?
- 2. Можно ли назвать деятельность человека по повышению урожайности растений и плодовитости животных естественным отбором?
- 3. К чему приводит деятельность человека, направленная на улучшение нужных для него признаков живых организмов?

**Искусственный отбор.** Более 10 млн лет назад человек стал отбирать растения и животных с полезными для него свойствами и стал разводить их. От поколения к поколению нужные признаки живых существ развивались и становились все более выраженными (рис. 125). Такая деятельность человека получила название *искусственный отбор*.



Рис. 125. Породы овец, выведенные народной селекцией: слева – гиссарская, справа – эдилбайская породы



Рис. 126. Фиолетовый картофель

Одним из первых ученых, кто собрал и проанализировал материалы естественного отбора, был английский ученый Ч. Дарвин (§ 25). Ученый определил разницу между естественным и искусственным отбором. В результате естественного отбора формируются признаки, способствующие приспособлению особи к среде обитания. Что касается искусственного отбора, то такой отбор приводит к улуч-

шению отдельных признаков, в которых заинтересован человек. Например, сорта картофеля с фиолетовой кожурой широко распространены. А вот сорт картофеля, который фиолетовый не только снаружи, но и внутри, специально вывели американские ученые штата Колорадо (рис. 126).

Обычно культурные сорта растений и породы животных обладают пониженной жизнеспособностью. Например, культурные сорта кукурузы отличаются от своих диких предков не только большими размерами и высокой урожайностью. В початке дикой кукурузы каждое зерно одето снаружи собственной оберткой и отделено от других зерен. Такое строение початка способствует распространению зерен (семян). Зерна початка культурной кукурузы плотно прилегают друг к другу. Они обернуты общей оберткой, состоящей из листьев (рис. 127). Строение этого початка, наоборот, препятствует распространению растений.



Рис. 127. Сахарная кукуруза: растение и початок

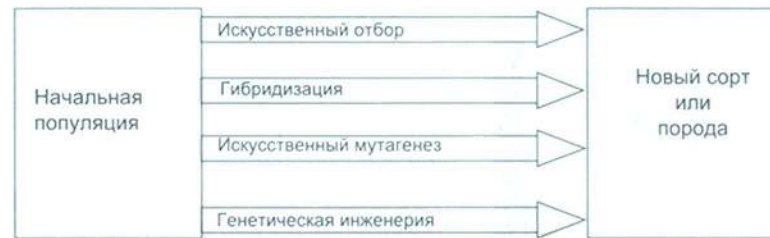


Рис. 128-а. Методы селекции

Примеров пониженной жизнеспособности представителей культурных форм по сравнению с дикими немало. Например, культурные сорта роз отличаются от диких предков меньшим числом тычинок. Это приводит к снижению возможности размножаться. Представители некоторых пород овец имеют укороченные ноги, что затрудняет их передвижение во время выпаса. Все приведенные примеры подтверждают тот факт, что культурные сорта и породы нуждаются в специальных условиях и помощи человека.

**Методы селекции.** Основным методом селекции является искусственный отбор (рис. 128-а). Одной из главных задач искусственного отбора является отбор нужного признака и обеспечение его устойчивости. Поэтому для выведения нового сорта или породы скрещивают между собой близкородственные особи. Скрещивание дальнеродственных организмов не даст нужного результата.

Различают два основных типа искусственного отбора: *массовый* и *индивидуальный*. Массовый отбор человечество использует издревле. Отбирая особи с нужными признаками, человек растит их вместе. Среди потомков вновь отбираются особи с наиболее выраженными признаками. От них получают потомство и повторяют отбор. Эти действия повторяют многократно, пока нужные признаки не становятся устойчивыми. В процессе индивидуального отбора из начальной популяции выбирают сравнительно меньшее число особей. Их разводят и потомство каждой особи растят отдельно. Из них опять отбирают отдельные особи, получают от них потомство и делают отбор среди них. Такие действия также повторяют до получения устойчивых признаков.

**Гибридизация.** Бесконечно изменять признаки, полезные для человека: урожайность растений, удоинность коров, сопротивляемость болезням и др. с помощью искусственного от-

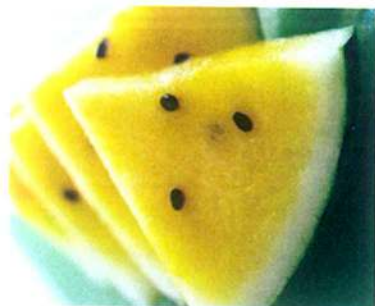


Рис. 128-б. Желтый арбуз – гибрид красного и дикого арбузов

бора невозможно. Уничтожение особей, не имеющих признаков, в которых PDF Compressor Free Version век, постепенно обедняет генофонд популяции. Без помощи человека уменьшение генетического разнообразия популяции приведет к ее вымиранию.

Для того, чтобы не допустить вымирания культурное растение или животное скрещивают с особью природной популяции (рис. 128-б). Полученные гибриды, как правило, более жизнеспособные. Гибридизация в большей степени применима к растениям, чем животным. Это связано с тем, что если даже гибриды сами по себе бесплодны, их можно размножить вегетативным путем.

Скрещивание близкородственных особей (внутри одного сорта или породы) называется *инбридинг*. Скрещивание дальнеродственных особей (особей разных пород или сортов) получило название *аутбридинг*. Для того, чтобы сохранить нужные признаки организма используют инбридинг, а для того, чтобы увеличить многообразие генотипов – аутбридинг. Многие ценные сорта и породы получены путем инбридинга. У гибридов, полученных с помощью инбридинга, жизнеспособность снижается, а у гибридов, полученных с помощью аутбридинга – повышается.

**Искусственный мутагенез.** Мутации, приводящие к появлению признаков, нужных или полезных человеку, в природе встречаются редко. Применение таких мутагенов, как ультрафиолетовая радиация, рентгеновское излучение, некоторых химических соединений увеличивает число мутаций во много раз. Под их воздействием структура молекулы ДНК нарушается, появляется множество нужных и ненужных мутаций. Используя нужные мутации в селекционных работах выводят новые сорта и породы.

Воздействие мутагенов широко используется в растениеводстве для получения полиплоидных организмов, у которых число хромосом увеличивается в несколько раз. Такие растения обладают сравнительно большими размерами, высокой урожайностью и активным синтезом органических веществ.

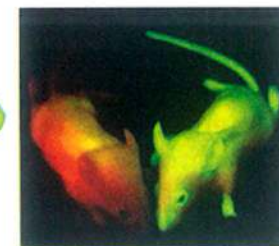
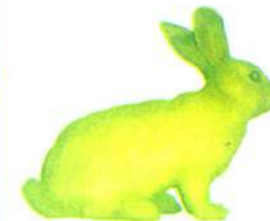


Рис. 129. Организмы, выведенные с помощью генетической инженерии

Например, с помощью радиации были созданы ценные сорта фасоли, пшеницы, хлопчатника и других сельскохозяйственных растений.

**Современные методы селекции.** Увеличение численности населения планеты поставило перед человечеством задачу поиска новых источников продуктов питания. Расшифровка структуры молекулы ДНК, изучение генных процессов обогатило селекцию еще одним методом – *генетической инженерией*. С помощью этого метода стало возможным конструировать молекулу ДНК с нужными генами. Пересадка отдельных участков ДНК из одной клетки в другую позволила создавать новые комбинации генов. К тому же с помощью этого метода можно создавать гибриды, которые раньше нельзя было создать. Например, были созданы такие удивительные организмы как светящиеся в темноте кролики, помидоры огромных размеров и многое другое (рис. 129).

Клеточные технологии дали возможность пересаживать гены одного организма другому (рис. 130). Такие организмы

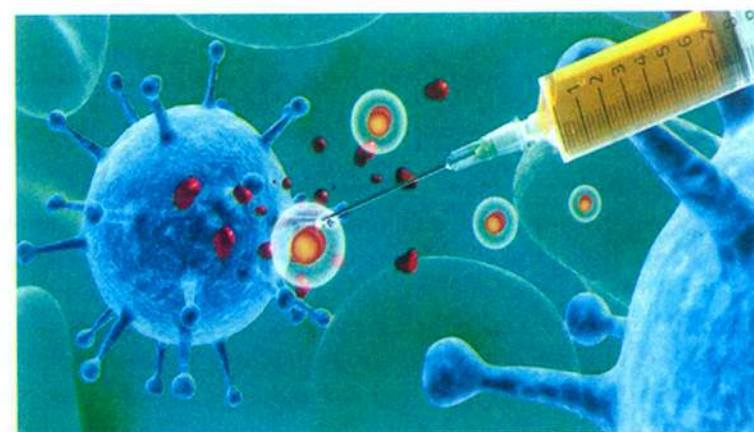


Рис. 130. Схема процесса пересаживания генов

получили название *трансгенных* (*транс* – перемещение, *ген* – ген). В настоящее время широко распространяется *биотехнология* – промышленное использование мутаций отдельных частей клетки и ее органоидов. Во многих странах созданы и создаются биотехнологические фирмы. На этих предприятиях выводятся новые сорта растений и породы животных. Например, растение, которому был пересажен ген ядовитого белка бактерии, не боится вредителей. Мало того, это растение само вырабатывает яд и убивает насекомых. При всем при этом следует отметить, что на вопрос о влиянии трансгенных организмов на организм человека нет однозначного ответа.

Таким образом, сегодня с помощью различных методов селекции ученые выводят высоко урожайные и продуктивные, устойчивые к неблагоприятным факторам среды сорта и породы. Это способствует улучшению обеспечения человечества продовольствием.

#### Основные термины:

△ *Искусственный отбор, массовый отбор, индивидуальный отбор, гибридизация, инбридинг, аутбридинг, полиплоидные организмы, генетическая инженерия, трансгенные организмы, биотехнология.*

- ? 1. Какие методы селекции существуют?  
2. Почему растения по сравнению с животными легче поддаются гибридизации?  
3. С какой целью используют искусственный мутагенез?  
4. В чем разница между генетической инженерией и биотехнологией?

- 1. Возьмите одно культурное растение и определите в каком направлении шла его селекция.  
2. На примере одного из культурных растения или животного определите какой признак уменьшает его жизнеспособность.

## РАЗДЕЛ VI БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

### § 36. Биоценоз как природное сообщество организмов



1. Вспомните из учебника «Растения. Бактерии. Грибы и лишайники», чем различаются между собой лес, степь по произрастающим в них растениям и обитающим животным.
2. Рассмотрите на рисунках 131–134 основные типы взаимоотношений организмов. Какие из них – взаимовыгодные, какие – выгодные для организмов только одной стороны, а какие – взаимовредные?

Все организмы на Земле живут не изолированно друг от друга. Любой участок суши или водоема населен приспособленными к совместному существованию особями популяций разных видов организмов.

**Общее представление о биоценозе.** С совокупность популяций организмов разных видов растений, животных, грибов, бактерий, совместно населяющих тот или иной участок суши либо водоема с одинаковым рельефом, климатом и другими условиями неживой природы, а также связанных между собой различными взаимоотношениями, называют *природным сообществом*, или *биоценозом* (от греч. *биос* – жизнь и *койнос* – общий).

Термин «биоценоз» был введен в науку в 1877 г. немецким ученым Карлом Августом Мебиусом. Исследуя устриц на мелководьях Северного моря, ученый обратил внимание на то, что совместно с устрицами обитают представители одних и тех же видов рыб, ракообразных, червей, кишечнорастворимых и других животных.



Карл Август Мёбиус

Биоценоз как биологическая система надорганизменного уровня формируется в процессе естественного отбора из имеющихся в природе организмов разных видов. Она может существовать даже при замене организмов одних видов на другие со сходными потребностями к условиям обитания.

К биоценозам относят как сообщества организмов гниющего (трухлявого) пня, моховой кочки болота, луж, так и сообщества

леса, болота, озера и даже такие крупные, как степь, коралловый риф и тундра. Мелкие биоценозы являются частями более крупных. Так, все обитатели лесных стволов упавших деревьев входят в состав биоценоза леса.

Названия биоценозам, как правило, дают по преобладающим (доминирующим) растениям, например: ельник – кисличник, ельник – зеленомошный, дубрава, либо по типу растительности: луг, степь, болото.

**Взаимоотношения организмов в биоценозе.** Между организмами разных видов, составляющих тот или иной биоценоз, складываются взаимовыгодные, выгодные для одной и невыгодные или безразличные для другой стороны и другие взаимоотношения.

**Мутуализм** (от лат. *мутуус* – взаимный) – тип взаимоотношений, при которых организмы двух разных видов возлагают друг на друга регуляцию своих связей с внешней средой. В таких взаимовыгодных отношениях живут, например, рак-отшельник и актиния, воловььи птицы и крупные копытные звери Африки. Рак-отшельник носит на своем домике – раковине актинию, которая питается остатками его пищи, а актиния щупальцами, снабженными стрекательными клетками, защищает рака от его врагов. Воловььи птицы собирают из шкур антилоп насекомых и клещей – паразитов и, обеспечивая себе пищей, предупреждают своих партнеров криком об опасности (рис. 131, а и б).

Тип взаимовыгодного сожительства, при котором присутствие партнера становится обязательным условием жизни каждого из них, называют **симбиозом** (от греч. *симбиос* – совместная жизнь). Пример симбиоза – взаимоотношения между деревьями леса и сожителями с ними шляпочными грибами (рис. 132). Шляпочные грибы оплетают нитями грибницы корни деревьев и благодаря образующейся микоризе получают из корней органические вещества и усиливают у деревьев способность всасывания их корневых систем. Кроме того, деревья получают от шляпочных грибов необходимые им минеральные вещества.

**Нахлебничество или квартирантство** – взаимоотношения, при которых одни организмы, используя особенности образа жизни или строения других организмов, извлекают для себя одностороннюю пользу, не приносят другим организмам вреда.



а)

б)

Рис. 131. Мутуализм:

а) рак-отшельник и актиния; б) воловььи птицы и крупные копытные звери



Рис. 132. Симбиоз: микориза шляпочных грибов и корневая система деревьев

Примерами нахлебничества или квартирантства могут служить взаимоотношения рыбы – прилипало, присасывающейся к телу акулы и использующей остатки ее пищи, между беркутом и вороной, при котором ворона использует крылья беркута для переноса из одного места на другое (рис. 133).



Рис. 133. Нахлебничество, квартирантство: между беркутом и вороной, при котором ворона использует крылья беркута для переноса из одного места на другое



Рис. 134. Паразитизм. Повилика на стебле растения – хозяина

Паразитизм (от греч. *паразитос* – нахлебник) – взаимоотношения организмов разных видов, когда один из них (паразит) использует другого (хозяина) как среду обитания и источник пищи, причиняя ему вред, но не вызывая его быстрой гибели. Смерть хозяина привела бы к гибели и самого паразита.

Паразиты имеются среди организмов царства природы. Среди растений – это повилика. Она почти полностью лишена способности к фотосинтезу, и все питательные вещества получает от растения – хозяина, обвивая его и внедряясь в его ткани присосками (рис. 134).

Из грибов – паразитов всем известны трутовики, спорынья, головня, фитофтора и многие другие. К животным – паразитам относят, например, трипаносому.

**Хищничество** – взаимоотношения организмов, при которых одни из них (хищники) ловят, убивают и поедают другие организмы (жертвы). Хищничество встречается среди животных всех типов, начиная с простейших. Например, из простейших – это инфузории – бурсарии, из кишечнорастных – гидры, из плоских червей – планарии. В классе Птицы многие хищники выделены в отряд Соколообразные, а в классе Млекопитающие имеется и отряд Хищные. Известны хищники даже среди грибов и насекомоядных растений (рис. 135). Хищниче-



а)



б)

Рис. 135. Хищничество: а) божья коровка питается тлями; б) медведь с жертвой – рыбой

ство, как и паразитизм, относят к полезно-вредным отношениям между организмами.

**Конкуренция** (от лат. *конкурро* – сталкиваюсь) возникает между организмами видов со сходными потребностями в пище, воде, убежищах, местах размножения и других жизненно важных ресурсах окружающей среды при их недостатке. Конкурентные отношения возникают, например, между щукой и окунем, обитающими в одном и том же пресном водоеме и питающимися одними и теми же рыбами (рис. 136).



а)



б)

Рис. 136. Конкурентные виды: а) щука и б) окунь

При недостатке того или иного жизненно важного ресурса конкуренция между организмами усиливается и один вид может полностью вытеснить из местообитания другой. Естественный отбор направлен на развитие у организмов различий в приспособлениях к условиям обитания, снижающих конкуренцию между ними.

Таким образом, между организмами складываются взаимоотношения, обеспечивающие их совместное существование на определенном участке суши или водоема. Эти взаимовыгодные, полезно-вредные, полезно-безразличные и взаимовредные связи между организмами биоценоза поддерживают его жизнь.

Взаимоотношения между организмами:

- > мутуализм; > паразитизм;
- > симбиоз; > хищничество;
- > нахлебничество; > конкуренция;

### Основные термины:

△ *Природные сообщества (биоценозы), мутуализм, симбиоз, паразитизм, нахлебничество, хищничество, конкуренция.*

- ?
1. Дайте определение биоценозу. Почему в состав биоценоза включают как водоёмы, озеро, так и лужу?
  2. В связи с чем растения одних видов произрастают совместно с елями, а растения других видов – с соснами или дубами?
  3. Какие типы взаимоотношений сложились в биоценозах между организмами разных видов?
  4. В каких направлениях действовал естественный отбор в процессе формирования между организмами взаимоотношений «паразит –

хозяин», «хищник – жертва», «конкурент – конкурент», «нахлебник – хозяин»?

Охарактеризуйте каждый тип взаимоотношений организмов в биоценозах. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.

### Взаимоотношение организмов в биоценозах

Таблица 29

Тип взаимоотношений	Характер взаимоотношений	Примеры организмов

### § 37. Структура биоценоза как основа поддержания его целостности

1. Познакомьтесь по рисункам 137–139 с совместно обитающими в биоценозах группами организмов. Какие существуют между ними связи?

Различные типы сложившихся взаимоотношений организмов в биоценозах способствуют сохранению их видового состава и поддержанию оптимальной численности составляющих биоценоз популяций видов.

Структура биоценоза выражается в видовом составе его населения и количественном соотношении организмов по видам (видовая структура), в закономерном распределении организмов разных относительно друг друга в занимаемом пространстве (пространственная структура), в пищевых (трофических) и других взаимоотношениях организмов.

**Видовая структура биоценоза.** Любой биоценоз сформирован характерными для него видами организмов с определенной численностью каждого из них. Общее число видов в одном биоценозе может достигать нескольких десятков тысяч. Особенно богаты видами организмов коралловые рифы, тропические леса (рис. 137, а, б и в). Для биоценозов, сложившихся в суровых условиях обитания организмов, например в Арктике, характерно гораздо меньшее число видов (рис. 138, а, б и в).

Численность организмов каждого вида в биоценозе разная. Виды с наибольшей численностью, или господствующие (доминирующие), составляют его «видовое PDF Compressor Free Version еловых лесах, например в ельниках-кисличниках, из деревьев доминирует ель, из травянистых растений – кислица, из птиц – королек, зырянка, зяблик, сова, а из млекопитающих – рыжая и красно-серая полевки и белки (рис. 139).

Количество малочисленных видов в биоценозах всегда больше, чем многочисленных. Малочисленные виды создают видовое богатство биоценозов и увеличивают разнообразие его связей. Эти же виды служат резервом для замещения доминирующих видов при изменении условий среды. Чем богаче видовой состав биоценоза, тем лучше обеспечиваются его устойчивость по отношению к меняющимся условиям среды.



а) б) в)  
Рис. 137. Богатые видовым биоразнообразием биоценозы: а) коралловый риф; б) тропический лес; в) пресный водоем



а) б) в)  
Рис. 138. Бедные видовым биоразнообразием биоценозы: а) пустыня; б) высокогорная долина; в) полярная тундра

- Структура биоценоза: > видовая;  
> пространственная;  
> пищевая (трофическая).

**Пространственная структура биоценоза.** Распределение организмов в наземных биоценозах связано в основном с ярусностью, или вертикальным расположением растительности.



а) б)



в) г)



д) е)

Рис. 139. Многочисленные виды организмов ельника – жимолости: а) ель обыкновенная; б) кустарник жимолость; в) шляпочные грибы; г) зверобой; д) сова; е) белка обыкновенная



Ярусное, или вертикальное, сложение биоценозов наиболее отчетливо выражено в лесах, где может быть до 5–6 ярусов растений (рис. 140). Так, в широколиственных лесах, или дубравах, дуб, липа и другие высокие листопадные деревья с крупными листьями образуют первый (верхний) ярус. Менее светолюбивые, например, клен остролистный, вяз и другие деревья-спутники дуба – это второй ярус. Орешник (лещина), жимолость, бересклет, шиповник, калина, крушина и другие кустарники – третий ярус (подлесок). Многолетние травянистые растения (хохлатка, ветреница, гусиный лук, медуница, ландыш майский, зеленчук зеленый, вороний глаз) образуют четвертый ярус. Мхи, лишайники и грибы произрастают в нижнем (пятом) ярусе широколиственного леса и встречаются редко, не образуя сплошного покрова.

Ярусное сложение леса позволяет растениям более эффективно использовать солнечный свет: светолюбивые растения образуют верхний ярус, а растения других ярусов приспособи-



Рис. 140. Ярусное распределение растений в биоценозе широколиственного леса-дубравы: I ярус - широколиственные деревья; II ярус - менее светолюбивые; III ярус - подлесок; IV ярус - многолетние травянистые растения; V ярус - лишайники, мхи и грибы; VI ярус - почвенные микроорганизмы

лись к жизни в условиях с малой освещенностью или развиваются и зацветают ранней весной до распускания листьев на деревьях (пролески, ветреницы, хохлатки, гусиный лук).

С ярусами биоценозов связано вертикальное распределение животных и других организмов (рис. 141). Так, в кронах деревьев первого и второго ярусов леса живут различные листогрызущие насекомые, насекомоядные птицы (дрозды, иволги, кукушки), мелкие зверьки (белки, сони). Бывают здесь и хищные птицы, например ястреб-перепелятник. Особенно разнообразно население животных нижнего яруса леса. Здесь обитают лоси, зайцы, кабаны, ежи, лесные мыши, волки, лисицы и другие звери.

Многие животные из-за своей подвижности обитают в нескольких ярусах. Например, белка обыкновенная строит гнезда и выкармливает детенышей на деревьях, а собирает себе пищу как на деревьях, так и на кустарниках, и на земле. Тетерев, глухарь, рябчик питаются в основном в нижнем ярусе леса, ночуют на деревьях, а на земле выводят свое потомство.

Распределение по ярусам в биоценозе снижает между ними конкуренцию в питании, выборе мест для постройки гнезд. Так, мухоловка-пеструшка охотится на насекомых в кронах деревьев, а садовая горихвостка – в кустарниках и над почвой. Большой, пестрый дятел и поползень питаются насекомыми

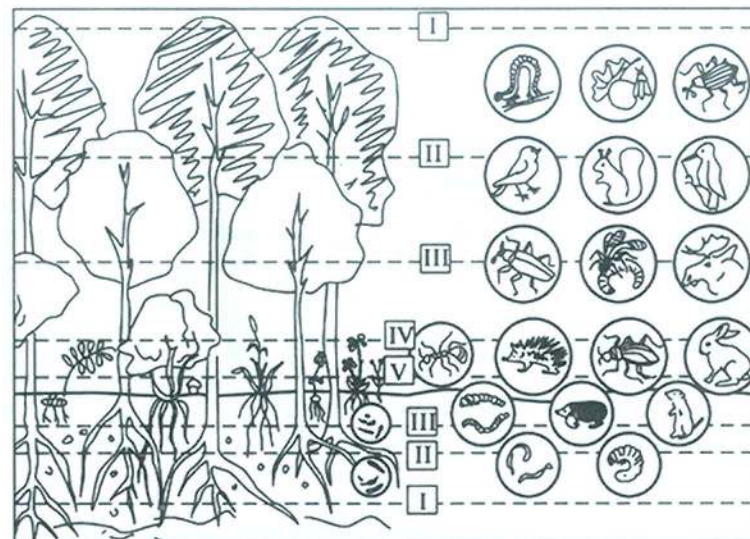


Рис. 141. Ярусное распределение насекомых и животных в биоценозах смешанного леса

и их личинками обычно в среднем яруса леса. Однако и они не конкурируют между собой: дятель добывает насекомых, их личинок и куколок из-под коры деревьев, а полевка собирает насекомых с поверхности коры.

Ярусность, как этажи, наблюдается и в расположении корней. Наиболее глубоко в почву уходят корни деревьев верхних ярусов. В каждом ярусе почвы находятся бактерии и грибы, благодаря которым происходит превращения органических остатков в перегной (гумус) и его минерализация. Здесь же постоянно или временно обитает множество насекомых, клещей, червей и других животных. Число видов и особей животных, связанных с почвой, превышает число наземных. Почвенное население наиболее многочисленно в местах, где почва богата органическими веществами, и оказывает большое влияние на почвообразование.

**Пищевая (трофическая) структура биоценоза.** Все организмы биоценозов связаны между собой отношениями «пища – потребитель» и каждый из них входит в то или иное звено цепи питания – последовательного ряда организмов, питающихся друг другом. Существуют два основных типа цепей питания: пастбищные (цепи выедания) и детритные (цепи разложения).

Основу пастбищных пищевых цепей составляют растения (автотрофные организмы) и животные (гетеротрофные организмы). Растительноядные животные, например саранча, жуки-листоеды, клесты, свиристели, полевки, зайцы, олени – по-



Рис. 142. Пастбищная пищевые цепь:

дуб → тля и гусеница, кормящиеся его листьями → божья коровка, кормящаяся тлями → синица, кормящаяся гусеницами → хищная птица, кормящаяся синицей

требители первого порядка; плотоядные животные (лягушки, жабы, ящерицы, змеи, насекомоядные птицы, многие хищные птицы и звери) – потребители второго порядка; а хищные животные, кормящиеся потребителями второго порядка, – потребители третьего порядка (рис. 142).

В детритных пищевых цепях (от лат. *детритус* – истертый, мелкие органические частицы) источником пищи организмов-потребителей первого порядка служат остатки разложившихся животных, растений, грибов вместе с содержащимися в них бактериями. Детритные цепи питания наиболее распространены в лесах (рис. 143). Так, значительная часть продукции растений (листовой опад) не потребляется непосредственно растительноядными животными, а отмирает и подвергается

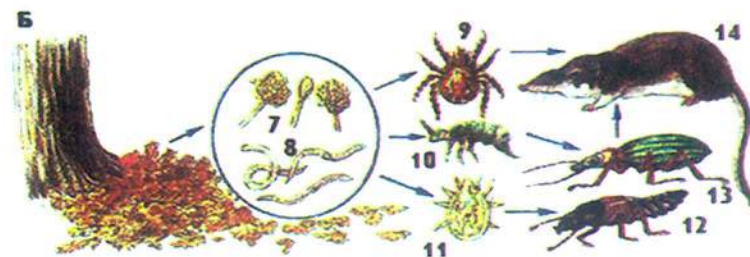


Рис. 143. Детритная пищевая цепь лиственного леса:

7, 8 - бактерии, грибы, черви, разлагающие листовую опад;  
9, 10 и 11 - почвенные клещи и мелкие членистоногие, кормящиеся сапротитами;  
12, 13 - хищные насекомые, кормящиеся почвенными мелкими членистоногими;  
14 - млекопитающие, кормящиеся почвенными мелкими членистоногими и хищными насекомыми

разложению и минерализации сапротрофами (от греч. *сапрос* – гнилой) – бактериями гниения. Дождевые черви, многоножки, клещи, личинки насекомых, питающиеся детритом, служат пищей потребителям следующего звена.

Итак, видовая, пространственная и пищевая (трофическая) структуры биоценоза составляют основу для поддержания его целостности. Видовой состав организмов формируется в соответствии с условиями среды, в которых существует то или иное природное сообщество. Слагающие биоценоз виды, распределенные по ярусам и связанные друг с другом пищевыми цепями, обеспечивают длительное существование разнообразных природных сообществ на нашей планете.

## Основные термины:

△ Структура биоценоза: видовая, пространственная и пищевая (трофическая); ярусное (вертикальное) сложение биоценоза, цепи питания: пастбищные и детритные, сапротрофы.

- ?
1. В чем выражается структура биоценоза?
  2. Чем видовая структура биоценоза отличается от пространственной и пищевой (трофической)?
  3. Какие виды организмов биоценоза относят к доминирующим?
  4. Какова роль малочисленных видов в биоценозе?
  5. С чем в биоценозах связано вертикальное распределение организмов?
  6. Что такое пищевые цепи? Чем пастбищные пищевые цепи отличаются от детритных?

Составьте из перечисленных организмов и продуктов их жизнедеятельности несколько пастбищных и детритных пищевых цепей: травянистые растения, листья деревьев и кустарников, растительный опад, дождевые черви, гусеницы бабочек, слизни, личинки мясной мухи, лягушки, ужи, погибшая ворона, синицы, ястребы, ежи.

## § 38. Биогеоценоз и его основные компоненты

- 📖
1. Рассмотрите рисунки 144, 145 и выясните, какие структурные компоненты входят в состав биогеоценоза.
  2. Какие организмы образуют в биогеоценозе основные функциональные группы?

Термин биогеоценоз ввел в науку в 1940 г. русский ученый Владимир Николаевич Сукачев. Согласно ему, биогеоценоз (от греч. *биос* – жизнь, *ге* – земля и *койнос* – общий) – это однородный участок земной поверхности с определенным составом организмов (биоценоз) и комплексом неживых компонентов, к которым относятся приземный слой атмосферы, солнечная энергия, почва и другие природные условия, объединенные обменом веществ и потоком энергии (рис. 144).

**Функциональные группы организмов в биогеоценозах.** Все организмы в биогеоценозах, как и биоценозах, связаны между собой, прежде всего цепями питания (рис. 145). Одни из них – автотрофные организмы. Это зеленые растения, фотосинтезирующие и хемосинтезирующие бактерии – создающие органические вещества из неорганических. При этом растения

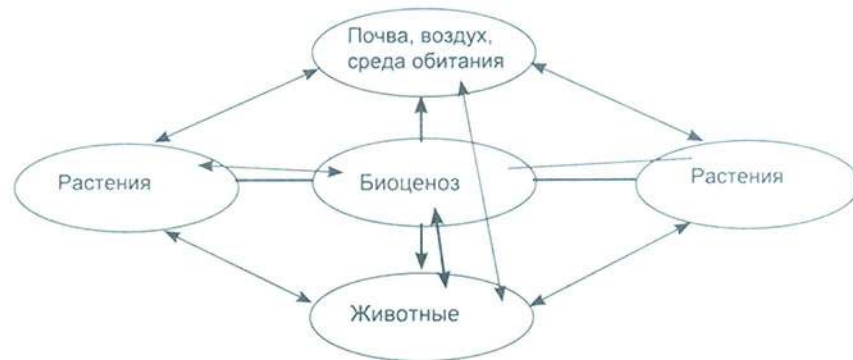


Рис. 144. Структура биоценоза

и микроорганизмы-фотосинтетики используют энергию солнечного света, а бактерии-хемосинтетики – энергию, освобождаемую при окислении ими неорганических веществ. Автотрофные организмы – первичные производители органического вещества, или продуценты (от лат. *продуценс* – производящий, создающий).

Все другие организмы – животные, грибы, многие бактерии-гетеротрофы. Они питаются готовыми органическими веществами, поставщиками которых служат организмы-продуценты.

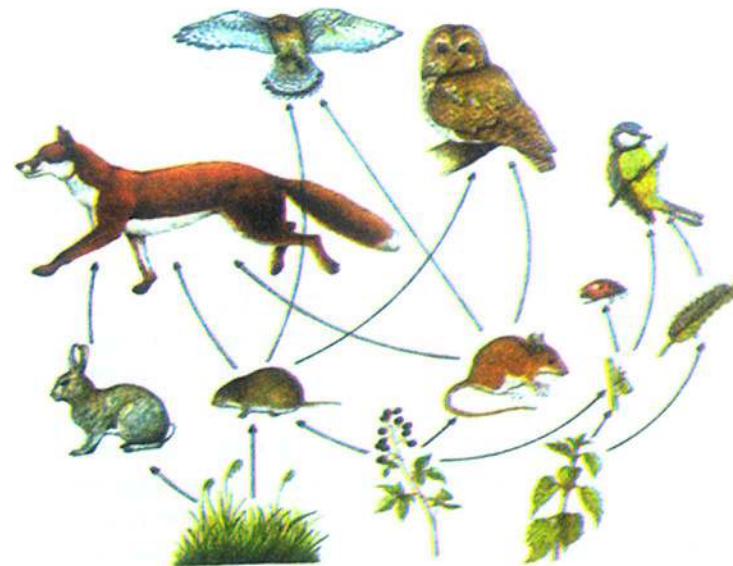


Рис. 145. Функциональные группы организмов биогеоценоза и связи между ними



Рис. 146

Среди гетеротрофов различают потребителей органических веществ, или консументов (от лат. *консумо* – потребляю), и разрушителей органического вещества, или редуцентов (от лат. *редуцентис* – возвращающий, восстанавливающий).

К консументам относят растительноядных и плотоядных животных, а к редуцентам – бактерии, грибы, некоторых животных, перерабатывающих органические остатки, например дождевых червей. При этом одни из редуцентов, питаясь органическими веществами мертвых растений, животных и микроорганизмов, вызывают их разложение и гниение. Другие редуценты минерализуют органические остатки до образования неорганических веществ – воды, углекислого газа, аммиака и минеральных солей, которые затем могут снова использоваться продуцентами.

Таким образом, любой биогеоценоз включает три функциональные группы организмов: продуцентов, консументов и редуцентов (рис. 146). Отдельное существование каждой из этих групп организмов невозможно. Если бы на Земле существовали только растения (продуценты), то, в конце концов, все минеральные вещества оказались бы связанными в этих организмах (или в их мертвых остатках) и отсутствие свободных минеральных веществ привело бы к голоду растений и их исчезновению. Не могли бы существовать на Земле только продуценты и редуценты: в природе оказался переизбыток органических веществ и заключенной в них энергии.

**Пищевые (трофические) уровни в биогеоценозе.** Совокупность организмов природных сообществ, объединенных типом питания, называют *трофическим уровнем*. Продуценты составляют в биогеоценозах первый трофический уровень. Образуемые ими вещества и заключенная в них энергия передаются первичным потребителям, или консументам первого порядка –

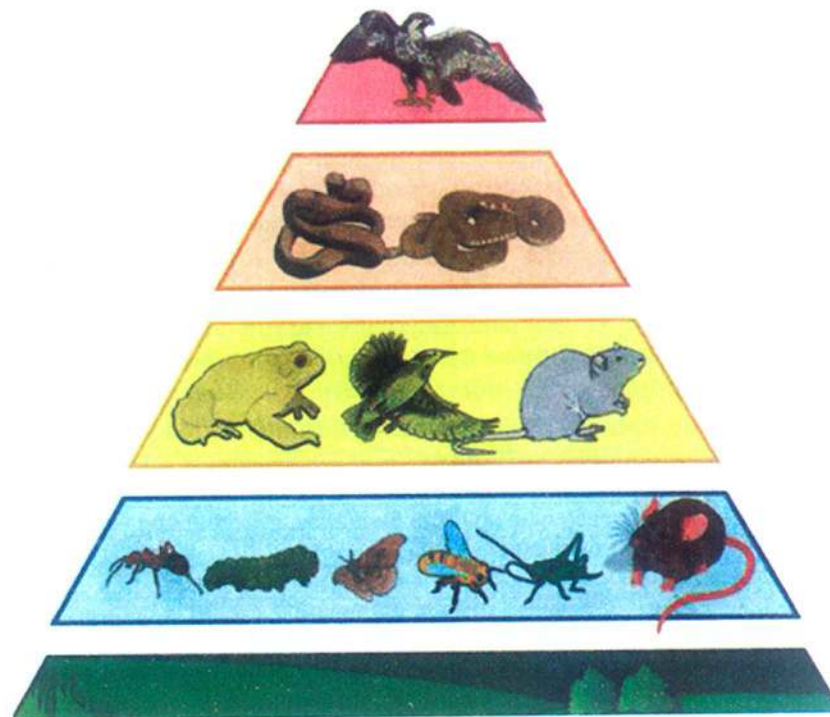


Рис. 147. Пищевые (трофические) уровни организмов в биогеоценозе: продуценты (зеленые растения) или первый трофический уровень; консументы первого порядка (насекомые и грызуны) или второй трофический уровень; консументы второго порядка (лягушка) или третий трофический уровень; консументы третьего порядка (змея и хищные птицы) или высший трофический уровень

растительноядным животным, относящимся ко второму трофическому уровню. Плотоядные животные, а также некоторые хищники, питающиеся растительноядными животными – это вторичные потребители, или консументы второго порядка. Они составляют третий трофический уровень (рис. 147). Виды организмов, занимающие высшие трофические уровни, имеют невысокую численность, что связано с ограничением количества пищи. Виды организмов низших уровней лучше обеспечены питанием, поэтому их численность выше, и они подвержены интенсивному истреблению, например, зайцы, которых уничтожают лисицы, волки и совы.

Присутствие в биогеоценозе организмов различных трофических уровней составляет его пищевую (трофическую) структуру. При питании одних организмов другими организмами

органические вещества и заключенная в них энергия переходят от предшествующего трофического уровня на последующий.

Организмы каждого трофического уровня преобразуют в органические вещества своего тела полностью, так как значительная ее часть расходуется на процессы жизнедеятельности. Кроме того, часть выделяемой из пищи энергии организмами не усваивается и удаляется во внешнюю среду.

### Основные термины:

△ *Биогеоценоз, первичные производители органического вещества (продуценты), потребители органических веществ (консументы), разрушители органических веществ (редуценты), трофический уровень, трофическая структура.*

- ?
1. В чем состоит различие понятий биоценоз и биогеоценоз? Приведите примеры биогеоценозов.
  2. Почему биогеоценозы относят к открытым системам?
  3. Какие функциональные группы организмов входят в состав биогеоценозов?
  4. Почему биогеоценоз не может существовать без какой-либо функциональной группы организмов? Ответ поясните.
  5. Что представляет собой пищевые (трофические) уровни биогеоценоза? Приведите примеры организмов разных трофических уровней.

## § 39. Круговорот веществ и поток энергии в биогеоценозах. Продукция биогеоценозов

- 📖
1. Выясните по рисунку 148, как осуществляется в биогеоценозах перенос органических веществ и энергии по цепям питания?
  2. Почему при этом от звена к звену происходят большие потери энергии?

Передача веществ и энергии в биогеоценозе осуществляется по цепям питания, состоящим из организмов разных трофических уровней. Существует ограничение числа трофических уровней, связанное с потерей энергии. Накопленная продуцентами к последнему трофическому уровню энергия иссякает. Поэтому круговорота энергии в биогеоценозе, в отличие от круговорота веществ, не происходит. Существует лишь поток энергии, связанные с ее превращением и расходом на каждом трофическом уровне.

**Перенос веществ и энергии по цепям питания.** Как вы уже знаете, в биоценозах, как составных частях биогеоценозов, сложились пищевые цепи организмов, относящихся к разным трофическим уровням. В каждой цепи питания при поедании одних организмов другими органические вещества пищи и заключенная в них энергия переходят от звена к звену, с одного трофического уровня на другой. При этом значительная часть пищи организмами не усваивается. Органические вещества усвоенной части пищи расходуется при дыхании, а освобожденная при этом энергия затрачивается на другие процессы жизнедеятельности. Большая часть освобожденной энергии рассеивается в виде тепла. Вещества и заключенная в них энергия, оставшиеся после потерь, связанных с процессами пищеварения, дыхания и выделения, идут на рост организмов, поддержание их жизнедеятельности и размножение.

В среднем, в пищевых цепях от растений к растительноядным животным переходит около 10% органических веществ и заключенной в них энергии, а от животных к животным – около 20%. Такие различия связаны с тем, что растительноядные животные в целом менее эффективно усваивают пищу, чем плотоядные, ибо растительная пища содержит большое количество трудно перевариваемой клетчатки.

Так, для того, чтобы масса тела травоядных животных увеличилась на 100 кг, им надо съесть 1000 кг растительной массы, а благодаря съеденным 100 кг мясной пищи хищники могут увеличить массу своего тела на 10–25 кг. Значит, если на создание 1 кг массы своего тела растительноядные животные затрачивают в 10 раз больше солнечной энергии, чем растения, то плотоядные животные – 100 раз больше. В связи с большим расходом на каждом трофическом уровне органических веществ и заключенной в них энергии число звеньев в пищевых цепях биогеоценозов обычно не превышает четырех – пяти. Чем длиннее пищевая цепь, тем меньше энергии дойдет до ее последнего звена. Так, через 4 – 5 звеньев пищевой цепи, полученные от продуцентов органические вещества и энергия практически иссекают.

**Сети питания организмов.** Пищевые взаимоотношения организмов в природных сообществах очень сложны. В них всегда имеется много параллельных, переплетающихся и разветвленных цепей питания, образующих сети питания. Это связано с тем, что обычно каждое звено цепи питания представлено организмами не одного, а нескольких видов, входящих в разные цепи питания.

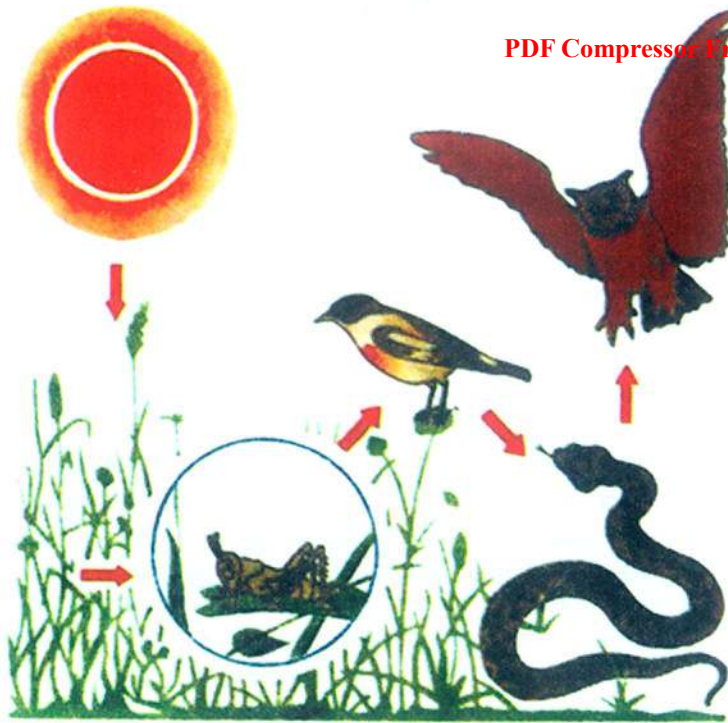


Рис. 148. Перенос органического вещества и энергии по пищевой сети биогеоценоза: заключенная энергия растениями уменьшается от саранчи до совы

Так, семенами ели питаются мыши, белки, клесты, дятлы. Эти же животные входят и в другие цепи питания, ибо они питаются не только семенами. В разных цепях питания могут одновременно действовать многие насекомоядные птицы, грызуны и хищники (рис. 148).

Таким образом, переход веществ и энергии в биогеоценозе происходит по всем взаимосвязанным цепям питания, слагающим пищевую сеть биогеоценоза (рис. 149). Угнетение или разрушение любого звена этой сети с неизбежностью отражается на всей пищевой структуре биогеоценоза.

**Продукция биогеоценозов.** Зеленые растения, как основные продуценты биогеоценозов, используя энергию солнечного света, образуют органические вещества. Количество органического вещества, созданного зелеными растениями за определенное время на единицу площади биогеоценоза, называют *первичной продукцией*. Примерно половину энергии, запасен-

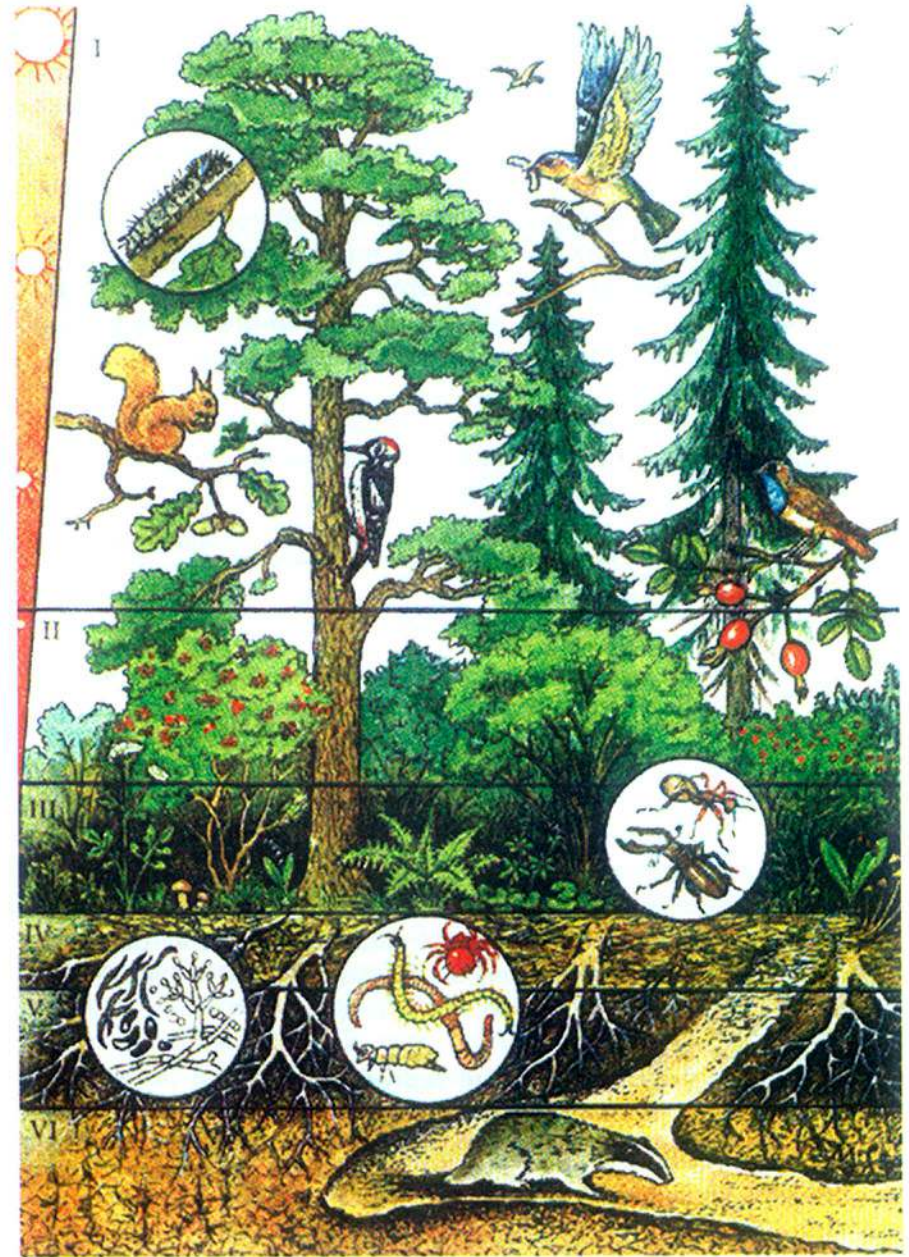


Рис. 149. Сети питания организмов в биогеоценозах леса

ной в процессе фотосинтеза, растения почти сразу используют на дыхание. Остальная запасенная энергия составляет чистую первичную продукцию биогеоценоза. Ее можно определить как скорость увеличения массы растений за какое-то время на единицу площади. Эта продукция служит пищей, доступной растительноядным животным. Чистая первичная продукция бывает различной в биогеоценозах. Причина таких различий связана с тем, что для роста растений необходимо ряд ресурсов. Если один из них, в том или ином биогеоценозе, находится в недостатке, то он становится ограничивающим фактором продукции. В пустыне, например, такой ограничивающий фактор – недостаток воды, а в тундре – низкая температура и избыток влаги.

Количество органического вещества, накопленного гетеротрофными организмами на любом трофическом уровне, называют *вторичной продукцией* биогеоценоза.

Чистая первичная продукция биогеоценозов. Таблица 30

Полярная тундра: 90 г/м <sup>2</sup> в год
Хвойный лес: 1250 г/м <sup>2</sup> в год
Тропический лес: 2200 г/м <sup>2</sup> в год
Коралловый риф: 25000 г/м <sup>2</sup> в год

Каждый биогеоценоз характеризуется и общей продукцией – суммарным количеством биомассы: приростом массы всех особей, в том числе погибших, массы образованных семян, новорожденных особей, прижизненных выделений и т. п. Величину любой продукции биогеоценозов обычно относят к единице его площади или объема (в г/м<sup>2</sup>, кг/га и т. д.)

#### Основные термины:

△ *Сети питания, первичная продукция, чистая первичная продукция, вторичная продукция, общая продукция.*

- ?
1. Почему в пищевых цепях от первого пищевого (трофического) уровня ко второму переходит только около 10% вещества и энергии?
  2. В связи с чем от консументов первого порядка к консументам второго порядка переходит около 20% вещества и энергии?

3. Почему пищевые цепи обычно состоят из небольшого числа (4–5) звеньев?
4. Объясните, в связи с чем в биогеоценозах пищевые цепи образуют сети питания?
5. Какую продукцию биогеоценоза называют первичной, а какую – чистой?
6. Что представляет собой вторичная и общая продукция биогеоценоза?

Составьте в тетради несколько цепей питания из организмов, входящих в изображенные на рисунке 149.



#### § 40. Основные свойства биогеоценозов.

##### Смена биогеоценозов.

Выясните с помощью рисунков 152–154, какие поступательные изменения происходят при формировании биогеоценоза на первично свободной территории и территории ранее существовавшего биогеоценоза.

Биогеоценоз как открытая биологическая система существует на определенной территории и способен выдерживать изменения, вносимые в него различными компонентами. Сложившийся биогеоценоз отличается целостностью, самовоспроизводство, устойчивость, саморегуляция, способность к изменениям и развитию.

**Основные свойства биогеоценозов.** Целостность биогеоценоза обеспечивается потоками энергии и вещества, связывающими организмы друг с другом и средой их обитания. Солнечная энергия и неорганические вещества среды, аккумулируемые

автотрофными организмами, используются в процессе жизнедеятельности всего живого компонента биогеоценоза по цепям и сетям питания. Пища, неусвоенная животными и удаленная во внешнюю среду, мертвые растительные, животные и другие органические остатки минерализуются в процессе жизнедеятельности редуцентов и возвращаются в круговорот веществ, непрерывно происходящий в биогеоценозе. Углекислый газ, затрачиваемый на образование органических веществ зелеными растениями, фотосинтезирующими и хемосинтезирующими бактериями, возвращается в окружающую среду при дыхании организмов. Атмосферный кислород, используемый организмами при дыхании, восполняется в биогеоценозе благодаря процессу фотосинтеза (рис. 150).

Самовоспроизводство биогеоценоза связано со способностью его организмов к размножению, наличием пищевых ресурсов, необходимых для их роста и развития, а также воссозданием организмами среды обитания.

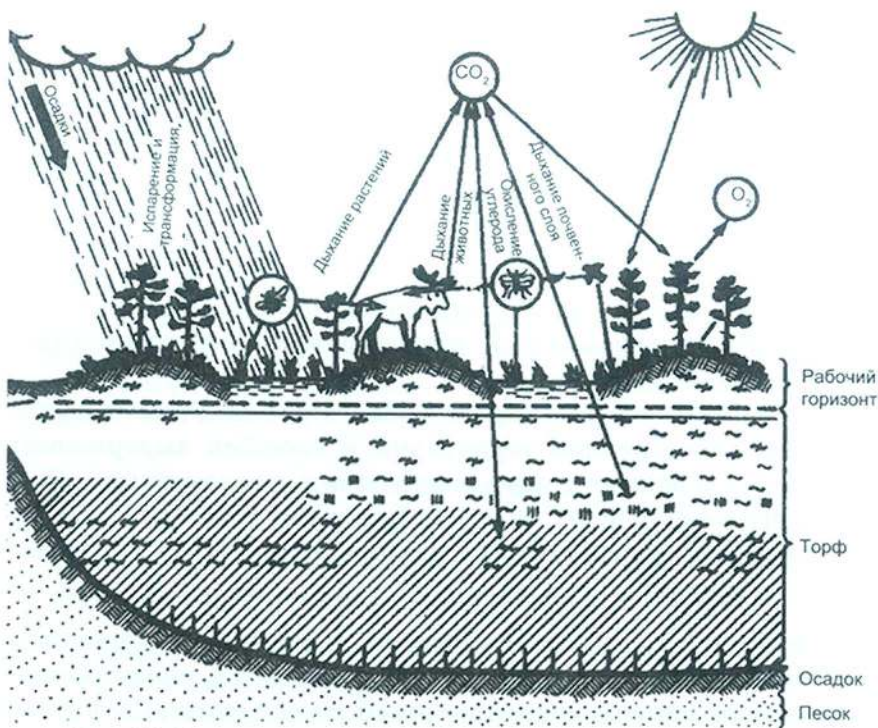


Рис. 150. Природные явления, поддерживающие целостность биоценоза

Устойчивость биогеоценоза – это его способность к длительному существованию, сохранению во времени своей структуры и функциональных свойств при воздействии внешних факторов. Она также проявляется в способности биогеоценоза переходить в исходное (или близкое к нему) состояние после воздействия факторов среды, выводящих его из сложившегося равновесия.

Саморегуляция – свойство биогеоценоза поддерживать определенное соотношение организмов во всех сложившихся в нем цепях питания. Саморегуляция основана на принципе обратной связи: колебания растительной биомассы влияют на численность травоядных животных, а их численность зависит от числа хищников (рис. 151).

**Изменения в биогеоценозах.** В любом биогеоценозе происходят изменения. Одни из них циклические, другие – поступательные.

К циклическим (регулярно повторяющимся) изменениям относят суточные, сезонные и многолетние. Суточные изменения связаны с закономерными периодическими сменами дня и ночи, а сезонные – со сменой времен года. В течение суток у растений по-разному проходят фотосинтез и испарение воды;

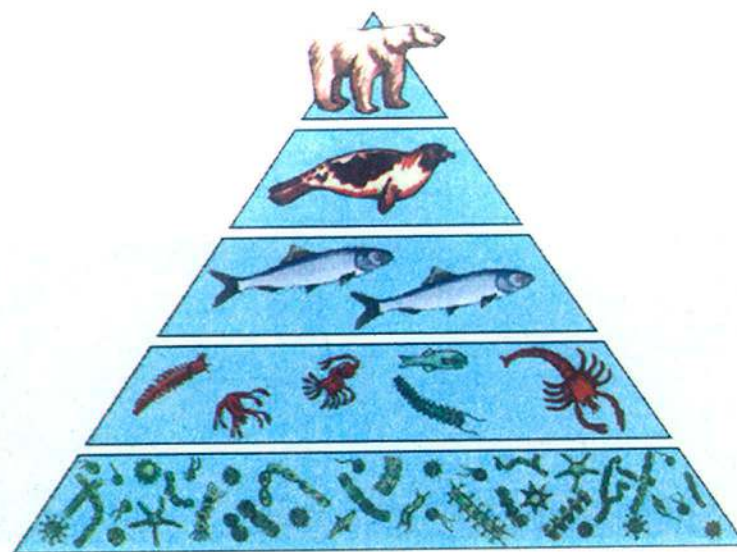


Рис. 151. Саморегуляция биогеоценоза основана на принципе обратной связи. Численность каждого вида уравнивается численностью других видов, связанных с ними пищевыми связями



у животных меняется поведение: одни из них более активны днем, другие – в сумерки, а третьи – ночью.

Сезонные изменения проявляются в осеннем листопаде у многих деревьев и кустарников, отмирании к зиме надземных органов у многолетних трав, отлете и прилете перелетных птиц, гнездостроении, весенней и осенней линьке, выведении потомства птицами и млекопитающими.

С приходом весны видовой, а затем и численный состав организмов биогеоценоза, восстанавливается. Большое влияние на ход регулярных сезонных явлений оказывают различные отклонения в погодных условиях, например, затяжная холодная или теплая весна, жаркое и сухое или холодное и дождливое лето.

**Смена биогеоценозов.** Процесс поступательных изменений и развития биогеоценоза в направлении повышения его устойчивости обычно называют *сукцессией* (от лат. *сукцессия* – преемственность, наследование). Она может происходить на первично свободной территории, где раньше существовал какой-либо биогеоценоз.

Формирование нового биогеоценоза на первично свободной земле (участки, освобождаемые при таянии ледника, отступлении моря или высыхании озера, голые скалы, сыпучие пески), не затронутой почвообразованием, начинается с поселения лишайников (рис. 152).

Образование почвы может происходить в результате разрушения поверхности материнской породы лишайниками. Отмирающие лишайники обогащают образующуюся почву органиче-



а) первичные почвенные покровы после извержения вулканов;  
б) накипные лишайники на скалах – пионеры растительности

скими остатками. Впоследствии на тонком разлагающемся под действием бактерий слое остатков лишайников и минеральной пыли начинают появляться мхи. Одновременно с лишайниками и мхами осваиваемую территорию заселяют мелкие насекомые, пауки и другие беспозвоночные животные. По мере дальнейшего формирования почвы, накопления в ней органических остатков становится возможным прорастание занесенных ветром семян растений (однолетних и многолетних трав), увеличение видового состава и численности почвенных беспозвоночных, растительноядных насекомых, моллюсков, мелких грызунов. С накоплением гумуса и с повышением влажности почвы постепенно формируются луга, степи или леса, заселяемые различными позвоночными животными. При отсутствии нарушений сукцессия завершается возникновением нового более устойчивого биогеоценоза, находящегося в относительном равновесии со средой.

Чаще всего сукцессии происходят на месте ранее существовавших биогеоценозов после нанесенных им повреждений (последствия бури, урагана, пожара, вырубki леса, выпаса скота). Сначала территорию путем заноса семян заселяют однолетние светолюбивые растения, а затем многолетние травы (рис. 153). С течением времени в этом местообитании появляются кустарники, а затем, лиственные деревья, постепенно вытесняемые елью.



Рис. 153. Смена сукцессии и формирование новых биоценозов

По мере заселения территории растениями складывается и видовой состав животных данного местообитания. Восстановление биогеоценоза елового леса после вырубки занимает более ста лет. Сформировавшийся биогеоценоз оказывается устойчивым. Происходящие в нем процессы поддерживают его длительное существование на определенной территории без видимых изменений (рис. 154).

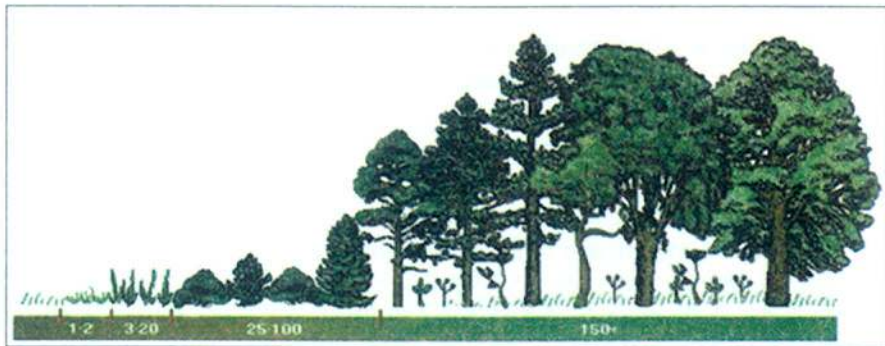


Рис. 154. Длительность восстановления биогеоценозов – зарастание лесов после вырубки

Итак, развитие и смена биогеоценоза – одна из основных причин их многообразия в природе. В процессе исторического развития человек постепенно преобразовывал природу для своих нужд. Это привело к частичной замене естественных биогеоценозов на нашей планете искусственными агробиоценозами.

#### Основные термины:

△ *Свойства биогеоценозов: целостность, самовоспроизводство, устойчивость, саморегуляция, изменения в биогеоценозах: циклические и поступательные, сукцессия.*

- ?
1. Какими свойствами обладают биогеоценозы?
  2. В чем проявляется целостность биогеоценоза?
  3. Что понимают под самовоспроизводством и устойчивостью биогеоценоза?
  4. В чем проявляется саморегуляция биогеоценоза?
  5. Какие циклические изменения происходят в биогеоценозах?
  6. Какой процесс в развитии биогеоценоза называют сукцессией?
  7. Как происходит восстановление биогеоценоза елового леса после пожара или вырубки елей?

#### § 41. Агробиоценоз как искусственное сообщество организмов

1. Рассмотрите рисунок 155 и решите, чем искусственные сообщества организмов – агробиоценозы отличаются от естественных – биогеоценозов?
2. Почему агробиоценозы могут существовать только при их поддержке человеком?

Общие представления об агробиоценозе. Агробиоценоз (от греч. *агрос* – поле и *биоценоз*) – это совокупность организмов, обитающих на землях сельскохозяйственного, а также лесного пользования, занятых посевами или посадками культурных растений либо древесных насаждений. Поля, на которых



Рис. 155. Агробиоценозы

человек выращивает картофель или капусту, пшеницу, рожь, подсолнечник, а также сады и виноградники. Водит яблони, груши, вишни, сливы, виноград – это примеры различных агробиоценозов (рис. 155).

Растительный покров в агробиоценозах, создаваемый человеком, обычно представлен каким-либо одним видом или даже сортом культивируемого растения с несколькими сопутствующими ему видами диких растений, которые становятся сорняками (рис. 156).

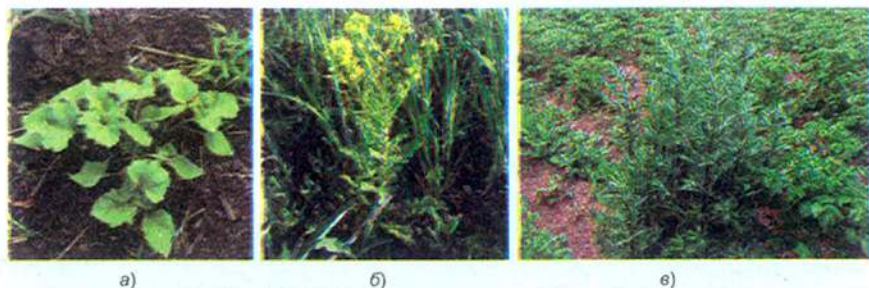


Рис. 156. Сорные растения агробиоценозов: а) горчица полевая; б) молочай, в) полынь



Рис. 157. Вредители-насекомые агробиоценозов: а) гусеница японского жука; б) американская белая бабочка; в) колорадский жук

Выращиваемые растения и сопутствующие им сорняки в агробиоценозе служат производителями органического вещества – продуцентами. Синтезируемые ими органические вещества и аккумулированная в этих веществах энергия проходят по всем пищевым цепям агробиоценоза.

Растительоядные животные, перешедшие к питанию выращиваемыми культурами, находят в агробиоценозах благоприятные условия и могут сильно повреждать культивируемые растения (рис. 157).

Иногда в агробиоценозах возникают вспышки массового размножения животных-вредителей, например клопа вредной черепашки на полях пшеницы, бабочки белянки капустной – на полях капусты, полевых мышей и полевок при выращи-

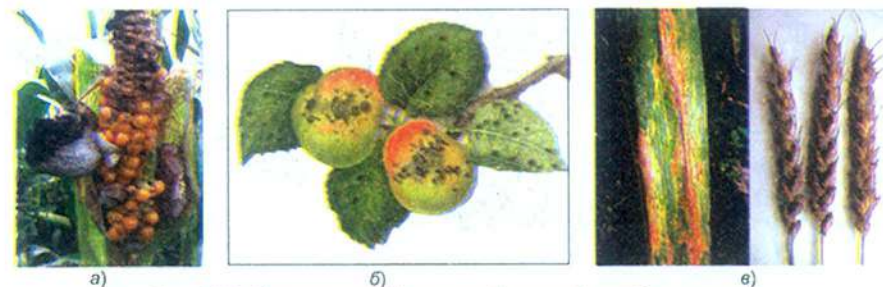


Рис. 158. Паразиты-возбудители болезней агробиоценозов: а) головня; б) парша яблони; в) ржавчина пшеницы.

ванию зерновых культур. Имеются в агробиоценозах и грибы-паразиты, например, головневый, спорыньевые, ржавчинные, мучнисторосяе. Головня, спорынья и различные ржавчинные грибы поражают, например пшеницу; мучнистая роса – крыжовник, смородину (рис. 158)

Таким образом, в агробиоценозе, как и в естественном сообществе, комплексы организмов, входящие в его состав, характеризуются различными взаимоотношениями, в том числе пищевыми (трофическими) связями, образующими пищевые цепи. Вместе с тем, видовое разнообразие организмов в этих цепях беднее, чем в биогеоценозах. Поэтому, в агробиоценозах цепей питания значительно меньше, и они состоят из небольшого числа звеньев (рис. 159 и 160).

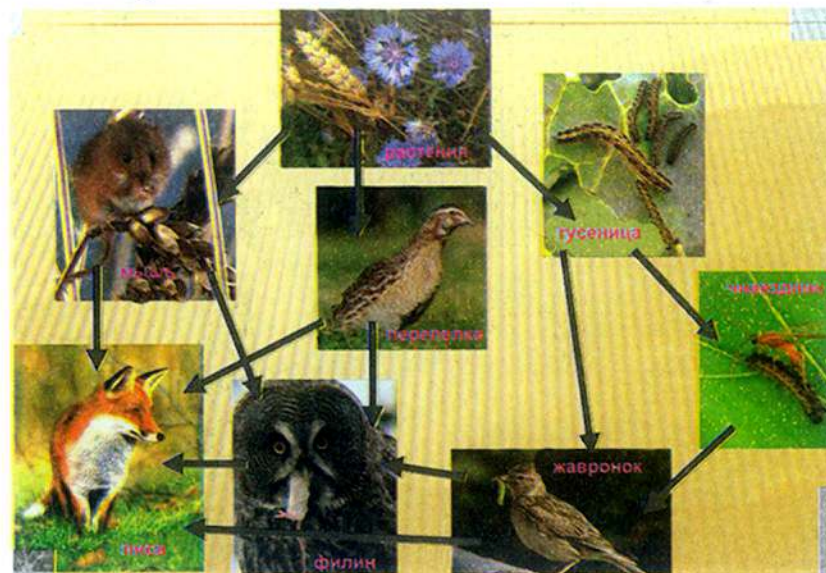


Рис. 159. Организмы пищевых сетей в агробиоценозах



а) б) в)  
Рис. 160. Организмы пищевых сетей в агробиоценозах:  
а) зеленый горох; б) гороховая тля; в) божья коровка

**Отличия агробиоценозов от биогеоценозов.** Агробиоценозы всегда создаются человеком на месте существовавших ранее естественных биогеоценозов.

Комплексы организмов, кроме культивируемых растений, в агробиоценозах, как и в естественных биогеоценозах, формируются в результате борьбы за существование и естественного отбора. Однако человек, создавая растениям возделываемых видов благоприятные условия произрастания, подавляет организмы других видов. Например, при большой численности сорняков и насекомых-вредителей люди используют различные химические способы их уничтожения (рис. 161). Для борьбы

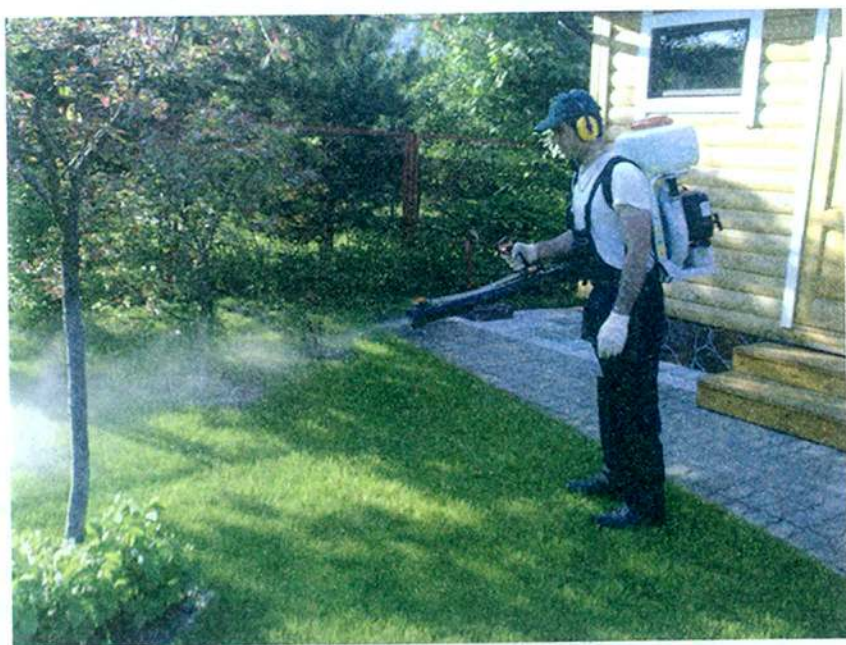


Рис. 161. Применение химикатов против вредителей

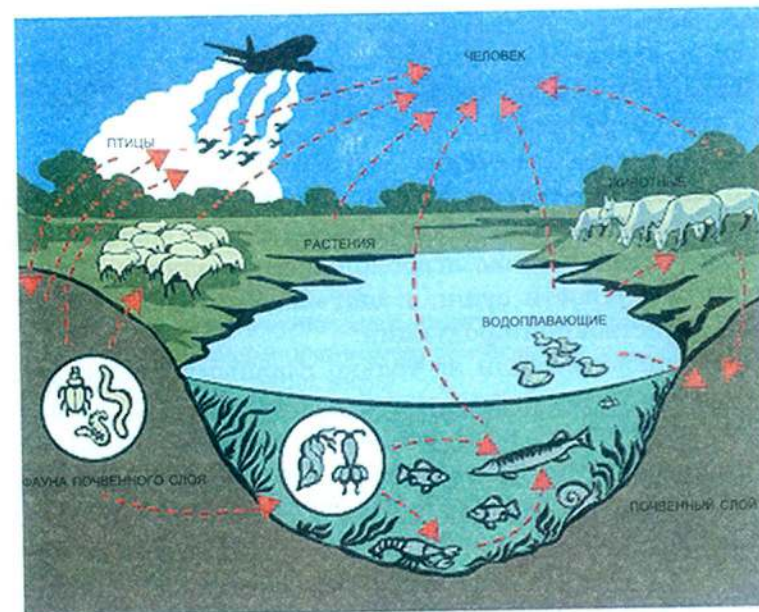


Рис. 162. Передача и накопление в пищевых цепях агробиоценозов ядохимикатов

с сорняками применяются гербициды (от лат. *герба* – трава и *цаедо* – убиваю). Однако некоторые особи сорняков сохраняются и дают поколения, устойчивые к этим ядохимикатам. В дальнейшем приходится повышать дозы и использовать более сильнодействующие гербициды. Они накапливаются в почве, всасываются корнями растений, а затем передаются по пищевым цепям консументам, в том числе и человеку (рис. 162). При использовании ядохимикатов одновременно с растительноядными насекомыми погибают и полезные для агробиоценозов насекомые – хищники и насекомые – паразиты. Поэтому при нарушениях баланса «хищник – жертва», «паразит – хозяин» часто происходит массовое размножение некоторых выживших насекомых – вредителей.

Смена растительного покрова в агробиоценозах, а при защите урожая и комплекса консументов, происходят по воле человека. Поэтому агробиоценоз – не саморазвивающаяся система, а система, регулируемая человеком.

Агробиоценозы как искусственные сообщества сильно упрощены и неустойчивы. Из них человек постоянно изымает продукцию (урожай) одного или нескольких видов культурных растений – тогда она не поступает в цепи питания. В связи с этим

в почве уменьшается содержание органических и минеральных веществ, появляется необходимость в постоянном их возмещении. Для этого на поле человек вносит удобрения и восстанавливает структуру почвы.

**Биологическое значение агробиоценозов.** Интенсивная хозяйственная деятельность человека ведет к частичной замене естественных сообществ на поверхности нашей планеты агробиоценозами. Сейчас агробиоценозами занята около 10% площади поверхности суши, и они ежегодно дают 2,5 млрд т сельскохозяйственной продукции.

Агробиоценозы стали не только главными производителями продуктов питания для людей и кормов для сельскохозяйственных животных, но и все более важными регуляторами газового режима атмосферы Земли. Поэтому для охраны окружающей среды важна правильная, рациональная организация сельскохозяйственных ландшафтов. Только такие агробиоценозы способны обеспечить максимальное усвоение культурными растениями углекислого газа из атмосферы. Это приведет к повышению продуктивности агробиоценозов, т. е. росту урожайности культурных растений и эффективному использованию имеющихся в распоряжении человечества сельскохозяйственных площадей.

### Основные термины:

△ *Агробиоценоз, гербициды.*

- ?
1. Дайте определение агробиоценоза. Приведите примеры агробиоценозов.
  2. Сравните агробиоценоз с биогеоценозом. Что между ними общего и различного?
  3. Почему в агробиоценозах часто происходят вспышки массового размножения организмов некоторых видов?
  4. Каковы преимущества использования в агробиоценозах биологических и механических методов сокращения численности сорняков и насекомых-вредителей по сравнению с химическими методами?
  5. Почему в последнее время в сельском хозяйстве происходит переход от выращивания на одном и том же поле растений одной культуры к возделыванию поликультур, например горохово-горчишно-подсолнечниковых?
  6. Объясните, почему в наше время правильная организация агробиоценозов имеет значение для охраны окружающей среды?

## РАЗДЕЛ VII

### БИОСФЕРНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

#### § 42. Структура биосферы и функции ее живого вещества

📖 Рассмотрите рисунок (рис. 163)

1. В каких средах жизни на нашей планете распространены организмы?
2. Приведите примеры организмов, обитающих в водной, наземно-воздушной, почвенной средах жизни.
3. Подумайте, чем ограничено распространение организмов на Земле?

**Биосфера.** Биосфера (от греч. *биос* – жизнь и *сфера* – шар) оболочка Земли, населенная и активно преобразуемая организмами. В ней постоянно происходят круговороты веществ и превращение энергии, поддерживающие ее существование.

Заслуга создания целостного учения о биосфере, ее границах, составе и функциях живого вещества принадлежит русскому ученому Владимиру Ивановичу Вернадскому. Согласно его взглядам, биосфера включает совокупность всех организмов и их остатков, а также части атмосферы, гидросферы и литосферы, населенные организмами или несущие следы их жизнедеятельности.

**Границы биосферы.** Границы биосферы определяются областью распространения организмов в геологических оболочках Земли – атмосфере, гидросфере и литосфере (рис. 163).

Верхняя граница биосферы проходит в атмосфере, в среднем, на высоте 25–27 км, и определяется нарастанием с высотой ультрафиолетовой солнечной радиации. Отдельные споры бактерий и грибов обнаружены на высоте до 40 км. Нижняя граница биосферы проходит в литосфере на глубине 4 км и определяется нарастающей температурой горных пород и подземных вод (на глубине 3 км температура земли около +100°C). В гидросфере жизнь проникает на всю глубину Мирового океана (до 11 км), поскольку температура воды на дне океанических впадин около 0°C.



В. И. Вернадский

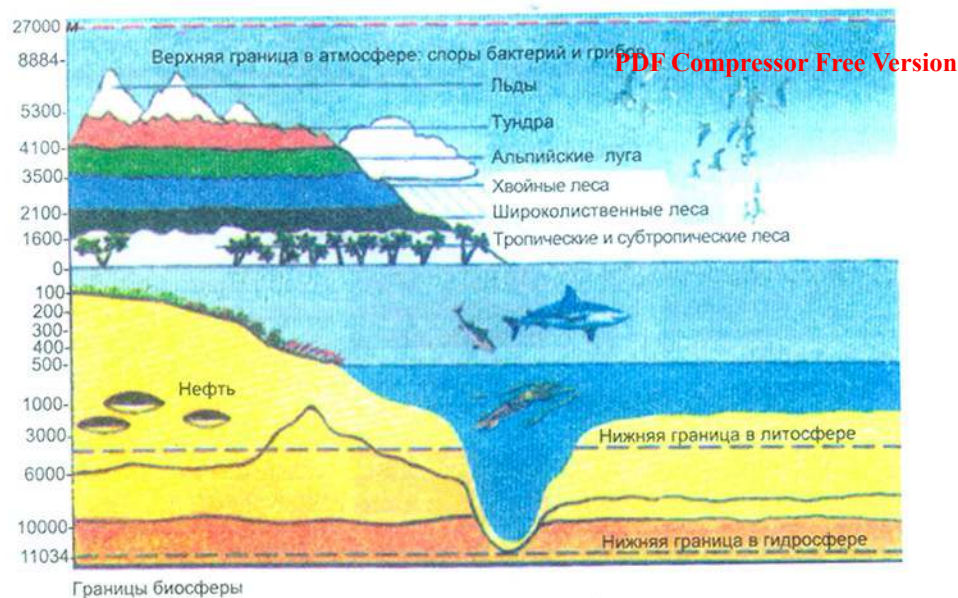


Рис. 163. Границы биосферы в геологических оболочках Земли

В атмосфере населен организмами в основном ее нижний слой – тропосфера. Здесь встречаются различные обитатели Земли, живущие на поверхности почвы и поднимающиеся над ней. В литосфере населен главным образом почвенный слой. Например, здесь обитают бактерии, простейшие, черви, клещи, насекомые, мелкие млекопитающие. Гидросфера представлена различными солеными и пресными водоемами. Население гидросферы составляют организмы, живущие в толще воды, например одноклеточные водоросли, медузы, мелкие ракообразные, рыбы, китообразные и на дне водоемов, например, многоклеточные водоросли, кораллы, черви, крупные ракообразные, моллюски.

**Состав биосферы.** В составе биосферы В. И. Вернадский в основном выделял живое, биогенное и косное вещества (рис. 164).

Живое вещество биосферы представлено совокупностью всех организмов нашей планеты, выраженное в биомассе и энергии. Живое вещество распределено в биосфере неравномерно. Наиболее высока его концентрация на границах основных сред жизни – в почве, в поверхностных слоях Мирового океана, на дне водоемов. Биогенное вещество биосферы образовано соединениями и полезными ископаемыми (известняк,

нефть, газ, уголь, торф), созданными и перерабатываемыми организмами.

**Косное вещество биосферы** представлено горными породами вулканического происхождения и минералами, возникшими в результате геологических процессов без участия организмов.

**Живое вещество биосферы и его функции.** Биомасса всех организмов нашей планеты составляет  $2,4 \cdot 10^{12}$  т сухого вещества, которое содержит запас  $30 \cdot 10^{21}$  Дж энергии. Причем, 90% от этого количества составляют наземные растения и животные, обладающие значительно большей массой, чем все обитатели воды.

Живое вещество биосферы выполняет ряд геохимических функций, среди которых важнейшими являются: *газовая, концентрационная и окислительно-восстановительная.*

*Газовая функция* живого вещества состоит в том, что, потребляя и выделяя газообразные вещества, организмы поддерживают постоянство газового состава атмосферы. Так, кислород является продуктом фотосинтеза, а углекислый газ – продуктом дыхания организмов. Подземный горючий газ метан образуется при разложении органических веществ, связанных с деятельностью метанообразующих бактерий.

*Концентрационная функция* живого вещества обусловлена накоплением в телах организмов ряда химических элементов (углерода, водорода, кислорода, кремния, фосфора) и соединений. Так, карбонат кальция откладывается в костях, зубах и раковинах животных; кремнезем концентрируют хвощи, а йод накапливают морские бурые водоросли.



Рис. 164. Основные компоненты биосферы и взаимосвязи между ними

Окислительно-восстановительная функция живого вещества заключается в окислении и восстановлении в процессе жизнедеятельности организмов ряда химических соединений. Например, при фотосинтезе зеленые растения восстанавливают углекислый газ до углеводов, а при дыхании углеводы окисляются организмами до углекислого газа и воды.

Среди функций живого вещества и биосфере В. И. Вернадский в самостоятельную выделил *биохимическую деятельность человека*. Она проявляется в использовании человеком для нужд промышленности, транспорта, сельского хозяйства всевозрастающего количества косного, биогенного и живого вещества нашей планеты. Влияние человека на биосферу в современную эпоху достигает планетарного масштаба. Биохимические циклы круговорота веществ и потоки энергии, связанные с хозяйственной деятельностью человека, более чем в два раза превышают естественные процессы. Промышленностью созданы новые химические соединения, которые не вовлекаются в круговорот веществ, а накапливаются и загрязняют атмосферу, литосферу и гидросферу.

Таким образом, живое вещество биосферы является самым активным ее компонентом, активно воздействующим и преобразующим облик Земли. На современном этапе развития биосферы главной силой, определяющей ее дальнейшее существование и развитие стало человечество.

#### Основные термины:

△ Биосфера, вещество: живое, биогенное, косное: функции живого вещества: газовая, концентрационная, окислительно-восстановительная; биохимическая деятельность человека.

- ?
1. Дайте определение биосферы. С именем, какого ученого связано становление представлений о биосфере?
  2. Где проходят верхняя и нижняя границы биосферы? Назовите условия, которые ограничивают распространение жизни в геологических оболочках Земли.
  3. Из каких компонентов состоит биосфера?
  4. Каковы функции живого вещества биосферы?
  5. Объясните, почему среди функций живого вещества биосферы в настоящее время отдельно выделяют биохимическую деятельность человека.

Сравните между собой основные компоненты живого вещества биосферы. Каковы их функции? Заполните таблицу.

#### Живое вещество биосферы и его функции

Таблица 31

Группы организмов	Организмы	Функции в биосфере

#### § 43. Биохимический круговорот как основа существования биосферы

- 📖 Какие химические соединения используют организмы в круговоротах веществ? Какие значение имеют процессы фотосинтеза, испарения воды, дыхания, азотификации для обеспечения круговоротов веществ и потока энергии в биосфере?

Все составляющие биосферу компоненты и происходящие в ней процессы тесно взаимосвязаны. Стабильность биосферы поддерживается постоянно происходящими в ней круговоротами веществ и превращением энергии. Круговороты разнообразны по масштабам и качеству явлений, например, круговорот воды, круговорот углерода, круговорот азота. Они осуществляются с участием всех компонентов биосферы и входят в состав единого биохимического круговорота.

Биохимический круговорот – обмен веществ и превращение энергии между различными компонентами биосферы, связанные с деятельностью ее организмов.

**Поток энергии в биосфере.** Основной движущей силой биохимического круговорота является непрерывно происходящий в биосфере поток энергии, связанный с деятельностью живого вещества.

Организмы нуждаются в энергии для поддержания своей жизнедеятельности. Энергия в биосфере существует в нескольких формах. Известны механическая, химическая, тепловая,

электрическая и другие формы энергии. Переход одной формы энергии в другую, называемый *преобразованием энергии*, подчиняется закону сохранения энергии, который гласит, что энергия может превращаться из одной формы в другую, но не может быть создана или уничтожена.

Основной источник энергии в биосфере – это энергия Солнца. Она нагревает атмосферу и гидросферу, вызывает передвижение воздушных масс, океанических течений, испарение воды, таяние снега. Автотрофные организмы, главным образом зеленые растения, в результате реакции фотосинтеза преобразуют солнечную энергию в энергию химических связей созданных органических веществ. Значительная часть ее расходуется самими растениями на процессы жизнедеятельности. Меньшая часть химической энергии растений передается дальше по пищевым цепям гетеротрофным организмам. Гетеротрофные организмы, главным образом животные, преобразуют химическую энергию в другие ее формы, например механическую, электрическую, тепловую, световую. Некоторая часть аккумулярованной зелеными растениями солнечной энергии может накапливаться в биосфере в виде запасов древесины, торфа, угля и горючих сланцев.

Следовательно, круговорота энергии в биосфере не происходит. Этот процесс не является замкнутым. В биосфере наблюдается лишь поток энергии, связанный с превращением одной ее формы в другую.

**Круговорот воды.** Вода играет важнейшую роль в биохимическом круговороте, так как живые тела в среднем на 80% состоят из нее, а Мировой океан занимает более 2/3 поверхности земного шара. В пределах всей планеты круговорот воды осуществляется между морями, океанами и материками (рис. 165). Вода, испаряемая солнцем с поверхностей морей и океанов, переносится ветрами на материки, где выпадает в виде атмосферных осадков. Значительная часть воды при этом оказывается связанной, например, в виде снега или льда, т. е. является временно недоступной для организмов. С речными и грунтовыми стоками вода затем постепенно возвращается в океаны.

Значительная часть воды, имеющейся на суше, поглощается из почвы растениями и затем в виде водяного пара испаряется листьями для предотвращения перегревания. Часть воды растения расходуют на процесс фотосинтеза. Животные

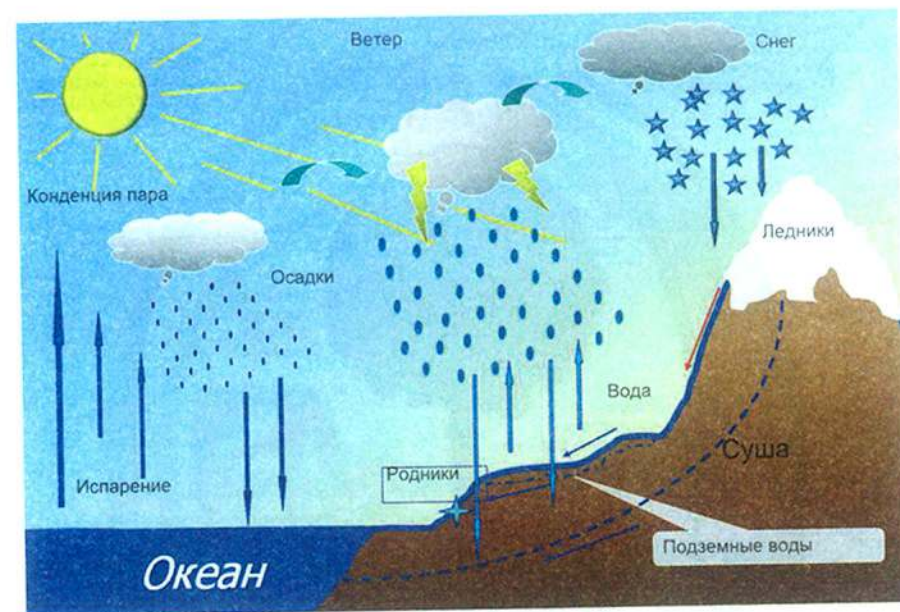


Рис. 165. Круговорот воды в биосфере

воду получают с питьем и с пищей. Удаляется из животных организмов вода в составе выдыхаемого воздуха, пота и других выделений.

Наземные растения, главным образом из влажных экваториальных лесов, испаряя воду, уменьшают ее поверхностный сток и удерживают влагу в атмосфере. Это препятствует размыванию почвы осадками и разрушению ее верхнего плодородного слоя. Сокращение площади экваториальных лесов в результате их интенсивной вырубке человеком, приводит к засухам в прилегающих районах земного шара.

**Круговорот углерода.** Углерод в биосфере в основном представлен двуокисью углерода (углекислым газом).

Основной ее привычный источник – это вулканическая деятельность. Связывание углекислого газа происходит двумя путями. Первый состоит в его поглощении растениями в процессе фотосинтеза с образованием органических веществ и последующим отложением их в виде торфа, угля, горючих сланцев (рис. 166). Второй путь состоит в том, что углекислый газ растворяется в водоемах, переходя в карбонат ионы и гидрокарбонат – ионы. Затем, с помощью кальция или магния, происходит осаждение карбонатов на дно водоемов в виде известняков. Запасы углекислого газа в атмосфере постоянно пополняются



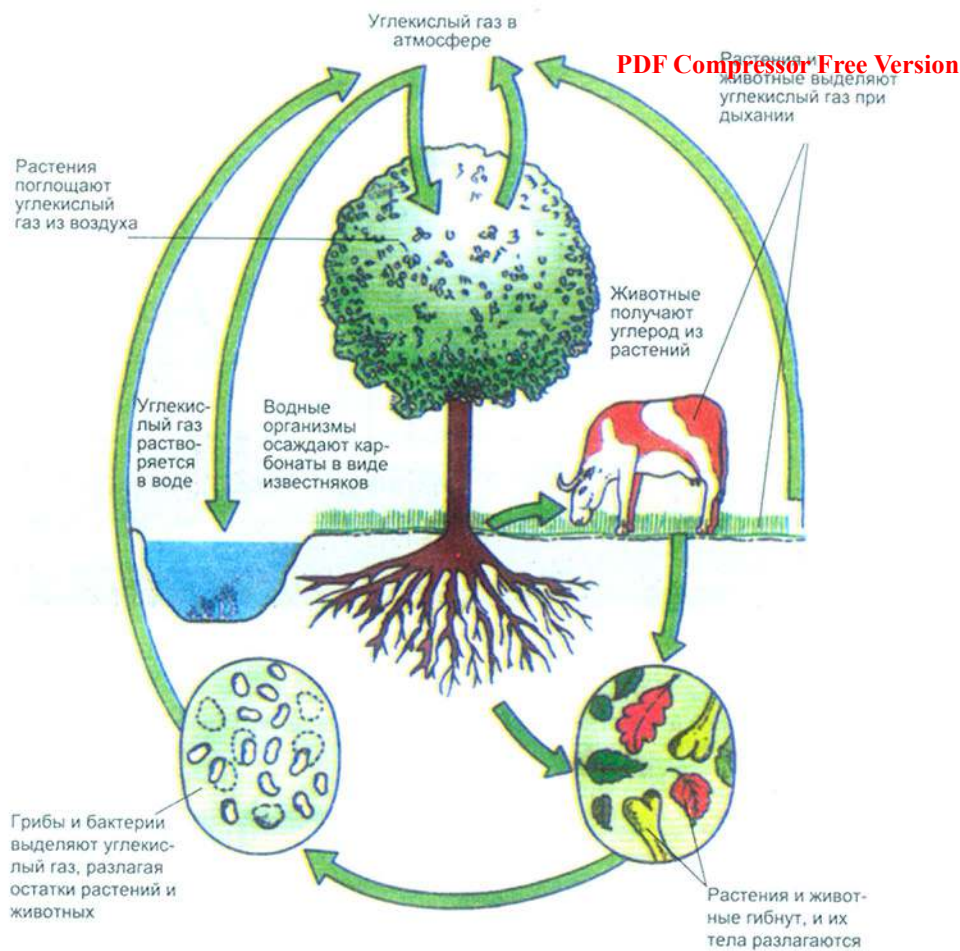


Рис. 166. Круговорот углерода в биосфере

благодаря дыханию организмов, процессам разложения органических остатков, а также от сжигания топлива и выбросов промышленности.

**Круговорот азота.** Основным источником азота в биосфере служит газообразный атмосферный азот. В небольших количествах атмосферный азот связывается с кислородом воздуха в нитраты при грозовых разрядах (рис. 167) Основное связывание атмосферного азота осуществляется азотфиксирующими бактериями, обитающими в почве. Они синтезируют нитриты и нитраты, которые становятся доступными для использования растениями. В растениях азот переходит в состав органических

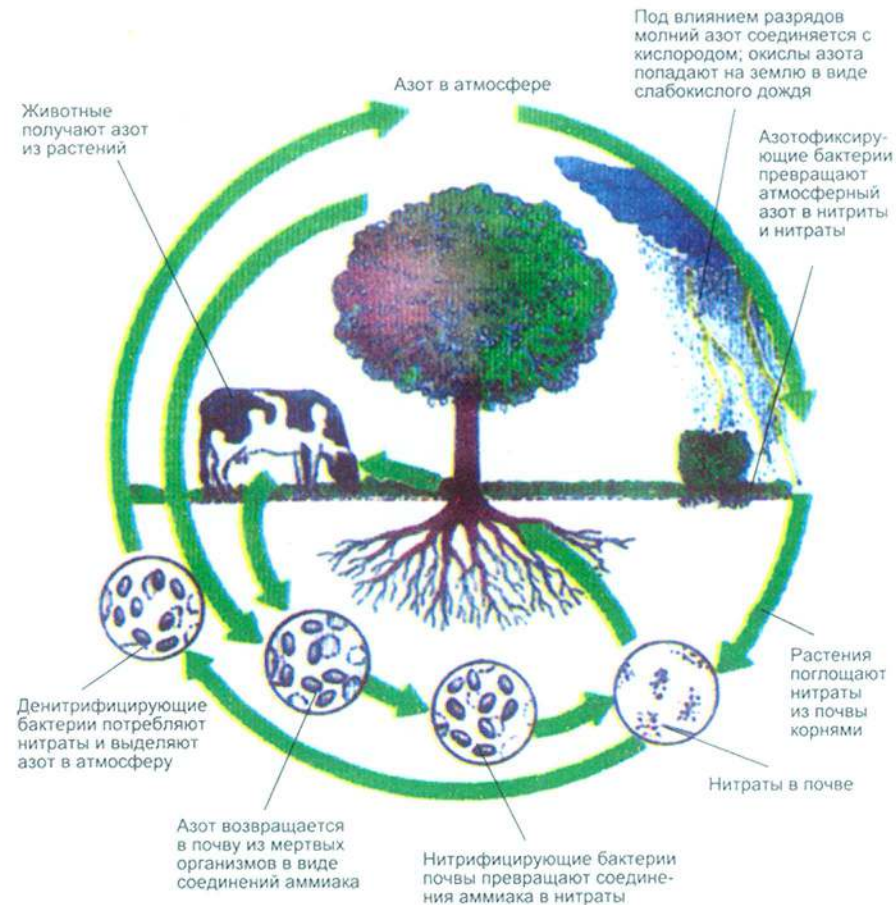


Рис. 167. Круговорот азота в биосфере

соединений, например белков, нуклеиновых кислот и АТФ. При разложении трупов погибших организмов или при выделении мочи животных, азот поступает в почву в виде соединений аммиака. Они затем окисляются до нитритов и нитратов и снова используются растениями. Частично нитраты почвы восстанавливаются денитрифицирующими бактериями до газообразного азота. Так осуществляется восполнение запасов газообразного азота в атмосфере. Запас нитратов в почве пополняется также благодаря внесению в нее человеком неорганических азотных и органических удобрений.

Итак, непрерывно происходящие в биосфере круговороты воды, углерода, азота и превращение энергии образуют единый

биогеохимический круговорот. Вещества и элементы в нем используются организмами многократно. Энергия в отличие от них, используется организмами только один раз. Биогеохимический круговорот не имеет полной цикличности. Часть веществ из него исключается и может накапливаться в природе.

### Основные термины:

△ Биохимический круговорот, поток энергии, преобразование энергии, круговороты: воды, углерода и азота.

- ?
1. Что такое биохимический круговорот? Какими процессами он обеспечивается?
  2. Опишите, как происходит круговорот воды в биосфере. Какова роль в нем растений и животных?
  3. Как осуществляется круговорот углерода в биосфере? В каком виде углерод может накапливаться в природе?
  4. Опишите, как происходит круговорот азота в биосфере. Какова роль в нем азотфиксирующих и денитрифицирующих бактерий?
  5. Объясните, почему правильно говорить о происходящем в биосфере круговороте вещества и элементов, но неправильно говорить о круговороте энергии в биосфере?

### § 44. Краткая история эволюции биосферы

- 📖
1. Вспомните из учебников «Растения. Бактерии. Грибы и лишайники» и «Животные» основные этапы исторического развития растительного и животного мира на Земле.
  2. Какие растения и животные были распространены на нашей планете в прошлом?

Сравнение ископаемых остатков организмов в геологических породах, которыми занимается наука палеонтология (от греч. *палайос* – древний, *онтос* – существо и *логос* – учение), позволяет выделить в истории Земли большие по временной протяженности интервалы – эры. Эры состоят из периодов. Для каждой эры, а иногда даже и для периода, был характерен свой растительный и животный мир (рис. 168).

**Катархей и архей.** Первые 1,5 млрд лет после образования нашей планеты организмов на ней не существовало. Это был доорганизменный этап ее развития – катархейская эра (от греч. *кат* – ниже, *археос* – древнейший). В катархее начала





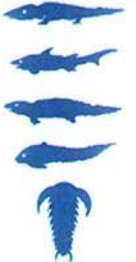




Эра	Период, возраст (млн лет)	Растительный мир	Животный мир
Кайнозойская	Четвертичный, 2		Время млекопитающих и птиц 
	Третичный, 67		Время пресмыкающихся и аммонитов 
Мезозойская	Меловой, 135		Время земноводных рыб и трилобитов 
	Юрский, 180		
	Триасовый, 230		
Палеозойская	Пермский, 270		Время водорослей 
	Каменноугольный, 330		
	Девонский, 400		
	Силурский, 420		
	Ордовикский, 480		
	Кембрийский, 570		
Протерозойская	2500	Время архебактерий и цианобактерий 	Время медуз 
Архейская	3500–3800	Жизнь нет	
Катархейская	3800	Жизнь нет	

Рис. 168. Эры и периоды в истории Земли

формироваться поверхность Земли, происходили интенсивные вулканические процессы и горообразование (рис. 169).

Жизнь возникла на границе катархей и архейской эры (от греч. *археос* – древнейший). Об этом свидетельствуют находки следов жизнедеятельности микроорганизмов в геологических породах возрастом 3,5–3,8 млрд лет. Сохранившиеся следы незначительны, поэтому об организмах архея известно немного. По всей видимости, они относились к прокариотным фор-



Рис. 169. Катархей

мам: это были примитивные архебактерии и цианобактерии. Эволюция древних прокариот привела к появлению первых ядерных организмов – одноклеточных зеленых водорослей. От них на границе архея и следующей за ним протерозойской эры произошли первые многоклеточные зеленые водоросли.

**Протерозой.** Протерозойская эра (от греч. *протерос* – ранний и *зоэ* – жизнь) самая продолжительная в истории Земли. Она началась около 2,5 млрд лет назад. Бактерии и водоросли достигли в протерозое исключительного расцвета. В результате жизнедеятельности микроорганизмов образовались месторождения железа, никеля, марганца и серы. Изменился и газовый состав атмосферы. Благодаря фотосинтезу в ней стал накапливаться кислород. На планете стал формироваться озоновый экран, защищающий живое от губительных ультрафиолетовых солнечных лучей. Возникли многоклеточные красные и бурые водоросли, появились грибы. Животный мир составляли разнообразные многоклеточные беспозвоночные животные-губки, кишечнополостные, плоские и кольчатые черви, членистоногие, моллюски и иглокожие.

**Палеозой.** Палеозойская эра (от греч. *палайос* – древний и *зоэ* – жизнь) началась 570 млн лет назад и характеризовалась рядом важных эволюционных событий в развитии органического мира Земли.

В начале произошло образование значительных площадей суши и завершилось формирование озонового экрана, что привело к появлению около 400 млн лет назад первых наземных растений – риниофитов (рис. 170) и мхов. Они, в отличие от водорослей, обладали уже проводящими, покровными и механическими тканями, позволяющими существовать в ус-

ловиях наземно-воздушной среды. От риниофитов затем произошли основные группы высших споровых растений – плауновидные, хвощевидные и папоротниковидные, из которых сформировались первые леса (рис. 171).

В конце палеозойской эры в связи с похолоданием и иссушением климата от группы семенных папоротников произошли первые голосеменные растения – *кордаиты*. Благодаря отличному от папоротникообразных способу размножения (независимость полового процесса от воды) и образованию семян, они оказались в более выгодных условиях.

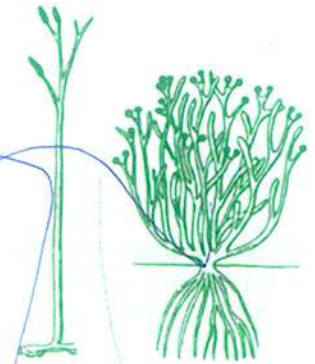


Рис. 170. Риниофит



Рис. 171. Лес палеозоя

В развитии животного мира в палеозое также происходили важнейшие эволюционные события. В начале эры появились первые позвоночные животные – панцирные рыбы (рис. 172, в) Они обладали внутренним скелетом, дававшим им преимущество в передвижении по сравнению с беспозвоночными

животными. От панцирных рыб затем произошли хрящевые и костные рыбы. Среди костных рыб выделились кистеперые, от которых около 300 млн лет назад произошли первые наземные позвоночные животные – *ихтиостеги*, относившиеся к классу земноводных.

Климат в конце палеозойской эры стал сухим, что привело к значительному вымиранию древних земноводных и появлению первых пресмыкающихся-котилозавров (рис. 172, г), от которых произошли остальные рептилии.

Все пресмыкающиеся, в отличие от земноводных, имеют сухую лишённую желез кожу с роговым чешуями, защищающую тело от потерь воды, более совершенные легкие, яйца с защитными оболочками, что обеспечило в следующую эру их господство на Земле.

**Мезозой.** Мезозойская эра (от греч. *мезос* – средний и *зоэ* – жизнь) началась около 230 млн лет назад. Климатические условия были благоприятными для дальнейшего распростра-



а) Первобытное китообразное



б) Саблезубый тигр



в) Панцирная рыба



г) Котилозавры

Рис. 172

нения жизни на Земле. На суше господствующее положение заняли голосеменные растения, но около 130 млн лет во флоре появляется покрытосеменные (цветковые) растения – тополя, эвкалипты, пальмы и дубы. Леса мезозоя были негустые. Солнечные лучи свободно проникали к почве, поэтому в них произрастали и травянистые растения.

В морях преобладали головоногие моллюски и костные рыбы. На суше среди позвоночных животных были широко распространены древние пресмыкающиеся – динозавры (ужасные ящеры), отличавшиеся большим разнообразием форм. (рис. 173, 174)

В начале мезозоя около 200 млн лет назад от группы птицетазовых пресмыкающихся произошли первые птицы – протоависы, а от группы звероподобных рептилий – первые млекопитающие – трикодонты. Высокий уровень обмена веществ, теплокровность, крупный головной мозг и сложное поведение обеспечили зверям и птицам преимущество в освоении разнообразных условий жизни на Земле. К концу эры в фауне планеты появляются первые сумчатые, плацентарные млекопитающие и настоящие птицы.

**Кайнозой.** Кайнозойская эра (греч. *кайнос* – новый и *зоэ* – жизнь) началась 67 млн лет назад и продолжается до настоящего времени. В начале эры в большей части районов земли преобладал теплый климат, но затем наступило похолодание.



Рис. 173. Динозавры мезозоя: тиранозавр

животными. От панцирных рыб затем произошли хрящевые и костные рыбы. Среди костных рыб выделились кистеперые, от которых около 300 млн лет назад произошли первые наземные позвоночные животные – *ихтиостеги*, относившиеся к классу земноводных.

Климат в конце палеозойской эры стал сухим, что привело к значительному вымиранию древних земноводных и появлению первых пресмыкающихся-котилозавров (рис. 172, г), от которых произошли остальные рептилии.

Все пресмыкающиеся, в отличие от земноводных, имеют сухую лишённую желез кожу с роговым чешуями, защищающую тело от потерь воды, более совершенные легкие, яйца с защитными оболочками, что обеспечило в следующую эру их господство на Земле.

**Мезозой.** Мезозойская эра (от греч. *мезос* – средний и *зоэ* – жизнь) началась около 230 млн лет назад. Климатические условия были благоприятными для дальнейшего распростра-



а) Первобытное китообразное



б) Саблезубый тигр



в) Панцирная рыба



г) Котилозавры

Рис. 172

нения жизни на Земле. На суше господствующее положение заняли голосеменные растения, но около 130 млн лет во флоре появляется покрытосеменные (цветковые) растения – тополя, эвкалипты, пальмы и дубы. Леса мезозоя были негустые. Солнечные лучи свободно проникали к почве, поэтому в них произрастали и травянистые растения.

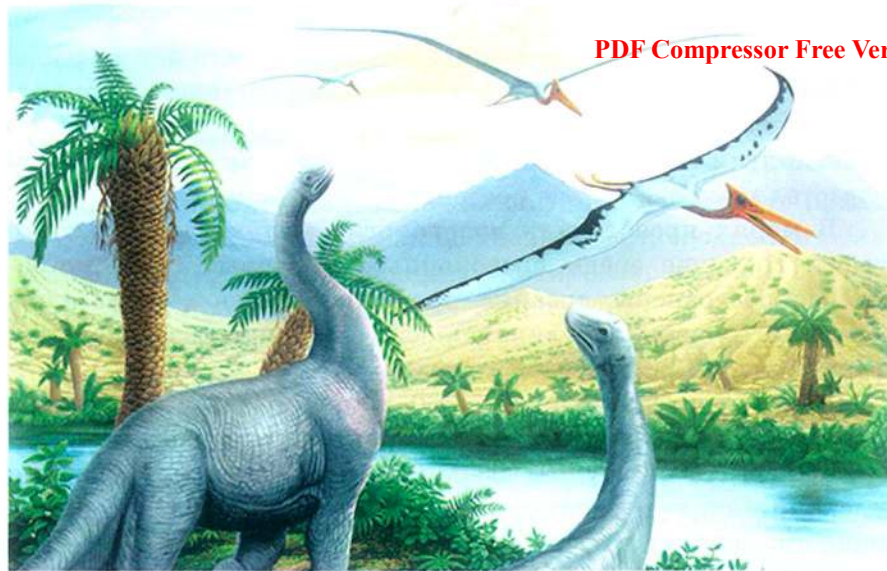
В морях преобладали головоногие моллюски и костные рыбы. На суше среди позвоночных животных были широко распространены древние пресмыкающиеся – динозавры (ужасные ящеры), отличавшиеся большим разнообразием форм. (рис. 173, 174)

В начале мезозоя около 200 млн лет назад от группы птицетазовых пресмыкающихся произошли первые птицы – протоависы, а от группы звероподобных рептилий – первые млекопитающие – трикодонты. Высокий уровень обмена веществ, теплокровность, крупный головной мозг и сложное поведение обеспечили зверям и птицам преимущество в освоении разнообразных условий жизни на Земле. К концу эры в фауне планеты появляются первые сумчатые, плацентарные млекопитающие и настоящие птицы.

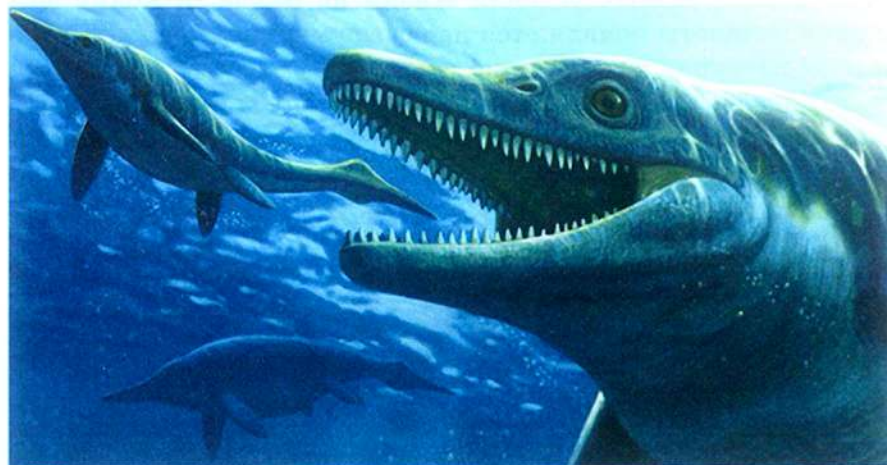
**Кайнозой.** Кайнозойская эра (греч. *кайнос* – новый и *зоэ* – жизнь) началась 67 млн лет назад и продолжается до настоящего времени. В начале эры в большей части районов земли преобладал теплый климат, но затем наступило похолодание.



Рис. 173. Динозавры мезозоя: тиранозавр



а)



б)

Рис. 174. Динозавры мезозоя: а) птерозавр; б) ихтиозавр

Во флоре кайнозоя господствующее место заняли покрытосеменные растения. Коренным образом изменилась в кайнозое и фауна. На границе мезозоя и кайнозоя вымирают динозавры. Достигают расцвета различные систематические группы млекопитающих. Появляются китообразные, хищные приматы, грызуны, копытные и хоботные. Завершается формирование современной фауны.

### Основные термины:

△ Эра, период, катархей, архей, протерозой, палеозой, мезозой, кайнозой.

- ?
1. На какие эры подразделяют историю Земли?
  2. Какое влияние оказало деятельность организмов архея и протерозоя на газовый состав атмосферы земли.
  3. Назовите организмы, которые составляли флору и фауну архея и протерозоя.
  4. Какие изменения произошли в составе растительного и животного мира палеозоя?
  5. Какие растения и животные появились в фауне и флоре мезозоя?
  6. Когда сформировались на нашей планете современная растительность и животный мир?

### § 45. Появление человека как важнейший этап эволюции биосферы

📖 Рассмотрите рисунок.

1. Сравните скелет человека и шимпанзе.
2. В чем состоит сходство и различие?
3. Вспомните основные движущие силы (факторы) эволюции видов в природе.

Появление человека стало одним из главных событий в эволюции биосферы. В земной коре сохранились ископаемые остатки и орудия труда, позволяющие составить представление об облике и образе жизни наших далеких предков. Их изучают антропология (от греч. *антропос* – человек и *логос* – учение) и археология (от греч. *археос* – древний и *логос* – учение) – науки о человеке и истории развития человеческого общества. Научные результаты доказывают факты происхождения человека от животных и его постепенного эволюционного развития.

**Отличие человека от животных.** Общий план строения, сходство многих черт организации и эмбрионального развития указывают на принадлежность человека к классу Млекопитающие и отряду Приматы. Вместе с тем человек обладает рядом особенностей, отличающих его от животных. Наиболее характерное отличие человека от животных – прямохождение. В связи с этим, верхние конечности у человека утратили функцию опоры и превратились в руки – органы тру-



да (рис. 175). Противопоставление большого пальца кисти остальных пальцев обеспечивает разнообразное движение руки. Позвоночник человека приобрел S-образную форму и вместе со сводчатой стопой стал смягчать толчки, возникающие при ходьбе, беге и прыжках.

Кроме того, у человека произошли существенные изменения в строении черепа и головного мозга (рис. 176). Значительно уменьшились в размерах челюстные кости и гребни на теменных костях, к которым прикреплены жевательные мышцы. Это создало предпосылки для увеличения мозгового отдела и черепа и его преобладания над лицевым. Головной мозг человека имеет сильно развитые большие полушария с крупными лобными долями, отвечающими за рассудочную деятельность.

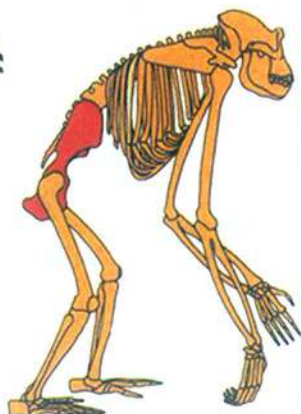


Рис. 175. Скелет человека и шимпанзе

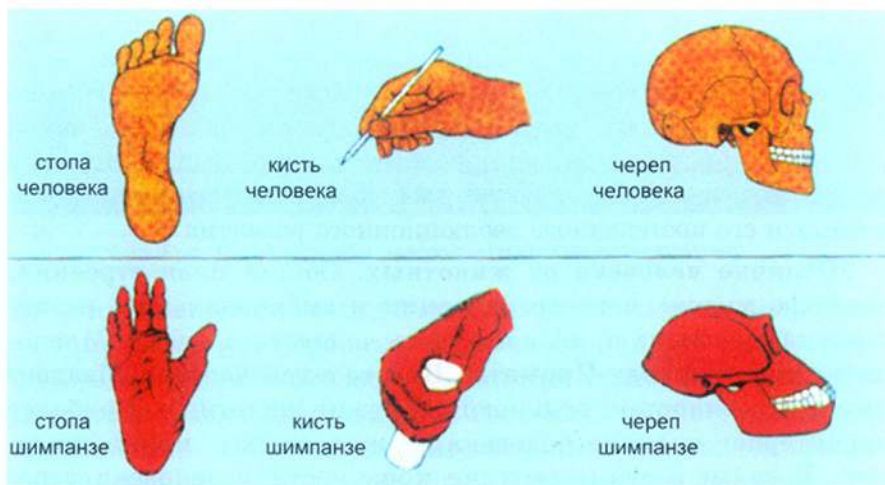


Рис. 176. Сравнение строения стопы, кисти и черепа человека и шимпанзе

Важнейшей особенностью человека стало развитие у него второй сигнальной системы, в основе которой лежит способность воспринимать и различать речь. Это принципиально изменило характер информационных связей между людьми. Появился особый вне генетический способ передачи информации от одного человека к другому через обучение и воспитание.

Характерной чертой человека является систематическое изготовление орудий труда (рис. 177). С самого начала своего существования без них он не мог выжить. Они помогали ему охотиться, возделывать землю, готовить пищу, обустривать жилище. Совершенствование орудий постепенно изменяло характер взаимоотношений человека с природой. Человечество постепенно стало глобальной силой, изменяющей облик Земли.

### ОТЛИЧИЯ ЧЕЛОВЕКА ОТ ЖИВОТНЫХ

- прямохождение
- крупный головной мозг
- вторая сигнальная система (речь)
- систематическое изготовление орудий труда

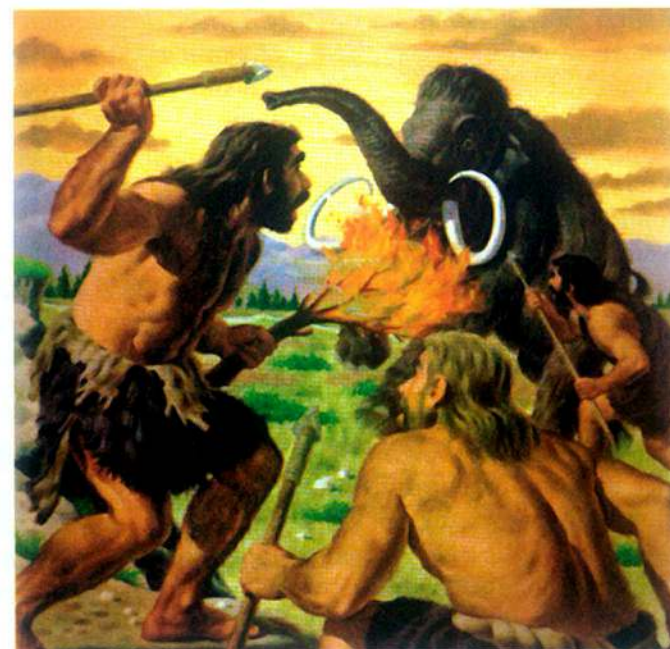


Рис. 177. Коллективная охота первобытного человека требовала от ее участников согласованных действий

**Особенности эволюции человека.** Эволюция человека происходила под действием тех же движущих сил, что и эволюция других организмов, т. е. мутационного процесса, комбинативной изменчивости, популяционных волн, изоляции и естественного отбора. Однако, одновременно с биологическими факторами в эволюции человека действовали специфические факторы – социальные (от лат. *социалис* – общественный), обусловленные общественным укладом его жизни.

Естественный отбор, который привел к появлению около 2 млн лет назад человека, ученые называют биосоциальным. Он был направлен на совершенствование социальной организации первобытного человеческого стада. В результате такого отбора сохранялись и передавались формы взаимоотношений, выработанные людьми в процессе их совместных действий. Они давали членам группы, по сравнению с одиночными особями, преимущество в борьбе за существование с другими видами организмов за пищу, места обитания и иные ресурсы.

Биосоциальный отбор содействовал выживанию даже слабых индивидов, что значительно увеличила численность людей, и способствовало освоению ими новых территорий. В результате коллективной охоты людей на крупную дичь появилась возможность запасания пищи впрок и освободилось время для изготовления более совершенных орудий, воспитания детей, заботы о больных и стариках (рис. 178). Совместная жизнь вызвала у наших предков потребность в развитии средств общения. Появилась речь, которая совершенствовалась параллельно с эволюцией головного мозга.

**Современный этап эволюции человека.** Все ныне живущие на Земле люди относятся к биологическому виду Человек разумный (*Homo sapiens*), представленному разными расами и другими этническими группами. С появлением современных людей, биологическая эволюция человека как вида в основном прекратилась, уступив место эволюции социальной, т. е. развитию общественных отношений. Вместе с тем, некоторые эволюционные факты сохранили свое действие. Так, в популяциях современного человека по-прежнему происходит естественный отбор. Только его действие направлено не на отдельных индивидов, а на их половые клетки. Отбор выбраковывает те мужские и женские гаметы, которые вследствие мутаций приобрели неправильный хромосомный набор.

Заметную роль в эволюции человека в прошлом играли популяционные волны. Например, в средние века эпидемии



Рис. 178. Усложнение орудий труда в истории человеческого общества

чумы заметно сокращала численность людей на Земле. Ныне таких резких колебаний нет, хотя набирающая темпы эпидемия СПИДа может значительно уменьшить население нашей планеты. Если не будет найдено эффективных средств лечения этого заболевания, то в охваченных эпидемией популяциях человека будет происходить естественный отбор, увеличивающий долю людей, генетически склонных к воздержанию от употребления наркотиков и беспорядочных половых связей – основных путей распространения СПИДа.

#### Основные термины:

△ *Антропология, археология, прямохождение, вторая сигнальная система, речь, систематическое изготовление орудий труда, биосоциальный отбор.*

- ?
1. Перечислите черты сходства и различия человека и животных.
  2. Каковы особенности эволюции человека?
  3. Почему естественный отбор, действовавший в эволюции человека, ученые называют биосоциальным?
  4. В чем особенности современного этапа эволюции человека? Какие эволюционные факторы по-прежнему действуют в некоторых популяциях современного человека?



## СО Д Е Р Ж А Н И Е

PDF Compressor Free Version

Введение.....	3
<b>Раздел I. Признаки и структурная организация жизни на земле</b>	
§ 1. Основные признаки живого – его отличие от неживого.....	5
§ 2. Уровни организации жизни и происходящие на них процессы.....	11
<b>Раздел II. Молекулярно-генетический уровень организации жизни</b>	
§ 3. Неорганические компоненты живого: вода и минеральные соли.....	16
§ 4. Органические компоненты: белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты, АТФ.....	21
§ 5. Наследственность и изменчивость.....	36
<i>Лабораторная работа «Модификационная изменчивость».....</i>	<i>41</i>
§ 6. Наследственная информация и генетический код.....	42
§ 7. Матричные реакции – как основа передачи и реализации генетической информации в живых системах.....	45
§ 8. Мутации – наследственные изменения генетического материала.....	51
<b>Раздел III. Органоидно-клеточный уровень организации жизни</b>	
§ 9. Клетка как структурная единица всех живых организмов.....	57
<i>Лабораторная работа. «Строение клетки».....</i>	<i>65</i>
§ 10. Органоиды эукариотической клетки и их взаимодействие.....	65
§ 11. Обмен веществ в клетке и его две стороны.....	72
§ 12. Фотосинтез и хемосинтез.....	76
§ 13. Хромосомный набор клетки как основа специфичности живого.....	79
§ 14. Деление клетки – как самовоспроизведение живого на клеточном уровне. Митоз, его фазы, биологическое значение митоза.....	81
<b>Раздел IV. Организменный уровень организации жизни</b>	
§ 15. Многообразие организмов. Клеточные и неклеточные формы жизни.....	87

§ 16. Самовоспроизведение организмов.....	94
§ 17. Образование половых клеток у животных. Мейоз.....	98
§ 18. Оплодотворение и зародышевое развитие у животных.....	105
§ 19. Развитие животных после рождения.....	111
§ 20. Образование половых клеток и половое размножение у растений.....	115
§ 21. Наследование признаков у организмов.....	122
§ 22. Фенотип организма как результат проявления генотипа.....	127
§ 23. Изменчивость признаков у организмов.....	132
<b>Раздел V. Популяционно-видовой уровень организации жизни</b>	
§ 24. Развитие идей и представлений об эволюции и виде.....	138
§ 25. Эволюционные теории Ж.-Б. Ламарка и Ч. Дарвина.....	143
§ 26. Вид – систематическая категория живой природы.....	149
<i>Лабораторная работа. «Морфологический критерий вида».....</i>	<i>153</i>
§ 27. Популяция – единица популяционно-видового уровня организации жизни.....	154
§ 28. Изменение и регуляция численности популяции.....	158
§ 29. Элементарный эволюционный материал и процесс.....	162
§ 30. Основные движущие силы эволюции.....	166
§ 31. Естественный отбор – основная движущая сила эволюции.....	170
§ 32. Приспособленность организмов к среде обитания – результат естественного отбора. Относительный характер приспособленности.....	175
<i>Лабораторная работа. «Приспособленность организма к среде обитания и ее относительный характер».....</i>	<i>181</i>
§ 33. Видообразование.....	182
§ 34. Селекция – путь создания культурных форм организмов.....	186
§ 35. Современные методы селекции.....	191
<b>Раздел VI. Биогеоценотический уровень организации жизни</b>	
§ 36. Биоценоз как природное сообщество организмов.....	197
§ 37. Структура биоценоза как основа поддержания его целостности.....	203
§ 38. Биогеоценоз и его основные компоненты.....	210
§ 39. Круговорот веществ и поток энергии в биогеоценозах. Продукция биогеоценозов.....	214
§ 40. Основные свойства биогеоценозов. Смена биогеоценозов.....	219
§ 41. Агробиоценоз как искусственное сообщество организмов.....	225