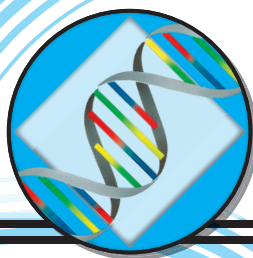


НАГЛЯДНЫЙ (СПРАВОЧНИК



БИОЛОГИЯ

10-11

**Рецензенты:**

**О. М. Утевская**, канд. биол. наук, доцент ХНУ им. В. Н. Каразина;  
**Е. А. Цуканова**, учитель высшей категории, учитель биологии Клучино-Башкирской гимназии  
г. Чугуева Харьковской обл.

Наглядный справочник по биологии поможет учащимся систематизировать, конкретизировать и углубить приобретенные знания и умения, а также научиться работать самостоятельно.

Структура и содержание пособия соответствуют действующей программе по биологии для средних общеобразовательных учебных заведений. Учебный материал сгруппирован по программным темам и подан в наглядной форме: в виде таблиц, схем, диаграмм, графиков, рисунков, сопровождающихся необходимыми комментариями.

Содержательный иллюстративный материал справочника усиливает эмоциональное восприятие учебной информации, активизирует творческое осмысление и более глубокое усвоение приобретенных знаний.

**Красильникова Т. В.**

**К54** Биология. 10—11 классы: Наглядный справочник. — К.; Х.: Веста, 2006. — 112 с.

Издание содержит учебный материал в виде таблиц, схем, диаграмм, рисунков по разделам школьного курса биологии 10—11 классов и составлено в соответствии с действующей программой для средних общеобразовательных учебных заведений.

Наглядный справочник предназначен для учащихся, абитуриентов и учителей биологии.

**На в ч а л ь н е   в и д а н н я**  
**КРАСИЛЬНИКОВА Тетяна Валеріївна**  
**Біологія. 10—11 класи**  
**Наочний довідник**  
*(російською мовою)*

Зав. редакцією *М. Л. Іщук*  
Технічний редактор *В. І. Труфен*  
Коректор *О. Г. Неро*

ТОВ «Веста». Свідоцтво ДК № 2540 від 26.06.2006.  
61064 Харків, вул. Бакуніна, 8А.

Адреса редакції: 61145 Харків, вул. Космічна, 21а.  
Тел. (057) 719-48-65, тел./факс (057) 719-58-67.  
Для листів: 61045 Харків, а/с 3355.  
З питань реалізації: (0572) 58-25-61.  
[www.ranok.com.ua](http://www.ranok.com.ua)



# СОДЕРЖАНИЕ

10 КЛАСС

## РАЗДЕЛ I. МОЛЕКУЛЯРНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

Тема 1. Неорганические вещества	6
Элементарный состав живых организмов	6
Неорганические вещества: вода и минеральные соли	8
Тема 2. Органические вещества	9
Углеводы	9
Липиды	12
Белки	13
Нуклеиновые кислоты	16

## РАЗДЕЛ II. КЛЕТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

Тема 1. Клетка	19
Цитология — наука о строении и функциях клетки	19
Клеточные мембраны	24
Ядро	26
Тема 2. Цитоплазма, ее компоненты	28
Тема 3. Клетка как целостная система	32
Жизненный цикл клетки	32
Обмен веществ и энергии	37

## РАЗДЕЛ III. ОРГАНИЗМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

Тема 1. Неклеточные формы жизни	45
Вирусы	45
Тема 2. Ткани многоклеточных организмов	47
Ткани растений	47
Ткани животного организма	49
Тема 3. Организм как уровень организации живой природы	52

**РАЗДЕЛ III. ОРГАНИЗМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ (продолжение)**

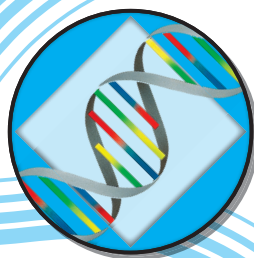
Тема 4. <b>Размножение и индивидуальное развитие организмов</b> . . . . .	56
Классификация форм размножения . . . . .	56
Бесполое размножение . . . . .	56
Половое размножение. . . . .	57
Тема 5. <b>Индивидуальное развитие организмов</b> . . . . .	61
Онтогенез. . . . .	61
Тема 6. <b>Наследственность и изменчивость организмов</b> . . . . .	65
Тема 7. <b>Закономерности изменчивости</b> . . . . .	73
Модификационная изменчивость . . . . .	73
Мутационная изменчивость. . . . .	75
Тема 8. <b>Селекция и биотехнология</b> . . . . .	77
Генетические основы селекции организмов . . . . .	77

**РАЗДЕЛ IV. ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ**

Тема 1. <b>Экологические условия существования организмов.</b> . . . . .	81
Методы экологических исследований . . . . .	81
Экологические факторы . . . . .	81
Основные среды обитания организмов . . . . .	84
Тема 2. <b>Естественные сообщества организмов. Экосистемы</b> . . . . .	85
Виды . . . . .	85
Популяции . . . . .	85
Экологические системы . . . . .	87
Тема 3. <b>Человек и биосфера</b> . . . . .	91
Биосфера и ее границы . . . . .	91
Роль живых организмов в преобразовании биосферы . . . . .	92
Круговорот веществ в биосфере . . . . .	93

**РАЗДЕЛ V. ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА**

Тема 1. <b>Основы эволюционного учения</b> . . . . .	96
Становление эволюционных взглядов. . . . .	96
Основные положения эволюционного учения Чарлза Дарвина. . . . .	97
Синтетическая теория эволюции. . . . .	99
Микроэволюция . . . . .	99
Приспособленность. . . . .	102
Макроэволюция . . . . .	103
Доказательства эволюции . . . . .	104
Закономерности эволюции. . . . .	106
Тема 2. <b>Историческое развитие органического мира</b> . . . . .	106



БИОЛОГИЯ

10

# РАЗДЕЛ I. МОЛЕКУЛЯРНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

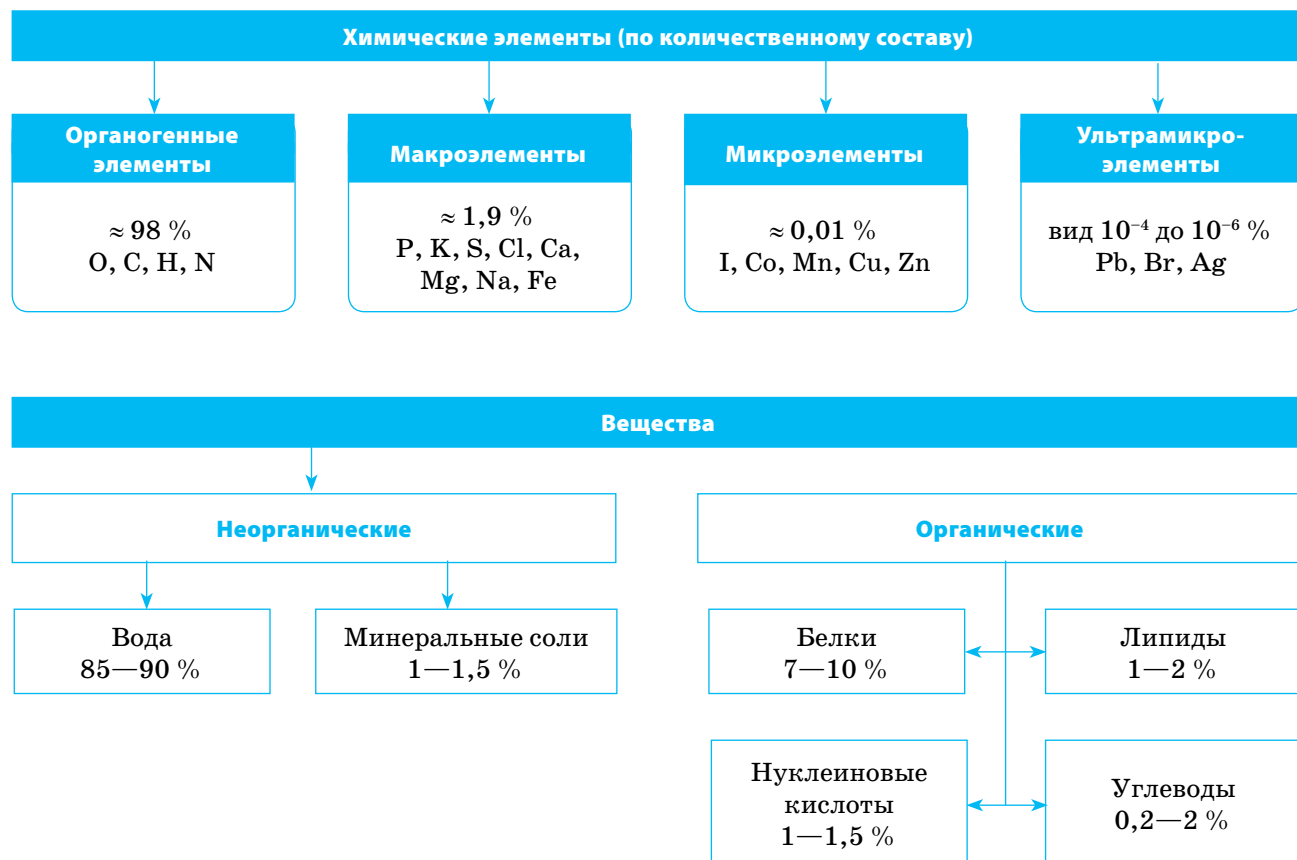
## Тема 1. Неорганические вещества

### ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

В состав живых организмов входят те же элементы, которые входят в состав объектов неживой природы. Однако соотношение элементов в живом и неживом разное.

Живые организмы на 98 % состоят из углерода, водорода и азота.

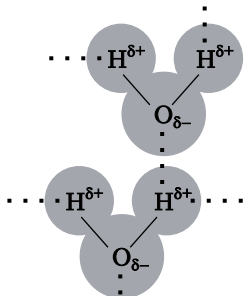
Химические элементы, входящие в состав клеток и выполняющие биологические функции, называются **биогенными**.



## ■ Элементы, входящие в состав живых организмов

Элемент	Символ	Содержание (%)	Значение для клетки и организма
Углерод	C	15—18	Главный структурный компонент всех органических соединений клетки
Кислород	O	65—75	Главный структурный компонент всех органических соединений клетки
Азот	N	1,5—3,0	Обязательный компонент аминокислот
Водород	H	8—10	Главный структурный компонент всех органических соединений клетки
Фосфор	P	0,0001	Входит в состав костной ткани и зубной эмали, нуклеиновых кислот, АТФ и некоторых ферментов
Калий	K	0,15—0,4	Содержится в клетке только в виде ионов, активирует ферменты белкового синтеза, обуславливает ритм сердечной деятельности, участвует в процессах фотосинтеза
Сера	S	0,15—0,20	Входит в состав некоторых аминокислот, ферментов, витамина В
Хлор	Cl	0,05—0,10	Важнейший отрицательный ион в организме животных, компонент HCl в желудочном соке
Кальций	Ca	0,04—2,00	Входит в состав клеточной стенки растений, костей и зубов; активирует свертывание крови и сокращение мышечных волокон
Магний	Mg	0,02—0,03	Входит в состав молекул хлорофилла, а также костей и зубов, активирует энергетический обмен и синтез ДНК
Натрий	Na	0,02—0,03	Содержится в клетке только в виде ионов, обуславливает нормальный ритм сердечной деятельности, влияет на синтез гормонов
Железо	Fe	0,010—0,015	Входит в состав многих ферментов, гемоглобина и миоглобина, участвует в биосинтезе хлорофилла, в процессах дыхания и фотосинтеза
Йод	I	0,0001	Входит в состав гормонов щитовидной железы
Медь	Cu	0,0002	Входит в состав некоторых ферментов, участвует в процессах кроветворения, фотосинтеза, синтеза гемоглобина
Марганец	Mn	0,0001	Входит в состав некоторых ферментов или повышает их активность, принимает участие в развитии костей, ассимиляции азота и процессе фотосинтеза
Молибден	Mo	0,0001	Входит в состав некоторых ферментов, участвует в процессах связывания атмосферного азота растениями
Кобальт	Co	0,0001	Входит в состав витамина В <sub>12</sub> , участвует в фиксации атмосферного азота растениями, развитии эритроцитов
Цинк	Zn	0,0003	Входит в состав некоторых ферментов, участвует в синтезе растительных гормонов (фуксина) и спиртовом брожении

## ■ Вода



Молекула воды ( $\text{H}_2\text{O}$ ) полярна. Ее разные полюсы имеют частично положительные и отрицательные заряды. В целом молекула воды электронеутральна.

Соседние молекулы воды могут притягиваться друг к другу за счет сил электростатического взаимо-

действия между отрицательным зарядом на атоме кислорода одной молекулы и положительным зарядом на атоме водорода другой. Такой тип связи называется водородным. Водородная связь обуславливает относительно высокие температуры кипения, плавления и испарения.

### Значение воды

1. Вода — универсальный растворитель. По отношению к воде вещества делятся на гидрофильные (хорошо растворимые в воде) и гидрофобные (нерастворимые в воде).
2. Вода определяет некоторые физические свойства клеток — их объем, внутреннее давление (тургор).
3. Вода — среда для физиологических и биологических процессов. Расщепление многих веществ происходит за счет катализируемого ферментами взаимодействия их с водой. Такие реакции называются реакциями гидролиза.
4. Вода — терморегулятор. Ей свойственна высокая теплоемкость.
5. Вода — основная среда перемещения веществ в организме и клетке

## ■ Минеральные соли

Минеральные соединения — соли натрия, калия, кальция — относятся к неорганическим веществам

клетки. В организме соли находятся либо в ионном состоянии, либо в виде твердых соединений.

## ■ Наиболее распространенные ионы живых организмов

Катионы	Анионы
$\text{H}^+$ — водорода	$\text{OH}^-$ — гидроксида
$\text{K}^+$ — калия	$\text{Cl}^-$ — соляной кислоты
$\text{Na}^+$ — натрия	$\left. \begin{matrix} \text{HSO}_4^- \\ \text{SO}_4^{2-} \end{matrix} \right\}$ — серной кислоты
$\text{Ca}^{2+}$ — кальция	$\left. \begin{matrix} \text{H}_2\text{PO}_4^- \\ \text{HPO}_4^{2-} \end{matrix} \right\}$ — фосфорной кислоты
$\text{Mg}^{2+}$ — магния	$\text{HCO}_3^-$ — угольной кислоты

**Органические вещества** — соединения, молекулы которых образованы цепями из ковалентно связанных атомов углерода.

**Макромолекулы** — относительно большие молекулы с высокой молекулярной массой. Такие молекулы состоят из сходных по структуре низкомолекулярных соедине-

ний, повторяющихся и ковалентно связанных между собой. Макромолекула, образованная мономерами, называется **полимером**.

Среди органических веществ клетки микромолекулами являются полисахариды, молекулы белков, нуклеиновые кислоты

### Виды полимеров



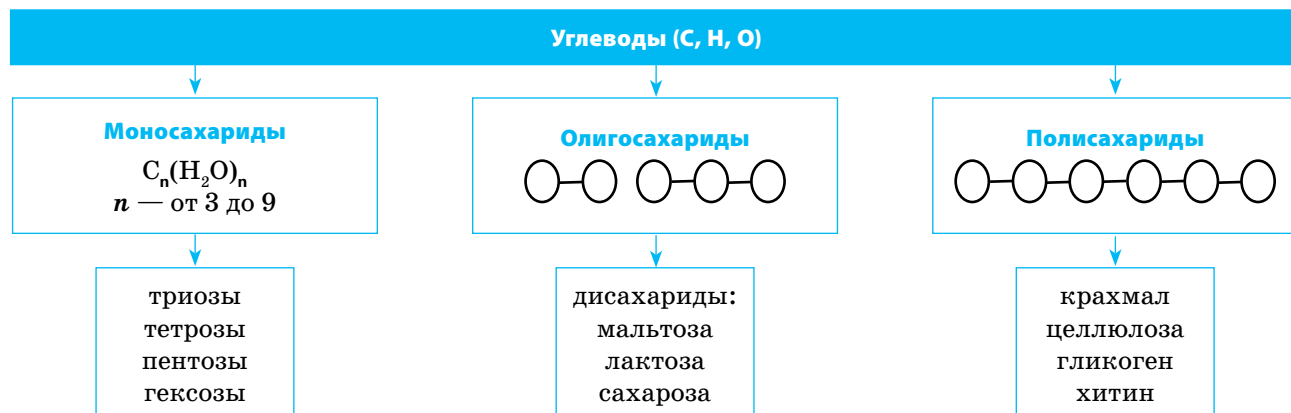
К регулярным биополимерам относятся крахмал, гликоген, целлюлоза, к нерегулярным — белки и нуклеиновые кислоты.

### УГЛЕВОДЫ

Молекулы углеводов состоят из трех элементов — углерода, кислорода и водорода. Углеводы — основной источник энергии для живых организмов. Растения синтезируют углеводы в процессе фотосинте-

за. Содержание углеводов в клетках животных редко превышает 5 %, а в клетках растений может достигать 90 % от общего количества органических молекул.

### Классификация углеводов



## ■ Моносахариды

**Моносахариды**, или **простые сахара**, — соединения с эмпирической формулой  $C_n(H_2O)_n$ , которые не гидролизуются. Это твердые кристаллические вещества, растворимые в воде и имеющие сладкий вкус.

По количеству атомов углерода моносахариды делятся:

на **триозы**  $C_3H_6O_3$  — молочная и пировиноградные кислоты, про-

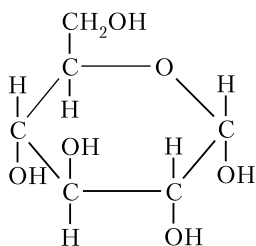
межуточные продукты углеводного обмена;

**тетрозы**  $C_4H_8O_4$  — встречаются редко, чаще у бактерий;

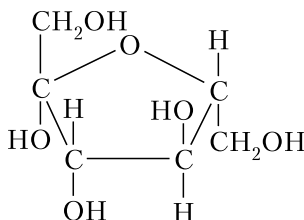
**пентозы**  $C_5H_{10}O_5$  — рибоза, входит в состав РНК;

$C_5H_{10}O_4$  — дезоксирибоза, входит в состав ДНК;

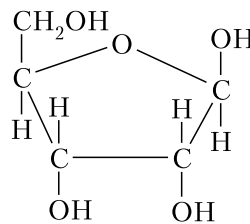
**гексозы**  $C_6H_{12}O_6$  — глюкоза, фруктоза, галактоза.



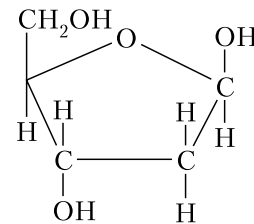
Глюкоза



Фруктоза



Рибоза



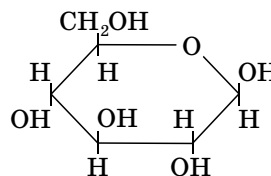
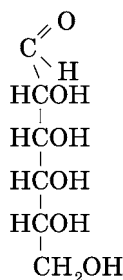
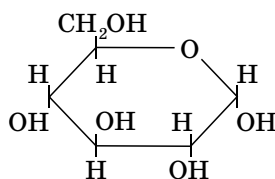
Дезоксирибоза

**Глюкоза** — первичный источник энергии для клеток. Она обязательно входит в состав почти всех клеток, органов и тканей, регулирует осмотическое давление. Снижение уровня глюкозы в крови приводит к нарушению жизне-

деятельности нервных и мышечных клеток.

В растворах глюкоза существует в циклической и линейной формах, между которыми устанавливается химическое равновесие.

## ■ Линейная и циклическая формы глюкозы

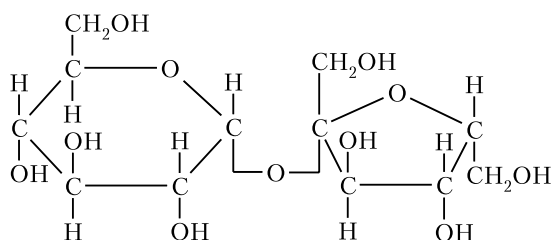


Циклическая  $\alpha$ -форма    Линейная форма    Циклическая  $\beta$ -форма

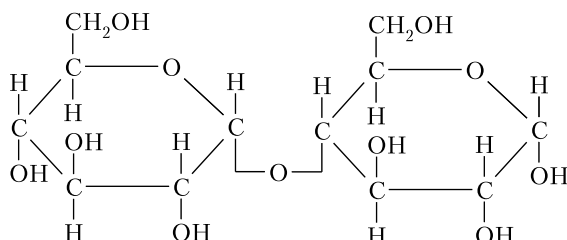


## ■ Дисахариды

**Дисахариды** — углеводы, молекулы которых состоят из двух молекул моносахаридов. Имеют приятный сладкий вкус, хорошо растворяются в воде.



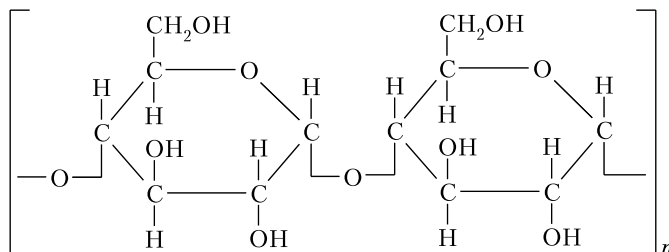
Сахароза = Глюкоза + Фруктоза



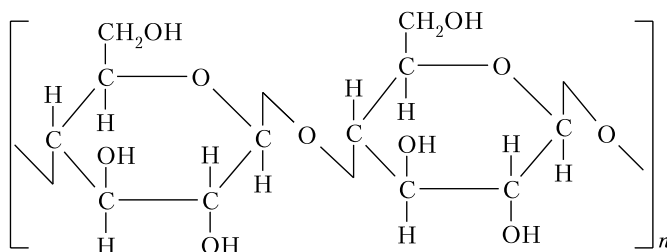
Мальтоза = Глюкоза + Глюкоза

## ■ Полисахариды

**Полисахариды** состоят из большого количества моносахаридов. Отличаются между собой составом мономеров, длиной и степенью разветвленности. Полисахариды почти не растворяются в воде и не имеют сладкого вкуса.



Крахмал



Целлюлоза

### Полисахариды (по составу)

Гомополисахариды  
(один вид моносахаридов)

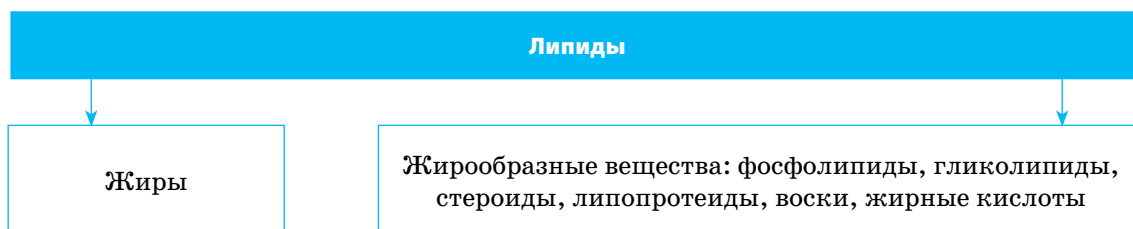
Гетерополисахариды  
(разные виды моносахаридов)

## ■ Функции полисахаридов

Функция	Характеристика
Энергетическая	Основной источник энергии. Расщепляются до моносахаридов с последующим окислением до $\text{CO}_2$ и $\text{H}_2\text{O}$ . При расщеплении 1 г углеводов выделяется 17,6 кДж энергии
Структурная	Входят в состав оболочек клеток и некоторых органелл. У растений полисахариды выполняют опорную функцию
Запасающая	Накапливаются в тканях растений (крахмал) и животных (гликоген). Используются при возникновении потребности в энергии
Защитная	Секреты, выделяющиеся разными железами, обогащены углеводами, например глюкопротеидами, защищающими стенки полых органов (пищевод, желудок, бронхи) от механических повреждений, проникновения вредных бактерий и вирусов

## ЛИПИДЫ

**Липиды** — нерастворимые в воде, но хорошо растворимые в неполярных веществах (эфире, ацетоне и т. п.) органические соединения.



## ■ Строение и виды жиров

$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{R}_2 - \text{C} - \text{O} - \text{CH} \\  \parallel \qquad \qquad \qquad \parallel \\  \text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{R}_1 \\  \parallel \\  \text{O} \\  \parallel \\  \text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{R}_3  \end{array}  $ <p>Схема строения молекулы жира. <math>\text{R}_1</math>, <math>\text{R}_2</math>, <math>\text{R}_3</math> — остатки жирных кислот, по которым различаются жиры</p>	<p>Наиболее распространенными соединениями среди липидов являются <b>жиры</b>, в состав которых входят трехатомный спирт глицерин и остатки жирных кислот</p>
--	---



## ■ Функции жиров

Функция	Характеристика
Энергетическая	При полном окислении 1 г жира выделяется 38,9 кДж энергии
Запасающая	Жиры откладываются в тканях, формируя резервные энергетические запасы. Запасы жиров могут быть источником метаболической воды (у верблюдов)
Защитная	Жировые отложения защищают организм и внутренние органы от механических повреждений
Теплоизоляционная	Жировые отложения, подкожная жировая клетчатка предотвращают тепловые потери

### Строение и функции жирораобразных веществ

Фосфолипиды	— содержат остаток фосфорной кислоты, входят в состав клеточных мембран
Гликолипиды	— соединения липидов с углеводами. Являются составной частью тканей мозга и нервных волокон
Липопротеиды	— комплексные соединения разнообразных белков с жирами
Стероиды	— важные компоненты половых гормонов, витамина D
Воска	— выполняют защитную функцию: у млекопитающих — смазывают кожу и волосы, у птиц — придают перьям водоотталкивающие свойства, у растений — предотвращают чрезмерное испарение воды

## БЕЛКИ

**Белки** — высокомолекулярные нерегулярные гетерополимеры, мономерами которых являются аминокислоты. В состав белков входят 20 различных аминокислот.

## ■ Аминокислоты — структурные мономеры белков

$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{R}-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Схема строения молекулы аминокислоты; R — аминокислотный радикал, по которому различаются аминокислоты
---	--

Аминокислоты соединяются между собой ковалентной связью между карбоксильной группой одной аминокислоты и аминогруппой — другой. Такая связь называется пептидной. Аминокислоты объединяются с помощью пептидных связей в пептиды.

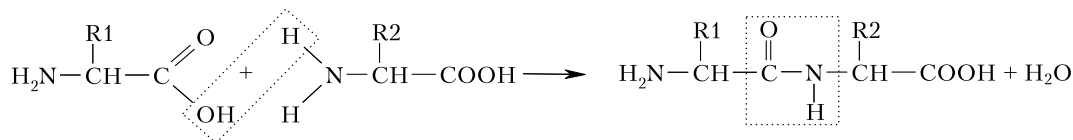
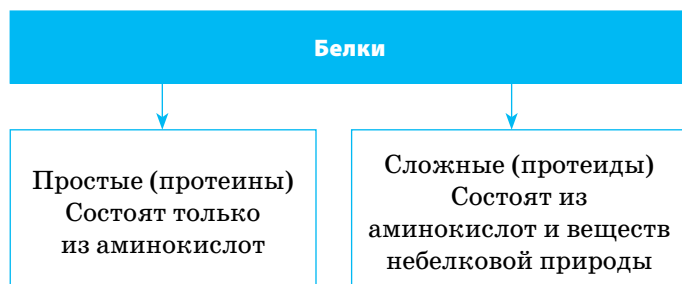


Схема образования пептидной связи

## ■ Види белков (по составу)



Функциональные свойства белков обусловлены последовательностью аминокислотных остатков и пространственной структурой полипептидной цепи.

## ■ Пространственная структура белков

Структура	Характеристика
<p>Первичная</p> 	<p>Определяется порядком чередования аминокислот в пептидной цепи. Аминокислоты соединяются крепкой пептидной связью</p>
<p>Вторичная</p> 	<p>Спирально закрученная белковая цепочка. Завитки спирали удерживаются водородными связями между CO- и NH-группами, расположенными на соседних витках</p>
<p>Третичная</p> 	<p>Возникает вследствие закручивания вторичной структуры в клубок (глобулу). Клубок удерживается гидрофобными, ионными и водородными взаимодействиями</p>
<p>Четвертичная</p> 	<p>Формируется несколькими глобулами белка. Устойчивую конфигурацию образуют гидрофобные, электростатические и водородные связи</p>

## ■ Нарушение природной структуры белка

Под влиянием различных физико-химических факторов (действие концентрированных кислот и щелочей, тяжелых металлов, высокой температуры и т. п.) структура и свойства белков могут изменяться. Процесс нарушения природной структуры белка или разворачивание полипептидной цепи без разрушения пептидных связей называется **денатурацией**.

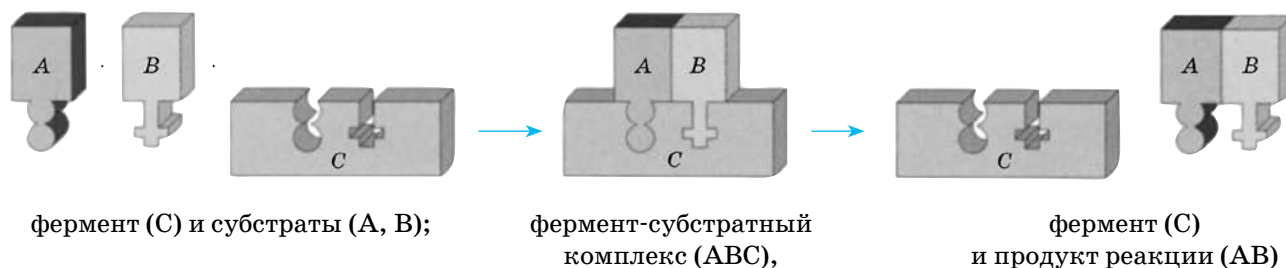
Денатурация имеет необратимый характер. Однако на первых стадиях, при условии прекращения действия отрицательных факторов, белок может восстанавливать свое нормальное состояние (**ренатурация**).

Процесс разрушения первичной структуры белков всегда необратим, он называется **деструкцией**.

## ■ Функции белков

Функция	Характеристика
Ферментативная (биокатализ)	Ферменты обеспечивают течение химических реакций в клетке при низких температурах, невысоком давлении и очень маленьких концентрациях
Строительная (структурная)	Основной строительный материал клетки (мембран, органоидов)
Защитная	Белки-антитела способны «различать» и уничтожать болезнетворные микроорганизмы. Белки-гистоны защищают молекулы ДНК от повреждений. Белковые факторы свертывания крови защищают организм от кровопотерь
Регуляторная (гуморальная, гормональная)	Наряду с нервной системой гормоны белковой природы руководят работой различных органов и всего организма через систему химических реакций
Сигнальная	Отдельные белки клеточных мембран осуществляют прием сигналов и передачу их внутрь клетки
Сократительная (двигательная)	Все виды движений вырабатываются особыми видами сократительных белков
Транспортная	Транспортные белки крови переносят кислород и органические вещества
Энергетическая	При окислении 1 г белка освобождается 17,2 кДж энергии

## ■ Схема ферментативной реакции



## НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

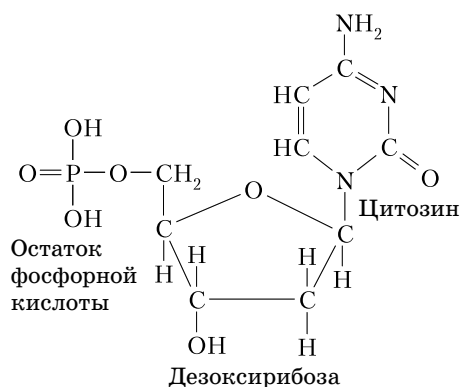
В 1868 г. швейцарский врач И. Ф. Мишер обнаружил в ядрах лейкоцитов, входящих в состав гноя, вещества кислотной природы, которые он назвал **нуклеиновыми**

**кислотами** (от лат. *nucleus* — ядро). Со временем нуклеиновые кислоты были обнаружены во всех растительных и животных клетках, вирусах, бактериях и грибах.

**Нуклеиновые кислоты** — сложные высокомолекулярные биополимеры, мономерами которых яв-

ляются нуклеотиды. Молекула нуклеотида состоит из трех частей.

### ■ Строение нуклеотида

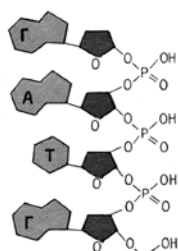


Молекула нуклеотида состоит из трех частей — азотистого основания, моносахарида (пентозы) и остатка фосфорной кислоты. Участвуют в биосинтезе белка

В зависимости от вида пентозы в составе нуклеотида различают **дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК)**, в состав которых входят остатки дезоксирибозы, и **рибонуклеиновые кислоты (РНК)**, содержащие остатки рибозы.

В молекулах ДНК и РНК есть остатки азотистых оснований: аденина (А), гуанина (Г), цитозина (Ц). Кроме того, в состав ДНК входит остаток тимина (Т), а РНК — урацила (В). Три типа азотистых оснований у ДНК и РНК общие, а четвертыми они отличаются

### ■ Строение молекулы нуклеиновой кислоты



Отдельные нуклеотиды соединяются между собой в цепь за счет особых «мостиков», возникающих между остатками пентоз двух соседних нуклеотидов при участии остатков фосфорной кислоты.

Нуклеиновым кислотам присуща первичная структура — определенная последовательность размещения нуклеотидов, а также более сложное пространственное строение, которое формируется за счет водородных связей.

### ■ Виды нуклеиновых кислот



Рибонуклеиновая кислота

Виды РНК	Информационная (иРНК)	Представляет собой копию определенного участка молекулы ДНК и переносит генетическую информацию от ДНК к месту синтеза полипептидной цепи. Молекула нестабильная и быстро распадается на нуклеотиды
	Транспортная (тРНК)	Присоединяет аминокислоты, транспортирует их к месту синтеза белковых молекул. Каждая из аминокислот транспортируется своей тРНК. Имеет постоянную вторичную структуру в форме листа клевера
	Рибосомальная (рРНК)	Взаимодействуя с рибосомальными белками, обеспечивает определенное пространственное расположение иРНК и тРНК на рибосоме, выполняя структурную функцию

Дезоксирибонуклеиновая кислота

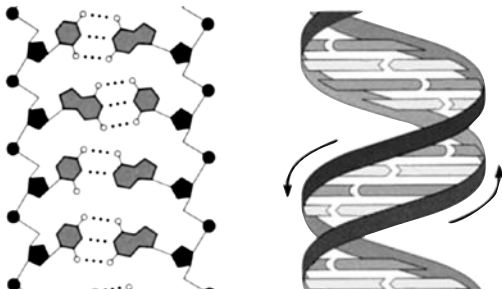
В 1953 г. английские ученые Дж. Уотсон и Ф. Крик предложили модель пространственной структуры ДНК. Они показали, что ДНК состоит из двух полинуклеотидных цепей, спирально закрученных одна вокруг другой. Двойная спираль стабилизирована водородными связями между азотистыми основаниями разных цепей так, что против аденина одной цепи всегда стоит тимин другой, а гуанина — цитозин. Многократное повторение этих связей придает большую устойчивость двойной спирали ДНК. При определенных условиях (действие кислот, щелочей, нагревание и т. п.) происходит **денатурация** ДНК — разрыв водородных связей между комплементарными азотистыми основаниями. Денатурированная ДНК может восстановить двуспиральное строение благодаря установлению водородных связей между комплементарными нуклеотидами — этот процесс называется **ренатурацией**.



Джеймс Уотсон (р. 1928)



Френсис Крик (1916—2004)



Пространственная структура ДНК

Четкое соответствие нуклеотидов в двух цепях ДНК называется **комплементарностью** (от лат. *комплементум* — дополнение). Расстояние между соседними азотистыми основаниями составляет 0,34 нм, шаг спирали содержит 10 пар оснований и равен 3,4 нм, а ее диаметр — около 2 нм.

## ■ Репликация ДНК

Принцип комплементарности ДНК к репликации — самоудвоению. лежит в основе способности молеку-

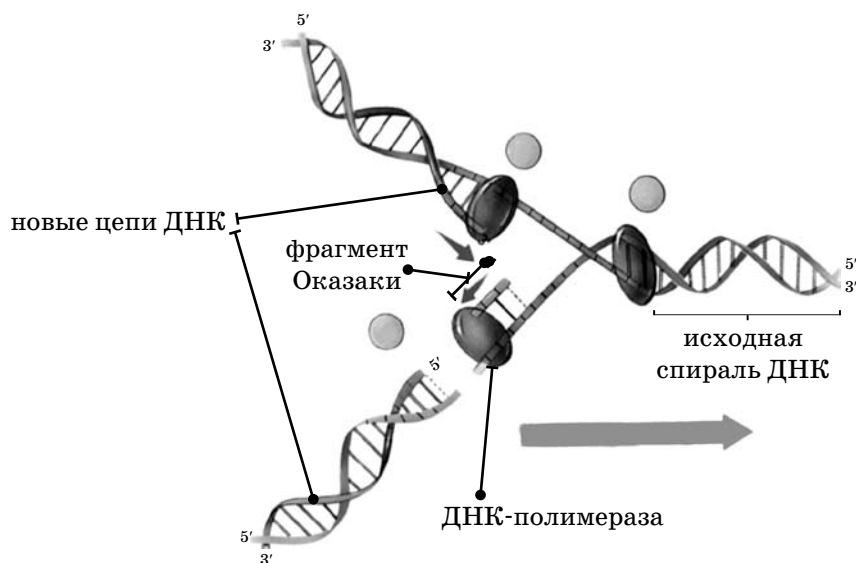
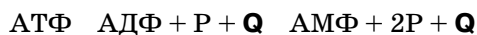
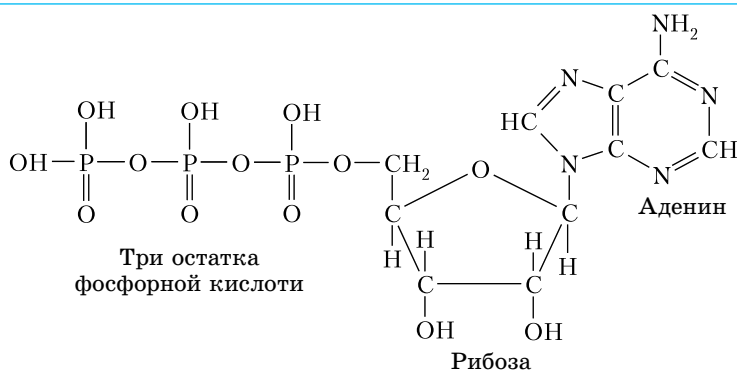


Схема репликации ДНК

## ■ Аденозинтрифосфорная кислота



**Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)** — нуклеотид, в состав которого входит азотистое основание аденин, углевод рибоза и три остатка фосфорной кислоты. Молекула АТФ является универсальным химическим аккумулятором энергии в клетках. Остатки фосфорной кислоты связаны **макроэргическими связями**. Когда от АТФ отщепляется один остаток фосфорной кислоты, образуется АДФ — аденозиндифосфорная кислота и выделяется 40 кДж энергии



# РАЗДЕЛ II. КЛЕТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

## Тема 1. Клетка

### ЦИТОЛОГИЯ — НАУКА О СТРОЕНИИ И ФУНКЦИЯХ КЛЕТКИ

**Клетка** — структурно-функциональная единица живого организма. Это элементарная живая система, которая способна к самовоспроизведению. Клетка лежит в основе строения и развития всех организмов, это наименьшая часть организма, наделенная его признаками. Клетки живых организмов отличаются по форме, размерам, особенностям организации и функциям. Размеры большинства клеток от 10 до 100 мкм. Клетки, из которых состоят разные организмы, не идентичны, но все они образованы по одному принципу, что свидетельствует об общности происхождения живых организмов.

### ■ История изучения клетки

Год	Ученый	Вклад в развитие науки
1665	Г. Гук	Обнаружена клеточная структура пробковой ткани, введено понятие «клетка»
1674—1676	А. Левенгук	Открыты бактерии и простейшие, описаны пластиды (хроматофоры), эритроциты, сперматозоиды и разнообразные микроструктуры растений и животных
1827	К. Бер	Открыты яйцеклетки млекопитающих
1831	Г. Броун	Открыто клеточное ядро. Описано ядро растительной клетки
1839	Т. Шванн, Г. Шлейден	Сформулированы основы клеточной теории
1858	Г. Вирхов	Сформулировано положение «каждая клетка — из клетки»
1868	И. Ф. Мишер	Открыты нуклеиновые кислоты
1871	Н. Н. Любавин	Установлено, что белки состоят из аминокислот
1878	В. Флеминг	Открыто митотическое деление животных клеток
1892	Д. И. Ивановский	Открыты вирусы
1898	В. И. Беляев	Описан механизм мейоза и митоза у растений
1944	О. Эвери	Доказана генетическая роль ДНК как носителя наследственной информации
1953	Дж. Уотсон, Ф. Крик	Создана модель пространственной структуры ДНК, , схема репликации ДНК

## ■ Основные положения клеточной теории

**Клеточная теория** — учение о клетках, как образованиях, которые составляют основу строения организмов животных и растений, то есть общность клеточного строения в живой природе.

Немецкий биолог Т. Шванн в 1839 г. сформулировал основные положения клеточной теории:

- все живые организмы состоят из клеток;
- клетки животных и растений сходны по строению и химическому составу.

В 1858 г. немецкий патолог Р. Вирхов доказал:

- каждая клетка происходит от клетки;
- вне клеток нет жизни.

Эстонский ученый К. Бэр в 1827 г. открыл яйцеклетку млекопитающих и доказал, что многоклеточные организмы начинают свое развитие с одной клетки — оплодотворенной яйцеклетки (зиготы):

- клетка — не только единица строения, но и единица развития живых организмов.

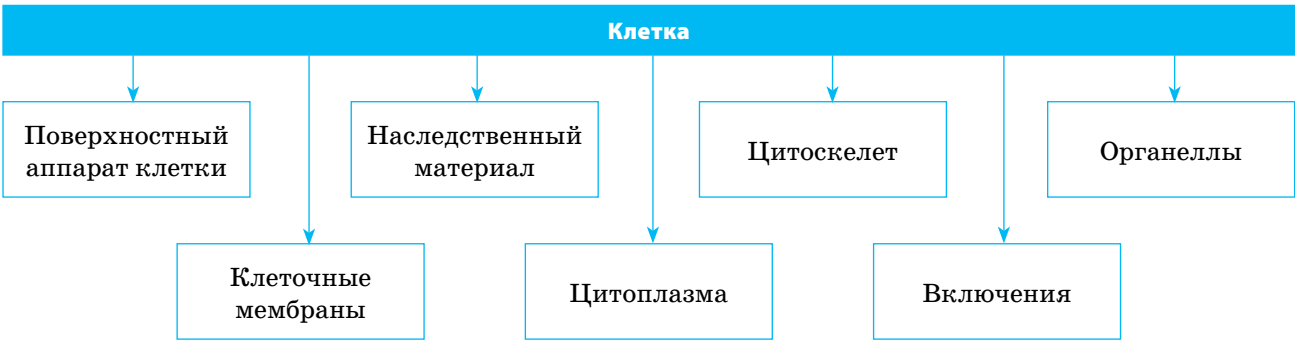
Положения современной клеточной теории:

- клетка — элементарная единица строения и развития всех живых организмов;
- клетки всех одноклеточных и многоклеточных организмов сходны по происхождению (гомологичны), строению, химическому составу, основным процессам жизнедеятельности;
- каждая новая клетка образуется исключительно вследствие размножения материнской путем деления;
- у многоклеточных организмов, развивающихся из одной клетки — зиготы, споры — различные типы клеток, формируются путем их специализации на протяжении индивидуального развития особи и образуют ткани;
- из тканей формируются органы, которые тесно связаны между собой и подчинены нейрогуморальным и иммунным системам регуляции.

## ■ Методы цитологических исследований

Метод	Сущность метода
Световая микроскопия	Прохождение лучей света через объект исследований. Увеличение в 2—3 тысячи раз. Изучение общего плана строения клетки и ее органелл, размеры которых меньше 200 нм. Применение красителей, которые избирательно окрашивают отдельные органеллы или их компоненты. Метод прижизненного изучения клеток позволяет изучить определенные процессы жизнедеятельности клеток
Электронная микроскопия	Прохождение потока электронов через объект. Изучение строения клетки и её органелл под увеличением от 500 тыс. раз и более. Метод растровой (сканирующей) электронной микроскопии позволяет провести изучение структуры поверхности клеток, отдельных органелл. Поток электронов при этом не проходит через объект исследования, а отражается от его поверхности
Метод меченых атомов	Введение в клетку веществ с радиоактивными изотопами. Метод позволяет проследить за миграцией веществ в клетке, их превращениями, обнаружить локализацию и характер биохимических процессов

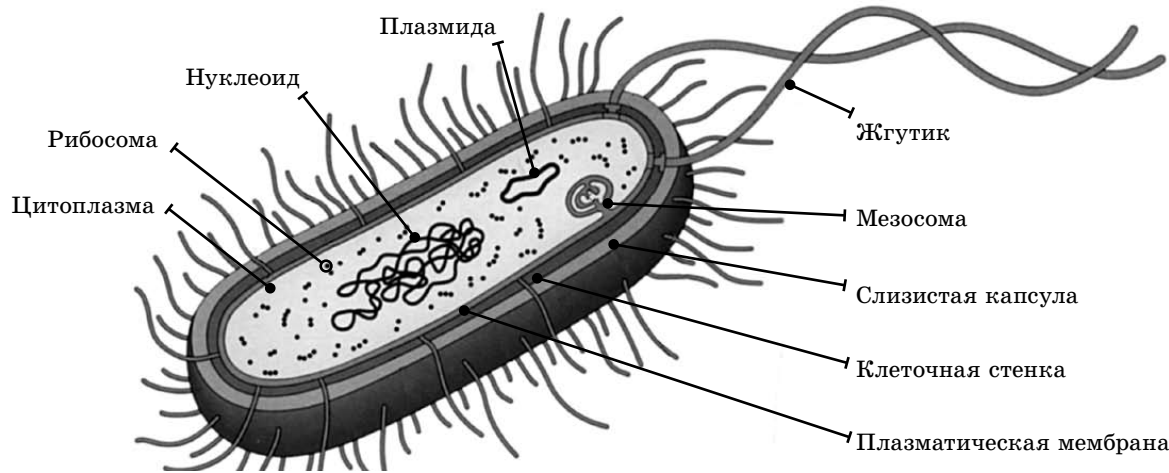
■ **Строение клеток прокариот и эукариот**



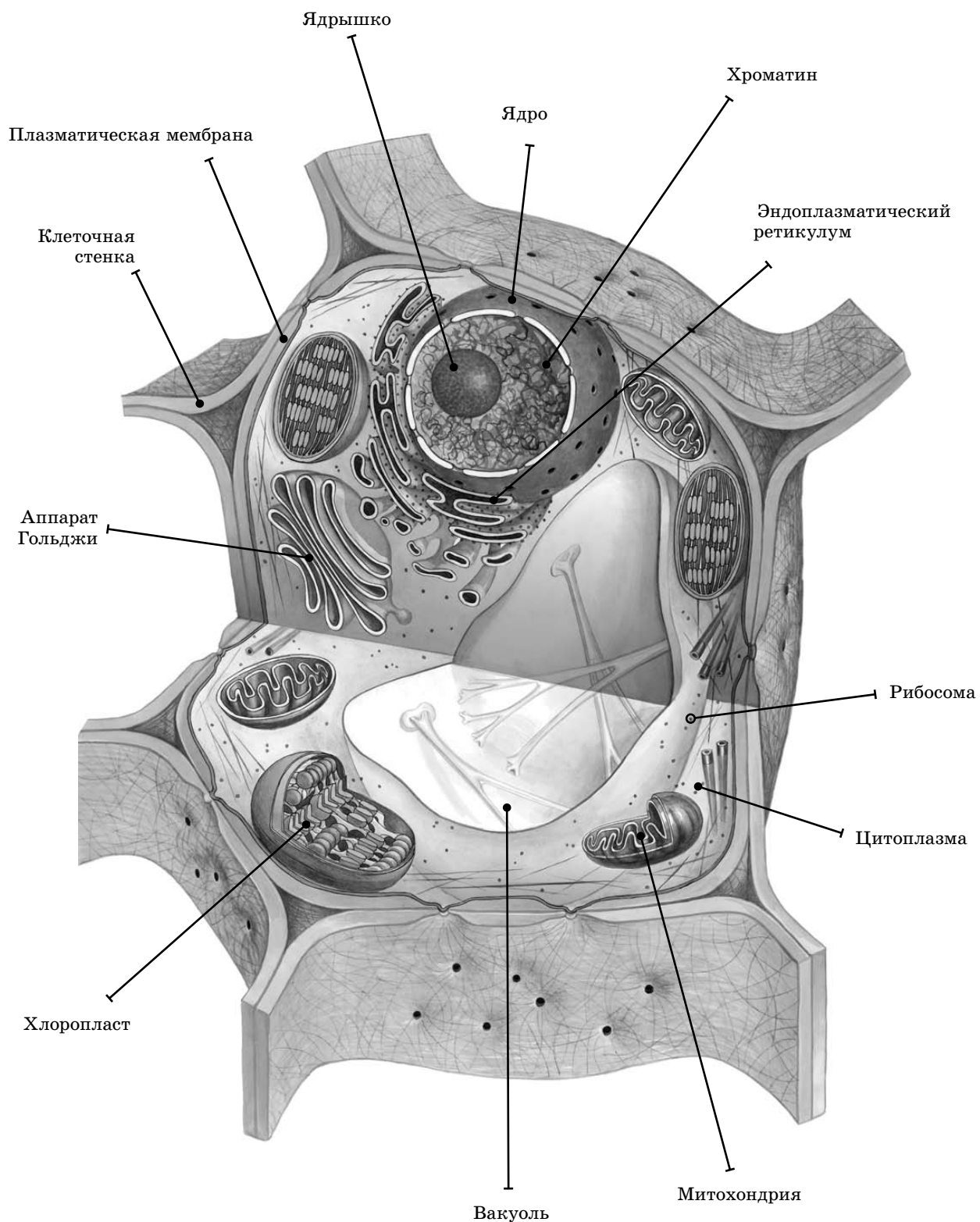
■ **Сравнение эукариотических и прокариотических клеток**

Структура	Эукариотическая клетка	Прокариотическая клетка
Клеточная стенка	+ (у растений)	+
Клеточная мембрана	+	+
Ядро	+ (окружено мембраной)	нуклеоид, мембраной не окружен
Эндоплазматическая сеть	+	—
Рибосомы	+	+
Комплекс Гольджи	+	—
Лизосомы	+ (у многих)	—
Митохондрии	+	—
Вакуоли	Обязательные у растений, есть у некоторых животных	отсутствуют
Реснички, жгутики	+ (у всех организмов, кроме высших растений)	+ (у некоторых бактерий)

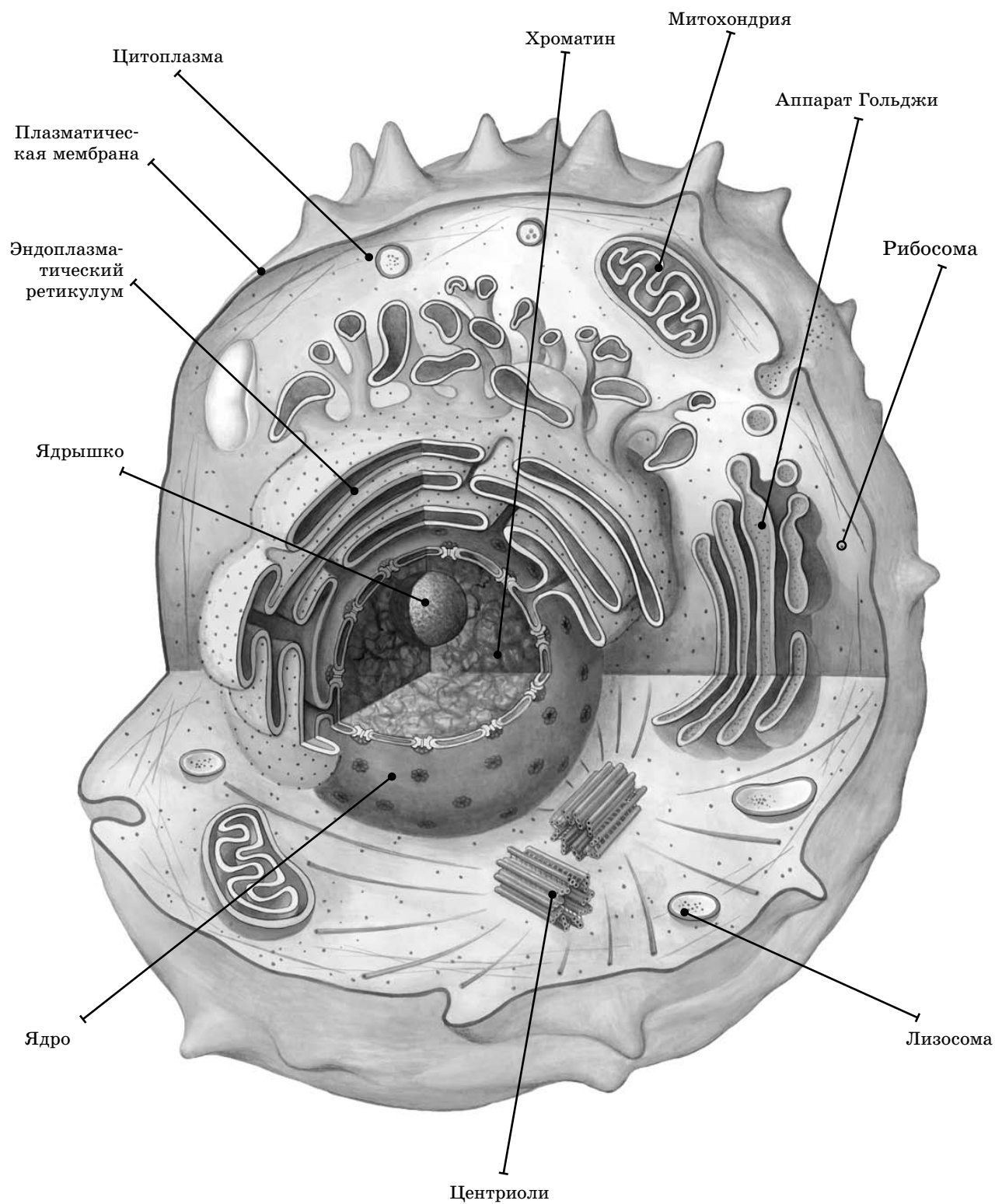
■ **Строение бактериальной клетки**



## ■ Строение растительной клетки



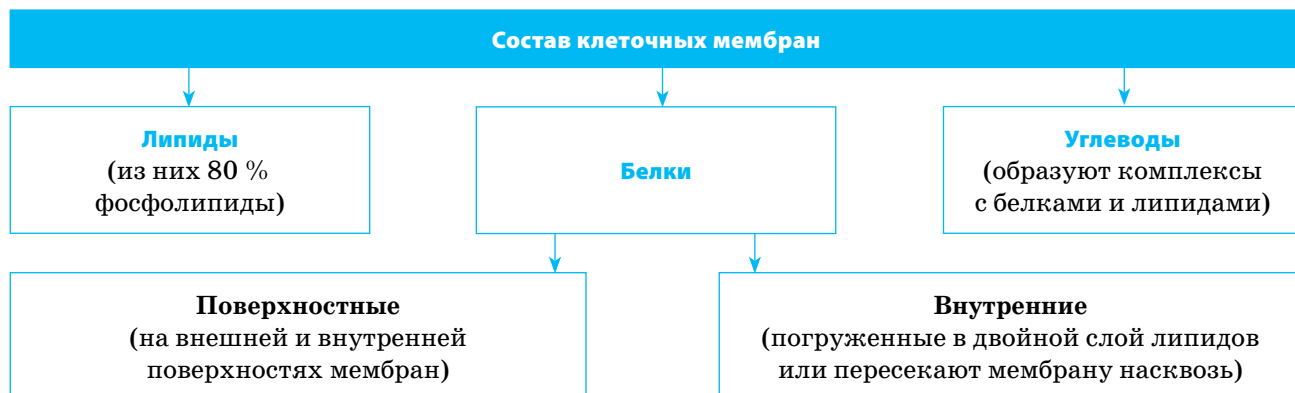
## ■ Строение животной клетки



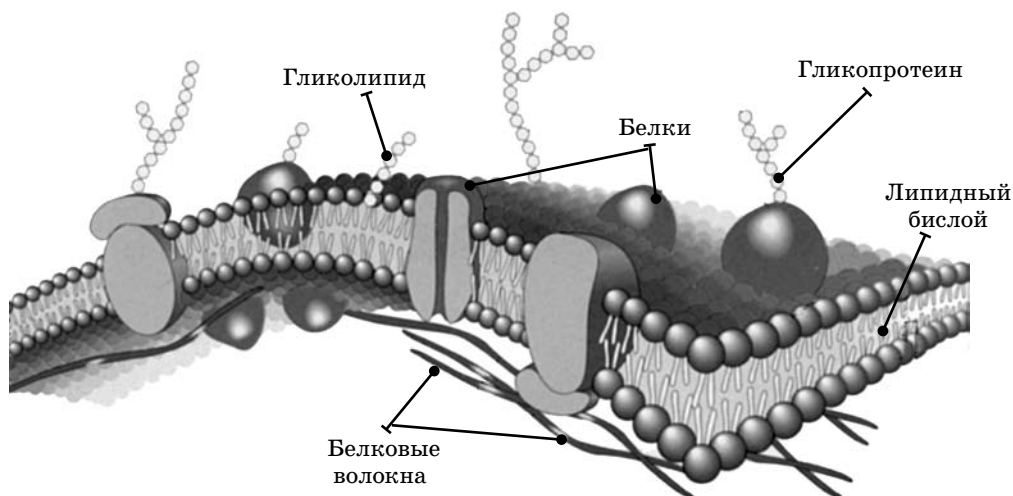


## КЛЕТОЧНЫЕ МЕМБРАНЫ

### ■ Химический состав клеточных мембран



### ■ Жидкостно-мозаичная модель клеточных мембран



Молекулы липидов расположены в виде двойного слоя, их полярные гидрофильные «головки» обраще-

ны к внешней и внутренней сторонам мембран, а гидрофобные неполярные «хвосты» — внутрь.

### ■ Функции клеточных мембран

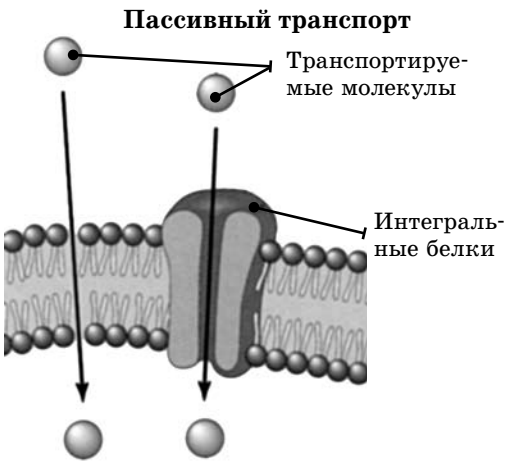
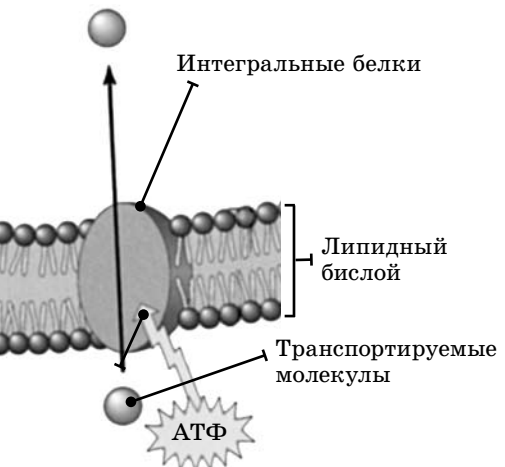
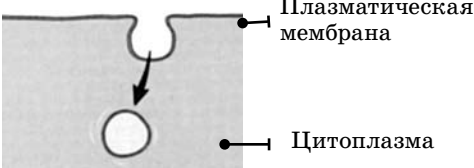
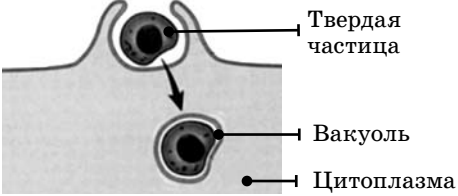
Обеспечивают связь клеток между собой и окружающей средой

Разделяют внутреннюю среду клетки на отсеки — компартменты

На их поверхности располагаются клеточные структуры: рибосомы, ферменты, пигменты и др.

В биологических мембранах происходят процессы, связанные с восприятием и передачей информации, формированием и передачей возбуждения, превращением энергии и др.

■ **Транспорт веществ через клеточную мембрану**

Вид транспорта	Характеристика
<p><b>Пассивный транспорт</b></p>  <p>Транспортируемые молекулы</p> <p>Интегральные белки</p>	<p><b>Пассивный транспорт</b> происходит благодаря разнице концентраций веществ с обеих сторон мембраны: вещества проникают в клетку через определенные участки или поры без затрат энергии</p>
<p><b>Активный транспорт</b></p>  <p>Интегральные белки</p> <p>Липидный бислой</p> <p>Транспортируемые молекулы</p> <p>АТФ</p>	<p><b>Активный транспорт</b> веществ, связан с затратами энергии. Ее источником могут быть либо энергия, освобождающаяся при расщеплении молекул АТФ, либо разница концентрации ионов, возникающая по обе стороны мембраны. Вещества перемещаются с участием подвижных белков-переносчиков или за счет изменения конфигурации внутренних белков</p>
<p><b>Эндо- и экзоцитоз</b></p>  <p>Плазматическая мембрана</p> <p>Цитоплазма</p> <p><b>Фагоцитоз</b></p>  <p>Твердая частица</p> <p>Вакуоль</p> <p>Цитоплазма</p> <p><b>Пиноцитоз</b></p>	<p>Способность поглощать (<b>эндоцитоз</b>) или выводить (<b>экзоцитоз</b>) наружу большие молекулы или частицы, которые состоят из многих молекул. Разновидностями эндоцитоза являются фагоцитоз и пиноцитоз.</p> <p><b>Фагоцитоз</b> — активное поглощение микроскопических твердых объектов.</p> <p><b>Пиноцитоз</b> — захватывание и поглощение клеткой жидкостей вместе с растворенными в них соединениями</p>

## ■ Функции плазматической мембраны

Функция	Характеристика
Ограничивает цитоплазму, определяет размеры и форму клетки	Крепкая и эластичная
Ферментативная	В мембране расположены некоторые ферменты
Сигнальная	Обеспечивает раздражимость: белки мембраны под действием раздражителей из окружающей среды могут изменять свою пространственную структуру и таким образом передают сигнал в клетку
Транспортная	Перемещение веществ в клетку или из нее
Обеспечивает межклеточные контакты	Мембраны животных клеток способны образовывать складки или выросты в местах их соединения. Это обеспечивает исключительную прочность. Растительные клетки соединяются между собой с помощью межклеточных канальцев, заполненных цитоплазмой

## ■ Строение надмембранного комплекса

Царство органического мира	Надмембранный комплекс
Растения	Клеточная стенка, состоящая из целлюлозы. Это каркас клетки
Животные	Внешний слой — гликокаликс — очень тонкий и эластичный, состоит из полисахаридов и белков
Грибы	Клеточная стенка, состоящая из хитина, гликогена, белков
Дробянки	Твердая клеточная стенка, состоящая из муреина, фосфолипидов, белков

## ■ Подмембранный комплекс

К подмембранным комплексам клеток относятся **пелликула** и белковые образования (**микротрубочки** и **микрофиламенты**), составляющие опору клеток (**цитоскелет**).

Элементы цитоскелета выполняют опорную функцию, способствуют закреплению органелл в определенном положении, а также их перемещению в клетке.

## ЯДРО

**Ядро** — часть эукариотических клеток, которая содержит носители генетической информации. Не-

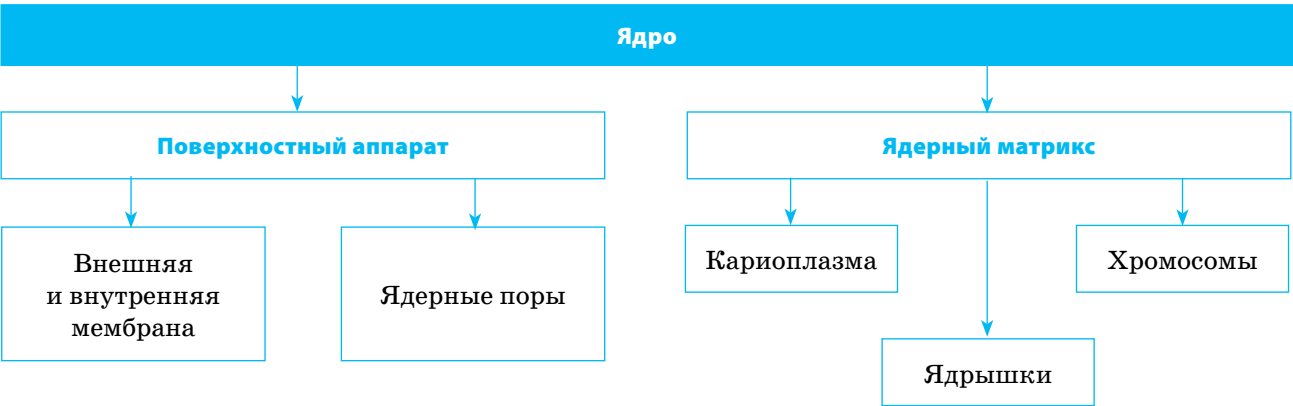
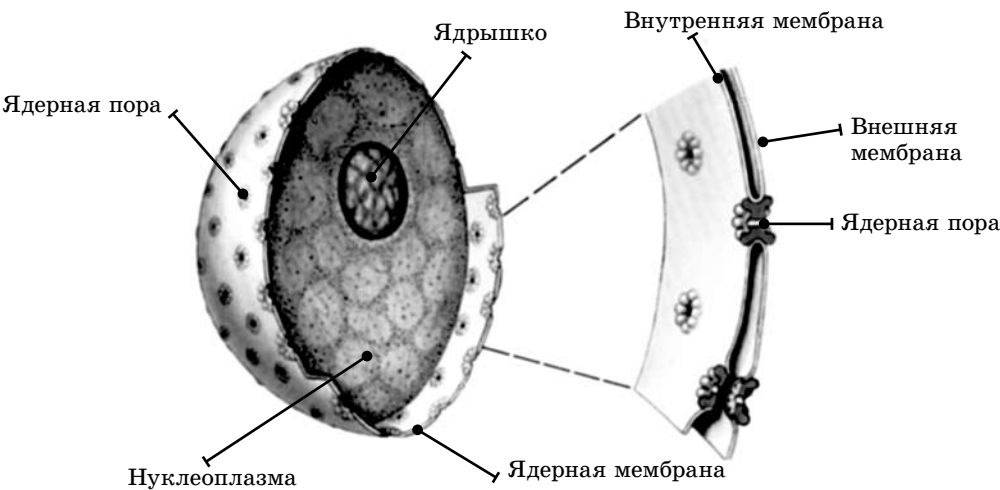
которые клетки многоклеточных эукариот утратили ядро, например эритроциты млекопитающих.

## ■ Функции ядра

1. Сохраняет наследственную информацию и во время деления передает ее дочерним клеткам
2. Регулирует биохимические, физиологические и морфологические процессы в клетке



■ **Строение ядра**



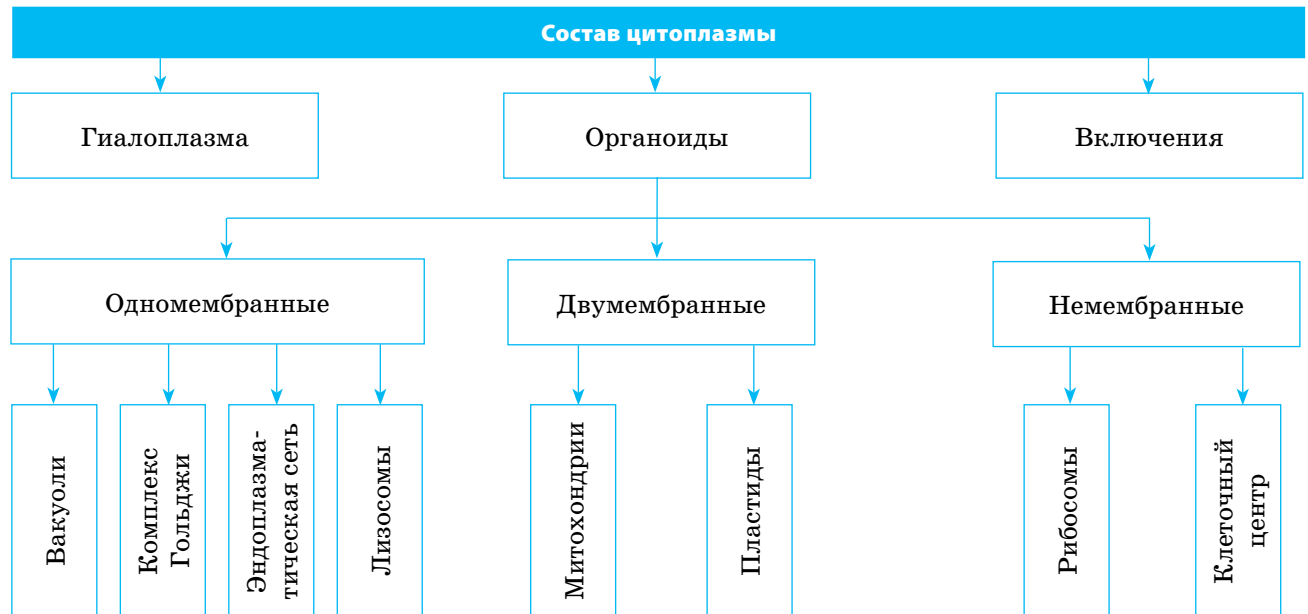
■ **Строение и функции структурных элементов ядра**

Структура	Строение	Функции
Поверхностный аппарат	Состоит из двух мембран. Внешняя ядерная мембрана соединяется с внутренней вокруг отверстий — <b>ядерных пор</b> , прикрытых особыми тельцами	1. Отмежевывает ядро от цитоплазмы. 2. Осуществляет обмен веществами между ядром и цитоплазмой
Кариоплазма	По составу и свойствам напоминает цитоплазму	Внутренняя среда
Ядрышки	Плотные структуры, состоящие из рибонуклеопротеидных фибрилл	Принимают участие в формировании рибосом
Хромосомы	Основу составляет двуцепочная молекула ДНК, связанная с ядерными белками и образующая нуклеопротейды. Каждая хромосома состоит из двух продольных частей — <b>хроматид</b> . Обе хроматиды соединяются между собой в зоне <b>первичной перетяжки</b> , разделяющей хромосому на участки — плечи. Некоторые хромосомы имеют и <b>вторичные перетяжки</b>	Хранят наследственную информацию, которая передается из поколения в поколение

## ■ Состав цитоплазмы

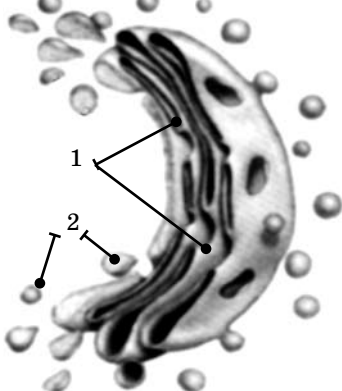
**Цитоплазма** — внутреннее жидкое содержимое клетки, в котором


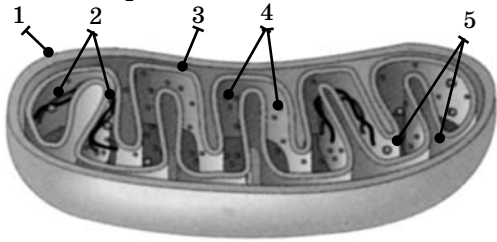
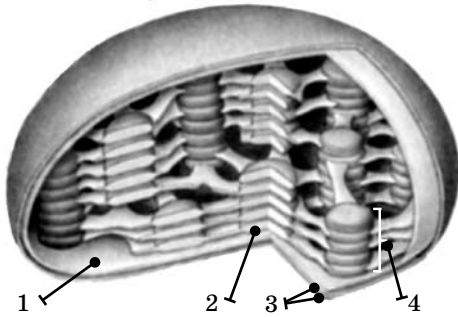
располагаются и функционируют клеточные органоиды.



## ■ Строение и функции цитоплазмы и органоидов

Структура	Строение	Функции
<b>Гиалоплазма</b>	Прозрачный раствор органических и неорганических соединений в воде. Находится в состояниях золя и геля. Содержит 75—78 % воды, 10—12 % белков, 4—6 % углеводов, 2—3 % липидов, 10 % неорганических веществ	1. Объединяет все клетки структуры и обеспечивает их взаимодействие. 2. Выполняет транспортную функцию
<b>Включения</b>	Непостоянные структуры, возникающие и исчезающие в процессе жизнедеятельности клетки. Могут быть в твердом или жидком состоянии, имеют вид кристаллов (соли), зерен (белки, полисахариды) или капель (жиры)	Запасные вещества

Структура	Строение	Функции
Органоиды		
1. Одномембранные		
<p><b>Эндоплазматическая сеть (ЭПС)</b></p>  <p>1 — мембрана ЭПС, 2 — рибосомы, 3 — полость ЭПС</p>	<p>Мембранная система полостей, канальцев, цистерн, соединенных между собой и с плазматической мембраной. Пронизывает всю клетку.</p> <p><b>Незернистая ЭПС</b> (гладкая) состоит только из мембран.</p> <p><b>Зернистая ЭПС</b> (шероховатая, гранулированная), к мембранам прикреплены рибосомы</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Осуществляет реакции, связанные с синтезом белков (гранулированная), углеводов, жиров (гладкая).</li> <li>2. Способствует переносу и циркуляции питательных веществ в клетке.</li> <li>3. Обезвреживает токсичные вещества.</li> <li>4. Формирует ядерную мембрану</li> </ol>
<p><b>Комплекс Гольджи</b></p>  <p>1 — цистерны, 2 — секреторные пузырьки</p>	<p>Состоит из ограниченных мембранами полостей, а также трубочек с пузырьками на конце</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Накапливает и выводит вещества, синтезирующиеся в эндоплазматической сети.</li> <li>2. Образует лизосомы.</li> <li>3. Синтезирует некоторые полисахариды.</li> <li>4. Принимает участие в строительстве плазматической мембраны и других клеточных мембран (например, формирует сократительные вакуоли)</li> </ol>
<p><b>Лизосомы</b></p>  <p>1 — пиноцитоз, 2 — фагоцитоз, 3 — образование лизосом, 4 — изливание лизосомальных ферментов в пино- и фагоцитозные вакуоли</p>	<p>Округлые тельца, содержащие комплекс ферментов.</p> <p><b>Первичные лизосомы</b> формируются при участии комплекса Гольджи. <b>Вторичные</b> (пищеварительные вакуоли) образуются из первичных.</p> <p><b>Аутолизосомы</b> уничтожают дефектные органоиды, мертвые клетки и др.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Пищеварительная функция — расщепляют органические соединения.</li> <li>2. Удаляют отмершие органоиды, клетки</li> </ol>

Структура	Строение	Функции
<p><b>Вакуоли:</b> пищеварительные, сократительные, заполненные соком</p> 	<p>Полости в гиалоплазме, отделенные мембраной и заполненные жидкостью</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Пищеварительная функция.</li> <li>2. Регуляция осмотического давления в клетке.</li> <li>3. Запасающая функция (запас жидкости, пигментов и др.)</li> </ol>
2. Двумембранные		
<p><b>Митохондрии</b></p>  <p>1 — внешняя мембрана, 2 — ДНК, 3 — внутренняя мембрана, 4 — рибосомы, 5 — кристы</p>	<p>Имеют сферическую, нитевидную, овальную и прочие формы. От цитоплазмы отделены двойной мембраной, через которую проникает много соединений. Внутренний слой мембраны образует многочисленные складки — кристы, на которых расположены ферменты дыхательной цепи</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Энергетическая функция — этапы энергетического обмена и синтез АТФ.</li> <li>2. Синтез собственных белков, РНК и ДНК</li> </ol>
<p><b>Пластиды (только у растений)</b> <b>Хлоропласты</b></p>  <p>1 — строма, 2 — тилакоид, 3 — двойная мембрана, 4 — грана</p>	<p>Имеют зеленый цвет, овальную форму. Мембрана двойная, внутренний слой мембраны образует складки, направленные внутрь стромы — ламеллы и тилакоиды. Ламеллы имеют вид плоских удлиненных складок, тилакоиды — плоских дискообразных мешочков. Тилакоиды собраны в скопления — грана. Молекулы хлорофилла вмонтированы в мембраны тилакоидов</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Использование световой энергии и создание органических веществ из неорганических (фотосинтез)</li> <li>2. Играют определенную роль (имея свою ДНК) в передаче наследственных признаков</li> </ol>
<p><b>Хромопласты</b></p>	<p>Желтые, оранжевые, красные или бурые, содержат пигменты каротиноиды</p>	<p>Придание разным частям растения красной и желтой окраски</p>
<p><b>Лейкопласты</b></p>	<p>Бесцветные пластиды сферической формы</p>	<p>Накопление запасных питательных веществ (крахмала, жиров, белков)</p>

Структура	Строение	Функции
<b>3. Немембранные</b>		
<b>Рибосомы</b>  <p>1 — большая субъединица, 2 — малая субъединица</p>	<p>Имеют вид сферических или грибовидных гранул. Состоят из двух неодинаковых по размеру частичек</p>	<p>Синтез белковых молекул из аминокислот</p>
<b>Клеточный центр (центросома) (отсутствует в клетках высших растений)</b> 	<p>Состоит из двух центриолей. Каждая центриоль имеет вид полого цилиндра, в стенку которого заложены девять групп продольных микротрубочек, по три микротрубочки в каждой группе</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Участие в процессе деления клеток, формирование веретена деления.</li> <li>2. При участии центриолей образуются микротрубочки цитоплазмы</li> </ol>
<b>4. Органеллы движения</b>		
<b>Ложноножки (псевдоподии)</b> 	<p>Переход цитоплазмы из состояния золя в состояние геля способствует движению клеток с помощью псевдоподий</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Активное движение</li> <li>2. Питание посредством фагоцитоза</li> </ol>
<b>Жгутики и реснички</b>  <p>1 — микротрубочка, 2 — плазматическая мембрана, 3 — базальное тельце</p>	<p>Тонкие выросты цитоплазмы, покрытые мембраной. В середине содержится сложная структура из микротрубочек</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Активное движение</li> <li>2. Обеспечение и доставка клеткам пищи</li> <li>3. Могут выполнять защитную функцию</li> </ol>

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ КЛЕТКИ

**Жизненный цикл клетки** (клеточный цикл) — это период жизни клетки от одного деления до следующего.

**Интерфаза** — период между делениями, в котором происходят процессы роста, удвоения молекул ДНК, синтеза белков и других органических соединений, деления митохондрий и пластид, разрастания эндоплазматической сети. Интенсивно аккумулируется энергия.

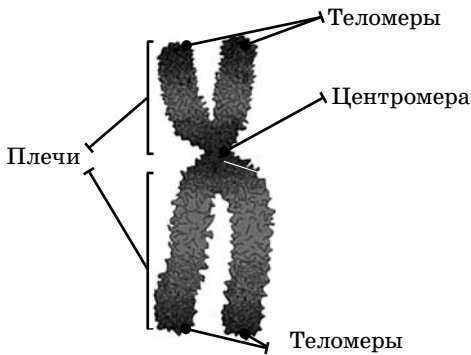
**Митоз** — деление, сопровождающееся спирализацией хромосом и образованием аппарата, обеспечивающего равномерное распределение наследственного материала материнской клетки между двумя дочерними.

**Мейоз** — это особый способ деления клеток, в результате которого количество хромосом уменьшается вдвое и образуются гаплоидные клетки.

■ Сравнение процессов митоза и мейоза

Митоз	Мейоз
Имеют одинаковые фазы деления	
Перед делением происходят спирализация и удвоение молекул ДНК	
Одно деление	Два деления, сменяющие друг друга
В метафазе на экваторе клетки располагаются удвоенные хромосомы	В метафазе на экваторе клетки располагаются пары гомологичных хромосом
Конъюгация хромосом отсутствует	В профазе I гомологичные хромосомы конъюгируют и могут обмениваться участками (кроссинговер)
Между делениями происходит удвоение хромосом	Между первым и вторым делениями нет удвоения хромосом
Формируются две дочерние клетки с диплоидным набором хромосом ( $2n$ )	Формируются четыре клетки с гаплоидным набором хромосом ( $n$ )

■ Особенности строения митотических хромосом



1. В профазе митоза хромосомы спирализуются, сокращаются и утолщаются. Хроматиды отходят друг от друга, оставаясь соединенными только центромерами
2. Метафазные хромосомы имеют X-образную форму, состоят из двух хроматид, концы которых разошлись
3. В анафазе каждая хромосома разделяется на отдельные хроматиды, которые называются дочерними хромосомами. Они имеют вид палочек, согнутых в месте первичной перетяжки



■ Фазы митоза

Фазы	Процессы
<b>Профаза</b> 	<p>Происходит спирализация хромосом, исчезают ядерная оболочка и ядрышко, формируется веретено деления. Появляется сеть микротрубочек</p>
<b>Метафаза</b> 	<p>Завершаются процессы спирализации хромосом и формирования веретена деления. Каждая хромосома прикрепляется центромерой к микротрубочке веретена деления и направляется к центральной части клетки. Центромеры хромосом располагаются на одинаковых расстояниях от полюсов клетки. Хроматиды отделяются друг от друга</p>
<b>Анафаза</b> (самая короткая) 	<p>Происходит деление центромер и расхождение хроматид к разным полюсам клетки. У каждого полюса собирается диплоидный набор хромосом</p>
<b>Телофаза</b> 	<p>Происходит деспирализация хромосом, вокруг скоплений хроматид формируется ядерная оболочка, появляются ядрышки; дочерние ядра принимают вид интерфазных. Цитоплазма материнской клетки делится. Образуются две дочерние клетки</p>
<b>Дочерние клетки</b> 	<p>Образуются две дочерние клетки с диплоидным набором хромосом</p>

Биологическое значение митоза заключается в том, что он обеспечивает постоянность числа хромосом

во всех клетках организма, вследствие чего все они имеют одну и ту же генетическую информацию.

## ■ Фази мейоза

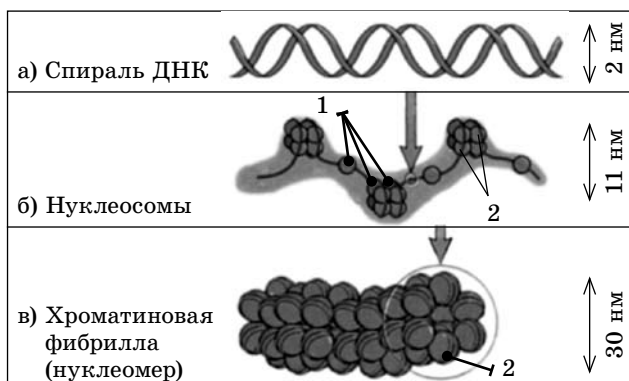
Фаза	Процессы
Первое деление	
<b>Профаза I</b> 	Начинается спирализация хромосом, однако хроматиды каждой из них не разделяются. Гомологичные хромосомы сближаются, образуя пары — имеет место конъюгация. Во время конъюгации может наблюдаться процесс кроссинговера, во время которого гомологичные хромосомы обмениваются определенными участками. Вследствие кроссинговера образуются новые комбинации различных состояний определенных генов. Через определенное время гомологичные хромосомы начинают отходить друг от друга. Исчезают ядрышки, разрушается ядерная оболочка и начинается формирование веретена деления
<b>Метафаза I</b> 	Нити веретена деления прикрепляются к центромерам гомологичных хромосом, лежащих не в плоскости экваториальной пластинки, а по обе стороны от нее
<b>Анафаза I</b> 	Гомологичные хромосомы отделяются друг от друга и двигаются к противоположным полюсам клетки. Центромеры отдельных хромосом не разделяются, и каждая хромосома состоит из двух хроматид. У каждого из полюсов клетки собирается половинный (гаплоидный) набор хромосом
<b>Телофаза I</b> 	Формируется ядерная оболочка. У животных и некоторых растений хромосомы деспирализуются, и осуществляется деление цитоплазмы
<b>Интерфаза</b> 	Вследствие первого деления возникают клетки или только ядра с гаплоидными наборами хромосом. Интерфаза между первым и вторым делениями сокращена, молекулы ДНК в это время не удваиваются

Фаза	Процессы
Второе деление	
<b>Профаза II</b> 	<p>Спирализуются хромосомы, каждая из которых состоит из двух хроматид, исчезают ядрышки, разрушается ядерная оболочка, центриоли перемещаются к полюсам клеток, начинает формироваться веретено деления. Хромосомы приближаются к экваториальной пластинке</p>
<b>Метафаза II</b> 	<p>Завершается спирализация хромосом и формирование веретена деления. Центромеры хромосом располагаются в один ряд вдоль экваториальной пластинки, к ним присоединяются нити веретена деления</p>
<b>Анафаза II</b> 	<p>Делятся центромеры хромосом и хроматиды расходятся к полюсам клетки благодаря укорочению нитей веретена деления</p>
<b>Телофаза II</b> 	<p>Хромосомы деспирализуются, исчезает веретено деления, формируются ядрышки и ядерная оболочка. Происходит деление цитоплазмы</p>
<b>Дочерние клетки</b> 	<p>Образуются четыре клетки с гаплоидным набором хромосом</p>

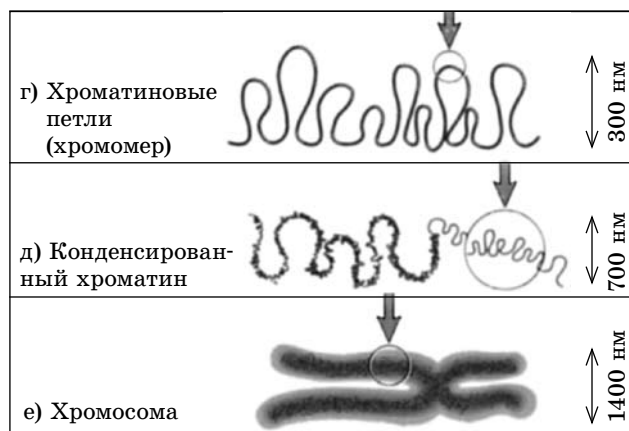
Биологическое значение мейоза заключается в поддержании постоянности хромосомного набора ор-

ганизмов, размножающихся половым путем.

## ■ Уровни структурной организации хромосом



1 — гистоны, 2 — нуклеосома



## ■ Наборы хромосом в клетках

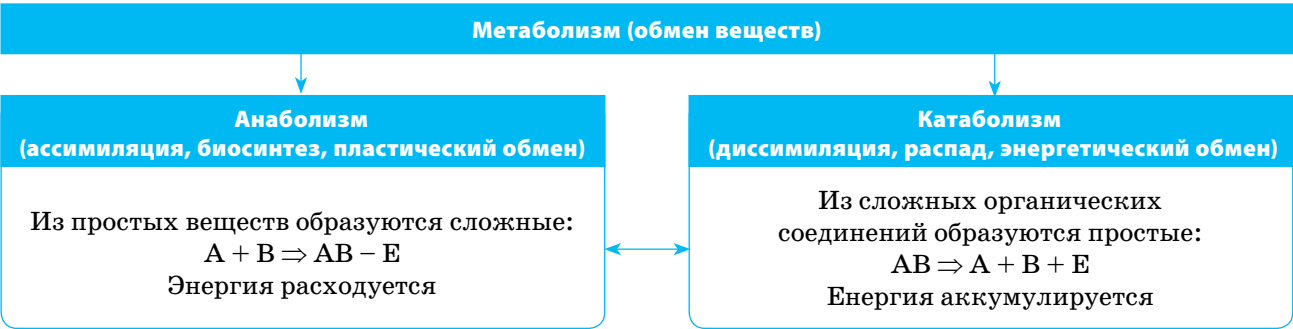
**Кариотип** — совокупность хромосом эукариотической клетки, типичная для данного вида. Хромосомный набор характеризуется количеством, размером и формой хромосом.



ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

■ Обмен веществ

**Обмен веществ (метаболизм)** — поступление в организм питательных веществ из окружающей среды, их превращения и вывод из организма продуктов жизнедеятельности.



■ Типы организмов по источникам энергии и веществ

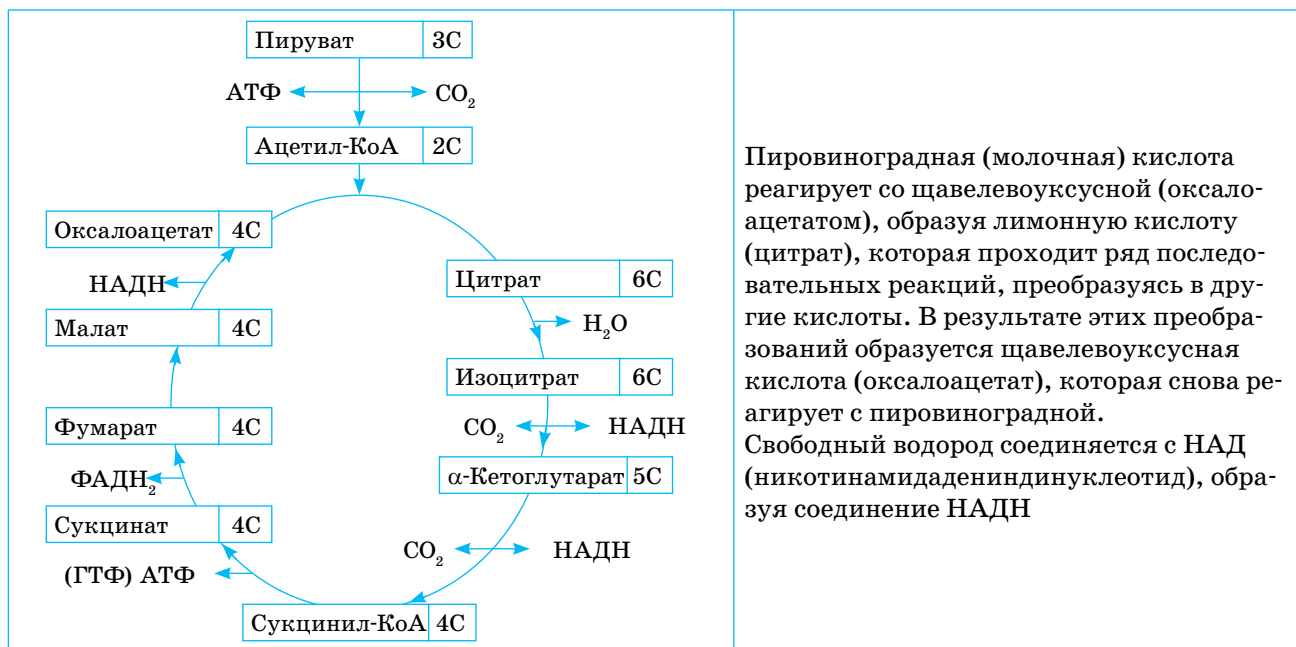


Организмы		По основному источнику энергии	
		Фототрофы	Хемотрофы
По источнику органических веществ	Автотрофы	<b>Фотоавтотрофы</b> (растения, цианобактерии, фотосинтезирующие бактерии)	<b>Хемоавтотрофы</b> (нитрифицирующие бактерии, серобактерии, железобактерии)
	Гетеротрофы	<b>Фотогетеротрофы</b> (пурпурные бактерии)	<b>Хемогетеротрофы</b> (животные, грибы, паразитирующие растения)

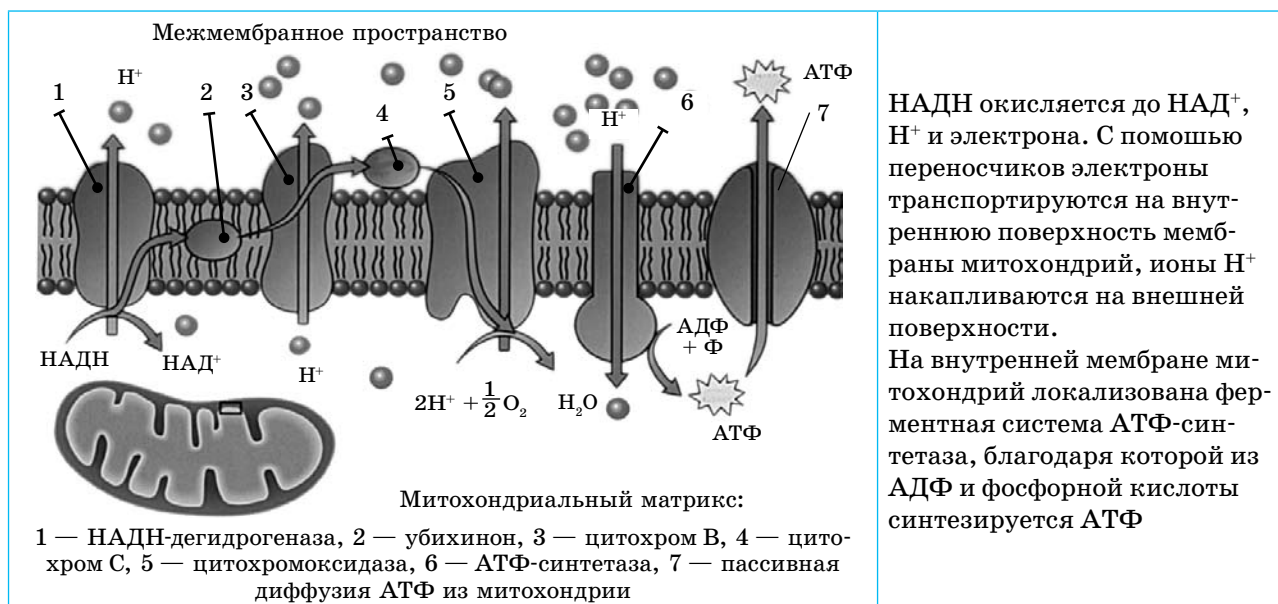
## ■ Этапы энергетического обмена

Этап	Место	Процессы
Подготовительный	Желудочно-кишечный тракт, в цитоплазме клеток	<p>Органические макромолекулы при участии ферментов распадаются на мелкие молекулы:</p> <p><b>белки → аминокислоты</b></p> <p><b>углеводы → глюкоза</b></p> <p><b>жиры → глицерин + жирные кислоты</b></p> <p>Энергия рассеивается в виде тепла</p>
Безкислородный (анаэробный, гликолиз, неполное расщепление)	На внутриклеточных мембранах гиалоплазмы	<p>Гликолиз:</p> $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2\text{п} + 2\text{Ап} \xrightarrow{\text{ЦФУМТФ}} 2\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{АТФ}$ <p style="text-align: center;">глюкоза<span style="margin-left: 150px;">пировиноградная кислота</span></p> <p>Спиртовое брожение: <math>\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2</math></p>
Кислородный (аэробный, тканевое дыхание)	В матриксе митохондрий	<p>Цикл Кребса: суть преобразований состоит в ступенчатом декарбоксилировании и дегидрировании пировиноградной кислоты, во время которых образуются АТФ, НАДН и ФАДН<sub>2</sub>.</p> <p>В последующих реакциях богатые энергией НАДН и ФАДН<sub>2</sub> передают свои электроны в электронно-транспортную цепь, представляющую собой мультиферментативный комплекс внутренней поверхности митохондриальных мембран. Вследствие передвижения электрона по цепи переносчиков образуется АТФ.</p> $2\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 + 6\text{O}_2 + 36\text{Ф} + 36\text{АДФ} \xrightarrow{\text{ЦФУМТФ}} 6\text{CO}_2 + 42\text{H}_2\text{O} + 36\text{АТФ}$
<p>Суммарное уравнение энергетического обмена:</p> $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 38\text{АДФ} + 38\text{Ф} \rightarrow 6\text{CO}_2 + 42\text{H}_2\text{O} + 38\text{АТФ}$		

## ■ Цикл Кребса



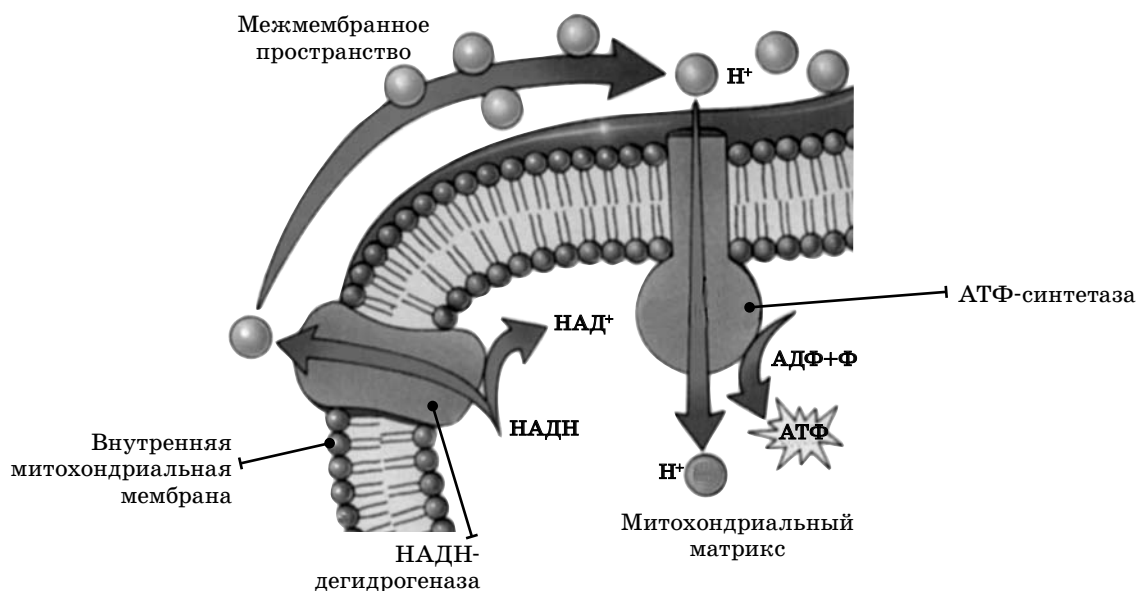
## ■ Электронно-транспортная цепь митохондрий (дыхательная цепь)



## ■ Образование АТФ во время транспорта электронов в электронно-транспортной цепи (хемиосмотическая гипотеза Митчелла)

Для образования АТФ ферментная система АТФ-синтетаза использует разницу электрических потенциалов и концентрации ионов водорода на разных сторонах мембраны, перераспределяя поток Н<sup>+</sup>:

с внешней поверхности мембраны переносит ионы Н<sup>+</sup> на внутреннюю. Во время перенесения электронов от НАДН к О<sub>2</sub> выделяется энергия, необходимая для синтеза трех молекул АТФ.





## ■ Свойства генетического кода и биосинтез белка

**Генетический код** — присущая всем живым организмам единая система сохранения наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот в виде последовательности нуклеотидов.

Генетический код	
1)	триплетный — каждой аминокислоте соответствует тройка нуклеотидов ДНК (РНК) — кодон;
2)	однозначный — один триплет кодирует только одну аминокислоту;
3)	вырожденный — одну аминокислоту могут кодировать несколько разных триплетов;
4)	универсальный — единый для всех организмов, существующих на Земле;
5)	не перекрывается — кодоны считываются друг за другом, с одной определенной точки в одном направлении (один нуклеотид не может входить одновременно в состав двух соседних триплетов);
6)	между генами существуют «разделительные знаки» — участки, не несущие генетической информации, а лишь отделяющие одни гены от других. Их называют спейсерами

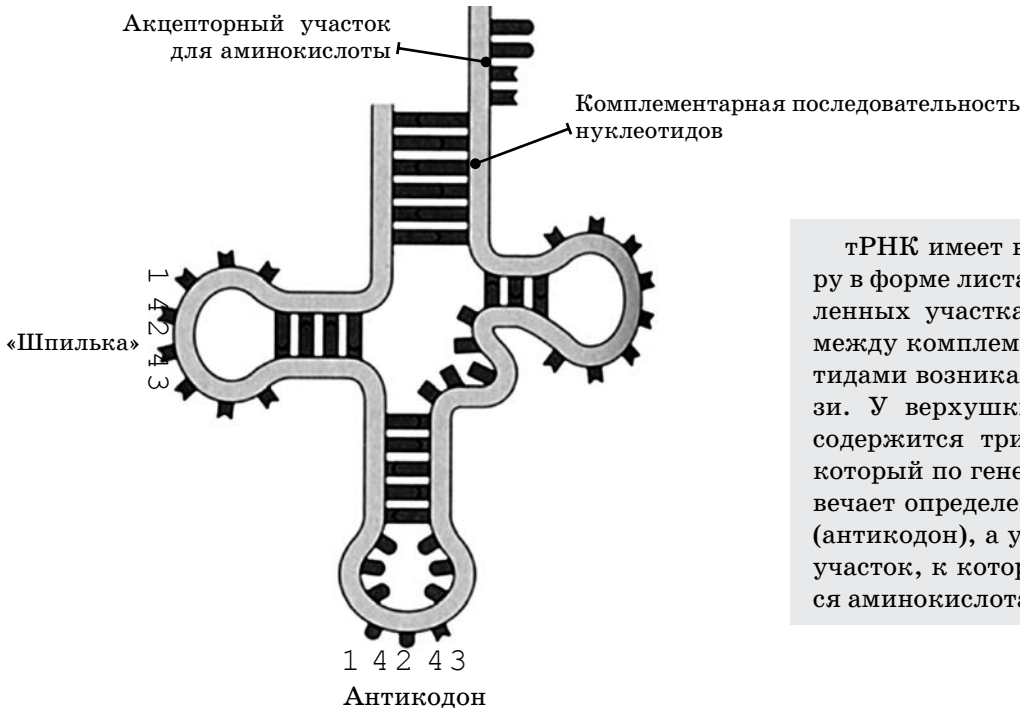
Стоп-кодонами УАА, УАГ, УГА обозначают прекращение синтеза одной полипептидной цепи, триплет АУГ определяет место начала синтеза следующей.

Генетический код											
		Второй нуклеотид									
		У		Ц		А		Г			
Первый нуклеотид	У	УУУ	Фен	УЦУ	Сер	УАУ	Тир	УГУ	Цис	У	Третий нуклеотид
		УУЦ		УЦЦ		УАЦ		УГЦ		Ц	
		УУА	Лей	УЦА		УАА	Стоп*	УГА	Стоп*	А	
		УУГ		УЦГ		УАГ	Стоп*	УГГ	Три	Г	
	Ц	ЦУУ	Лей	ЦЦУ	Про	ЦАУ	Гис	ЦГУ	Арг	У	
		ЦУЦ		ЦЦЦ		ЦАЦ		ЦГЦ		Ц	
		ЦУА		ЦЦА		ЦАА	Глн	ЦГА		А	
		ЦУГ		ЦЦГ		ЦАГ		ЦГГ		Г	
	А	АУУ	Иле	АЦУ	Тре	ААУ	Асн	АГУ	Сер	У	
		АУЦ		АЦЦ		ААЦ		АГЦ		Ц	
		АУА		АЦА		ААА	Лиз	АГА	Арг	А	
		АУГ	Мет	АЦГ		ААГ		АГГ		Г	
	Г	ГУУ	Вал	ГЦУ	Ала	ГАУ	Асп	ГГУ	Гли	У	
		ГУЦ		ГЦЦ		ГАЦ		ГГЦ		Ц	
		ГУА		ГЦА		ГАА	Глу	ГГА		А	
		ГУГ		ГЦГ		ГАГ		ГГГ		Г	

## ■ Этапы биосинтеза белка

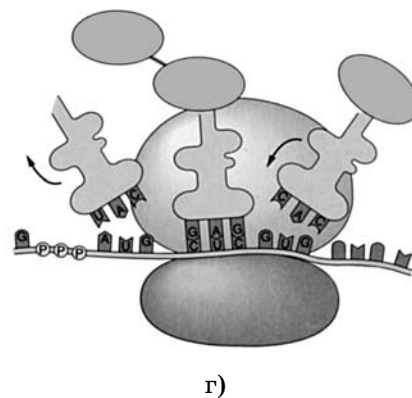
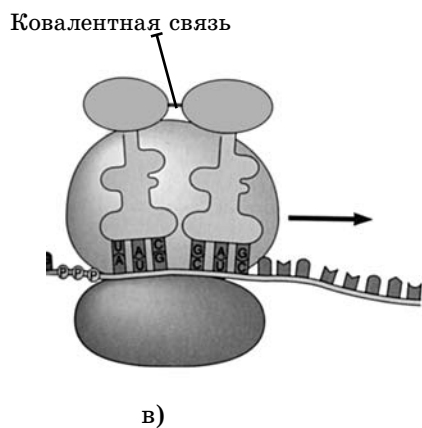
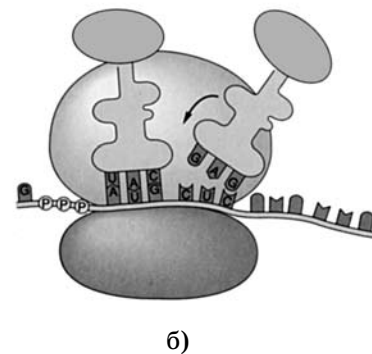
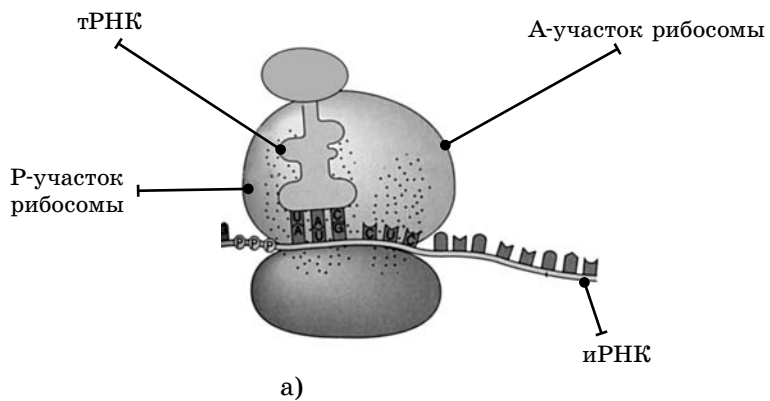
Этап	Место	Процессы
Транскрипция	Кариоплазма	Фермент РНК-полимераза расщепляет двойную цепь ДНК и на одной из цепей по принципу комплементарности синтезирует молекулу про-иРНК. С помощью специальных ферментов про-иРНК превращается в активную форму иРНК, которая из ядра поступает в цитоплазму клетки
Активация аминокислот	Цитоплазма	Присоединение аминокислот с помощью ковалентной связи к определенной тРНК. тРНК транспортирует аминокислоты к месту синтеза белка
Трансляция	Рибосомы	Во время синтеза белка рибосома надвигается на нитевидную молекулу иРНК таким образом, что иРНК оказывается между ее двумя субъединицами. В рибосоме есть особый участок — функциональный центр. Его размеры соответствуют длине двух триплетов, поэтому в нем одновременно находятся два соседних триплета иРНК. В одной части функционального центра антикодон тРНК узнает кодон иРНК, а в другой — аминокислота освобождается от тРНК. Когда рибосома достигает стоп-кодона, синтез белковой молекулы завершается
Образование природной структуры белка	Эндоплазматическая сеть	Белок приобретает определенную пространственную конфигурацию. При участии ферментов происходит отщепление лишних аминокислотных остатков, введение фосфатных, карбоксильных и других групп и т.п. После этих процессов белок становится функционально активным

## ■ Структура тРНК

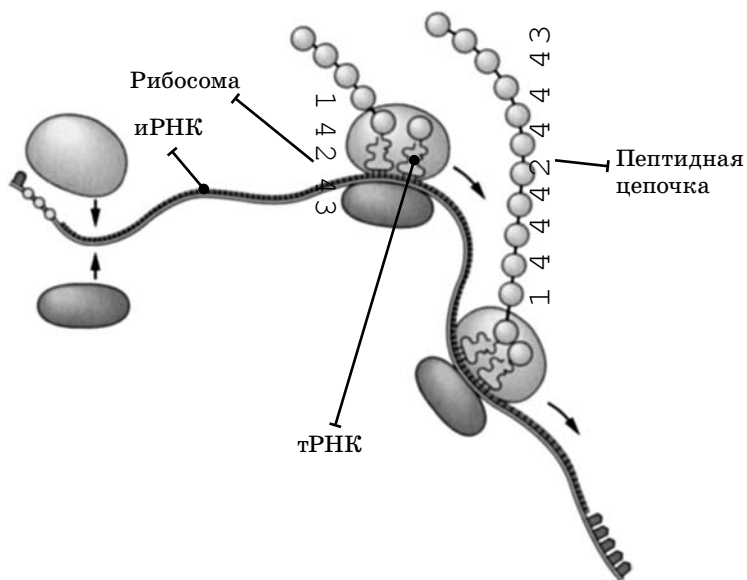


тРНК имеет вторичную структуру в форме листа клевера. В определенных участках молекулы тРНК между комплементарными нуклеотидами возникают водородные связи. У верхушки «листа клевера» содержится триплет нуклеотидов, который по генетическому коду отвечает определенной аминокислоте (антикодон), а у его основания есть участок, к которому присоединяется аминокислота.

## ■ Схема биосинтеза белка



## ■ Полирибосомальный комплекс (полисома)



На одной молекуле иРНК одновременно могут синтезироваться несколько полипептидов при участии многих рибосом. Комплекс, который при этом образуется, называется полирибосомальным.

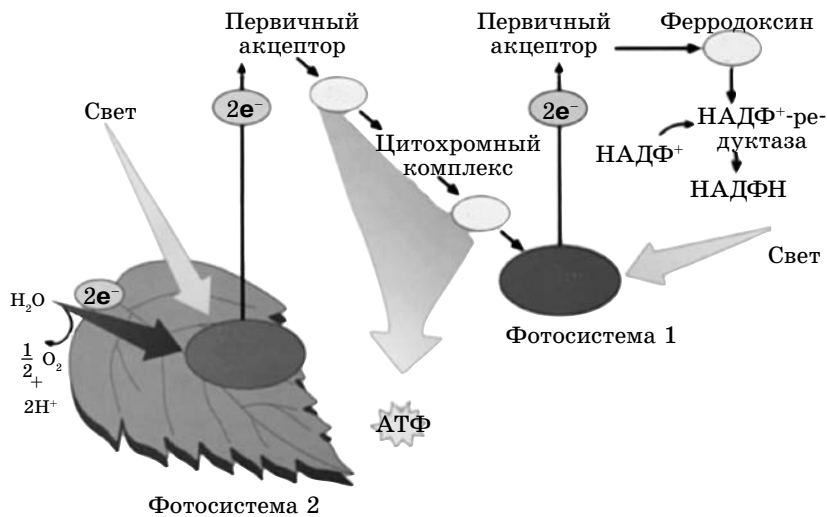
■ **Фотосинтез**

Фотосинтез — процесс образования органических соединений из неорганических благодаря преобразованию световой энергии в энергию химических связей.

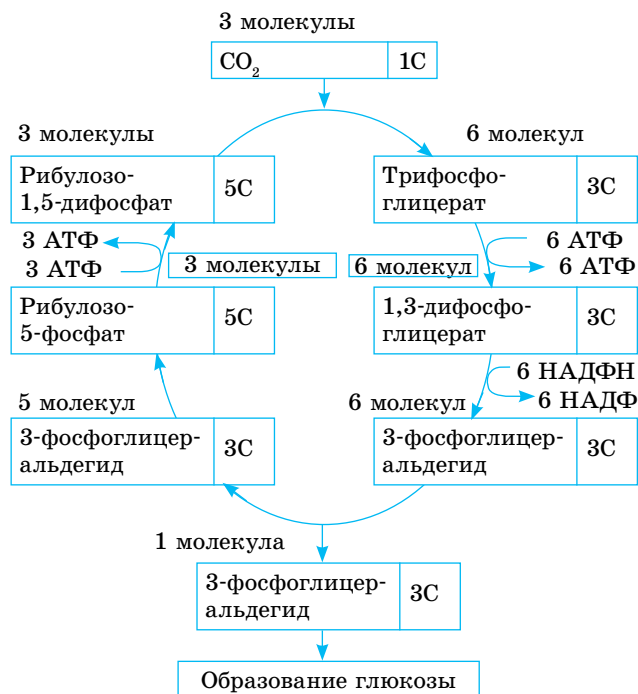
Происходит в клетках зеленых растений при участии пигментов хлоропластов — **хлорофиллов a и b** (зеленые), **каротиноидов** (желтые), **фикобиллинов** (синие и красные).

Фазы	Место	Процессы
Световая	На мембранах тилакоидов	Фотосинтезирующие пигменты поглощают энергию света (фотоны), что приводит к «возбуждению» одного из электронов молекулы хлорофилла, который с помощью молекул-переносчиков перемещается на внешнюю поверхность мембраны тилокоидов. Происходит фотолиз воды: $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$ . Ионы $\text{H}^+$ превращаются в атомарный водород, который используется в таких реакциях фотосинтеза: $\text{H}^+ + \bar{e} \rightarrow \text{H}$ . Гидроксильные ионы, взаимодействуя между собой, образуют кислород, воду и свободные электроны: $4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\bar{e}$ . Электроны через ряд промежуточных веществ передают энергию для восстановления НАДФ (никотинамидадениндинуклеотидфосфат), который присоединяет два атома водорода и превращается в НАДФН. Часть энергии электронов превращается в энергию АТФ: $\text{АДФ} + \Phi + \text{Q} \rightarrow \text{АТФ}$
Темновая (свет не нужен)	Строма хлоропластов	При наличии $\text{CO}_2$ , энергии АТФ и соединений, образовавшихся в световых реакциях, происходит присоединение водорода, который поступает в хлоропласты из внешней среды. Через ряд последовательных реакций с участием специфических ферментов образуются разнообразные соединения, основными из которых являются углеводы
Суммарное уравнение фотосинтеза: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{+\text{энергия}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$		

■ **Световая фаза фотосинтеза**



## ■ Темновая фаза фотосинтеза (цикл Кальвина)



Во время биохимических реакций цикла Кальвина происходит фиксация атома углерода CO<sub>2</sub> для образования глюкозы.

Для синтеза 1 молекулы глюкозы необходимо 12 молекул НАДФН и 18 молекул АТФ, которые образуются во время фотохимических реакций фотосинтеза.

Глюкоза, которая образуется в цикле Кальвина, затем может расщепляться до пирувата и поступать в цикл Кребса.

## ■ Хемосинтез

**Хемосинтез** — процесс образования органических веществ живыми организмами из углекислого газа и других неорганических веществ без участия света. Осуществляет-

ся за счет энергии, выделяющейся при окислении неорганических веществ. Присущий определенным видам бактерий.

Хемосинтезирующие микроорганизмы имеют в качестве энергетических ресурсов сероводород, серу, аммиак, азотную кислоту и т. п. Хемосинтез играет в природе большую

роль, благодаря ему происходят такие важные процессы, как нитрификация, окисление сероводорода в морях, превращение соединений железа.

# РАЗДЕЛ III. ОРГАНИЗМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

## Тема 1. Неклеточные формы жизни

### ВИРУСЫ

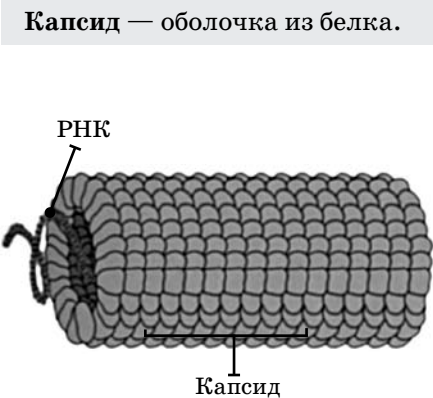
1892 г.	Д. И. Ивановский открыл вирус табачной мозаики
1917 г.	Ф. Д’Эрель открыл бактериофаги

### ■ Характеристика вирусов

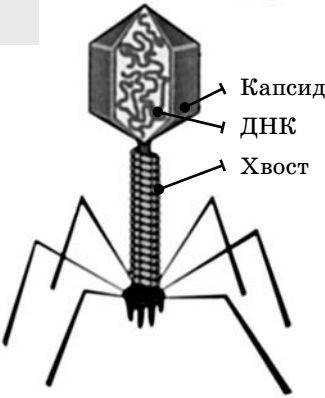
Занимают промежуточное положение между живой и неживой природой. Жизненный цикл проявляется в двух формах: внеклеточная — не проявляет никаких признаков жизнедеятельности, внутриклеточная — происходит процесс размножения
Внутриклеточные паразиты
Отсутствие клеточного строения, обмена веществ
Наличие только одного типа нуклеиновых кислот: ДНК или РНК
Геном представлен линейными или кольцевыми формами
Небольшой объем генетической информации
Не растут
Способны к кристаллизации

### ■ Строение вирусов

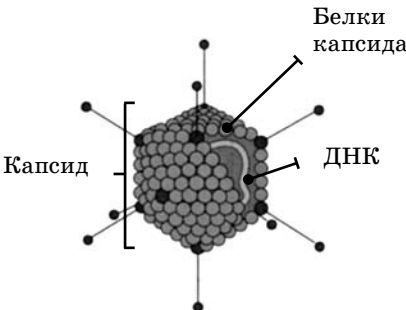
Капсид — оболочка из белка.



Вирус табачной мозаики

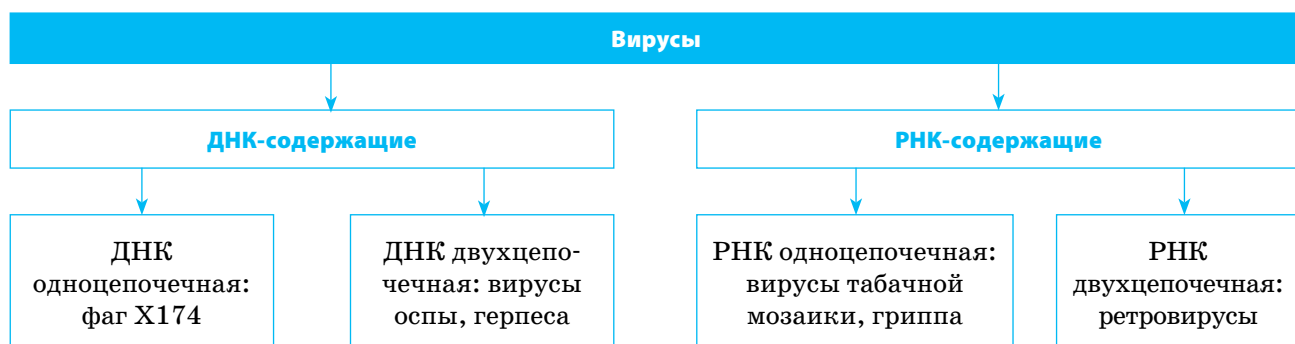


Бактериофаг

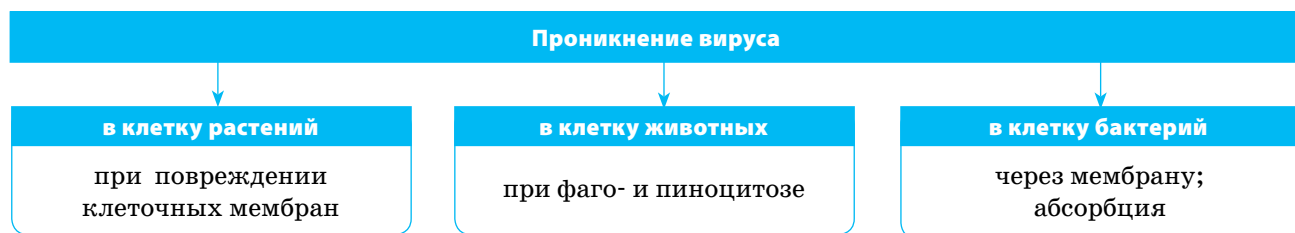


Аденовирус

## ■ Классификация вирусов



## ■ Проникновение вируса в клетку



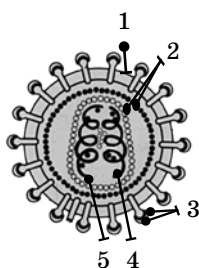
## ■ Значение вирусов

Вызывают заболевания растений, животных и человека (около 500 заболеваний человека). Обеспечивают горизонтальное перенесение генетического материала (от одной особи к другой — в отличие от

вертикального перенесения генов в ряду поколений).

Используются в клеточной и генной инженерии как переносчики генетического материала — векторы.

## ■ Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ)



ВИЧ вызывает тяжелое заболевание человека — синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД). Больной СПИДом человек не способен противостоять любым ин-

фекциям из-за разрушения клеток иммунного ответа — лимфоцитов Т-хелперов. ВИЧ относится к РНК-содержащим вирусам.

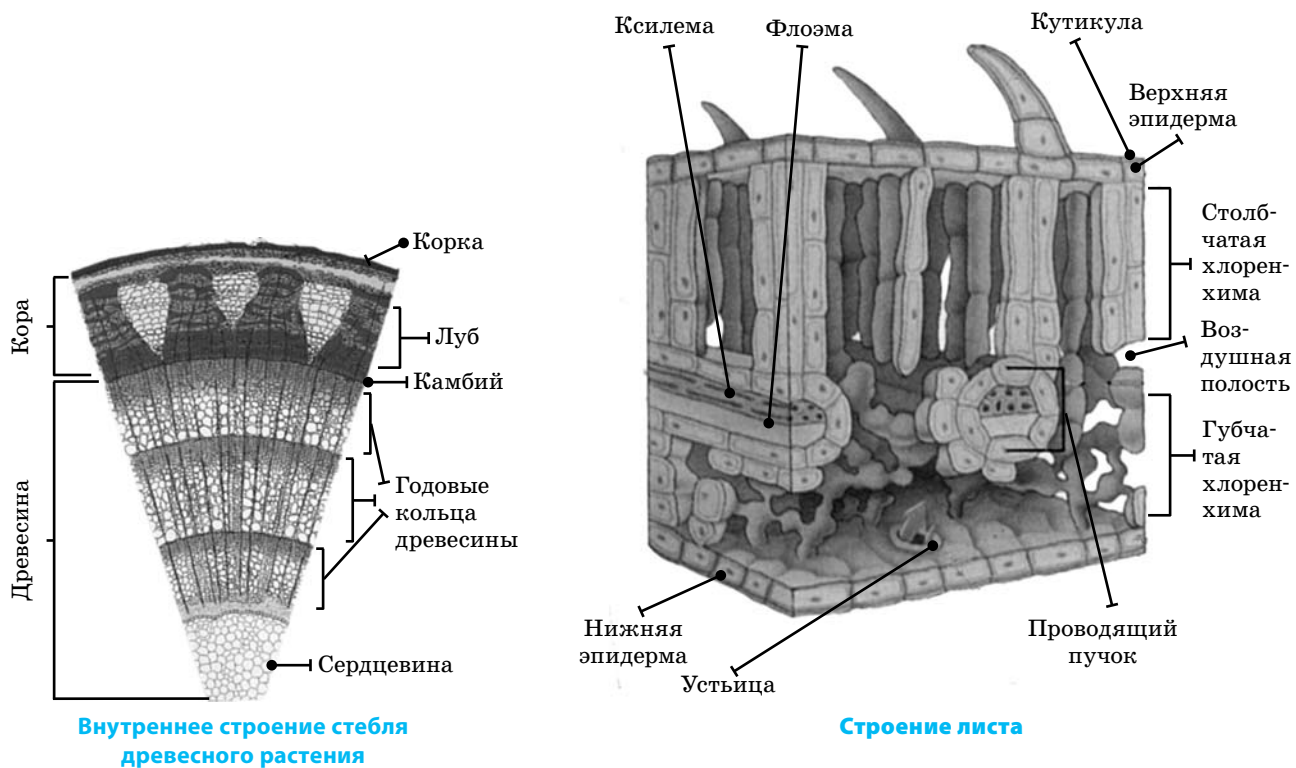
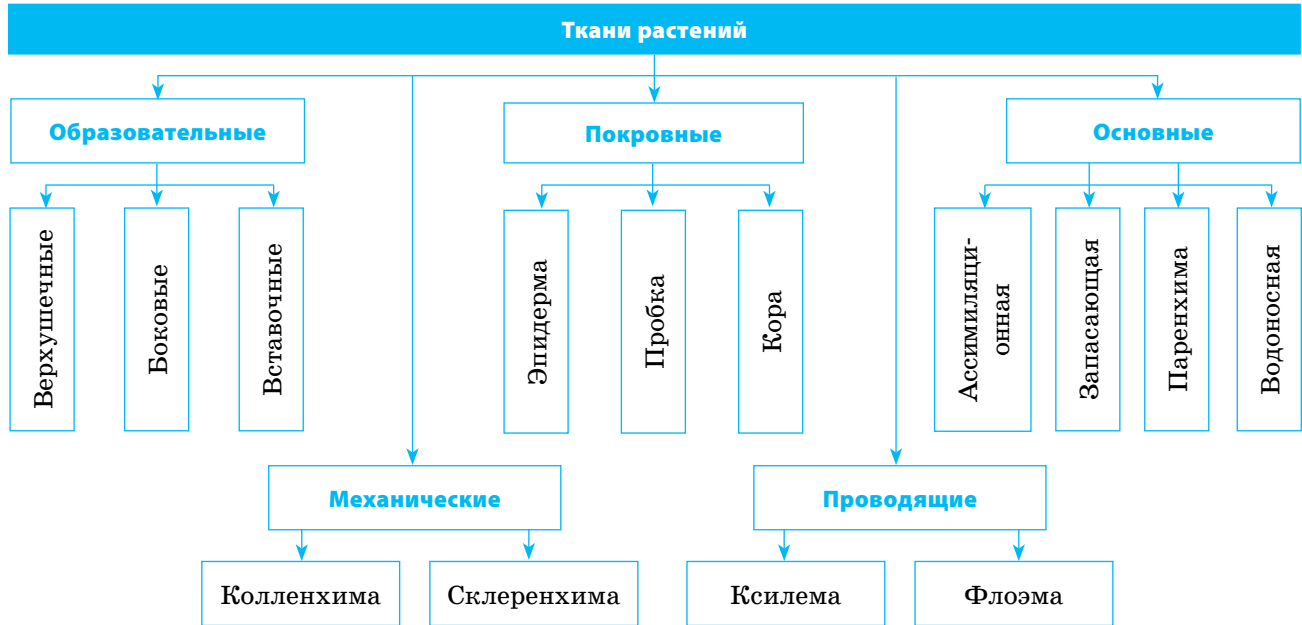
### Вирус иммунодефицита человека

1 — пеплос, 2 — белки капсида, 3 — гликопротеины (пепломеры), 4 — обратная транскриптаза (ревертаза), 5 — РНК



## ТКАНИ РАСТЕНИЙ

### ■ Классификация растительных тканей



## ■ Характеристика растительных тканей

Тип тканей	Строение клеток, расположение	Функции
<b>I. Образовательные</b>	Мелкие клетки с тонкими стенками и большими ядрами; вакуолей мало либо совсем нет	Основная функция — рост. Клетки делятся, дифференцируются и дают толчок развитию тканей всех других типов
1. Верхушечные (конусы нарастания)	Верхушки стебля и кончик корня	
2. Боковые (камбий)	Под покровными тканями стебля и корня	
3. Вставочные	В основаниях междоузлий	
4. Раневые	В любом участке, где есть повреждения	
<b>II. Покровные</b>	Толстостенные клетки	Защищают тонкостенные клетки, лежащие глубже, от высыхания и механических повреждений
1. Эпидерма	Покрывает все части растения. Имеет устьица, кутикулу, восковый налет, волоски	
2. Пробка	Заменяет эпидерму. Многослойная ткань, оболочки ее утолщаются и пропитываются суберином; в оболочках отсутствуют поры, они непроницаемы для воды и газов. Есть устьица	
3. Кorka	Мертвая покровная ткань, входит в состав коры дерева	
<b>III. Проводящие</b>		
1. Ксилема	Сосуды (или трахеи) — вытянутые в длину трубки без горизонтальных перепонек. Образованы мертвыми клетками с одревесневшими оболочками	Проводит растворы неорганических веществ от корня вверх по восходящему потоку во все органы растений
2. Флоэма	Ситовидные трубки — живые безъядерные вытянутые клетки, поперечные перепонки которых имеют большие поры	Проводит растворы органических веществ от листьев по стеблю к подземным органам нисходящим потоком
<b>IV. Механические</b>	Клетки имеют мощные утолщения и одревесневшие оболочки, тесно смыкаются между собой	Обеспечивают прочность органов растений
1. Колленхима	Образована живыми клетками с неравномерно утолщенными оболочками	
2. Склеренхима	Образована вытянутыми клетками с равномерно утолщенными, часто одревесневшими оболочками, содержимое которых отмирает на ранних стадиях	
<b>V. Основная</b>	Живые тонкостенные клетки	Составляют основу органов
1. Ассимиляционная	Клетки содержат хлоропласты	Выполняют функцию фотосинтеза
2. Запасающая	Большие тонкостенные клетки	Запасают органические вещества

Тип тканей	Строение клеток, расположение	Функции
3. Воздухоносная (аэренхима)	Образуют большие воздухоносные межклетники	У водных растений обеспечивают пространственное расположение растений
4. Водоносная		Запасает воду у пустынных растений
VI. Выделительные (секреторные)		Клетки образуют секрет — особые продукты метаболизма, которые используются растением для регуляции физиологических функций или выделяются наружу (смоляные и эфирно-масляные ходы, нектарники)

ТКАНИ ЖИВОТНОГО ОРГАНИЗМА

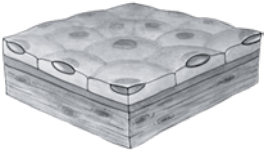
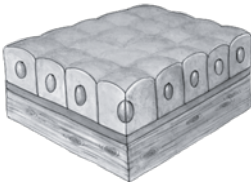

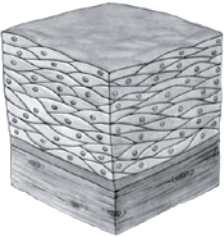
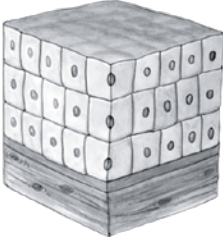
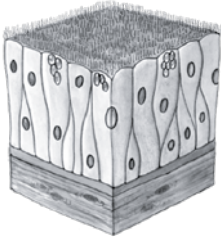
■ Классификация животных тканей



## ■ Характеристика животных тканей

Ткань	Строение	Функции Местоположение
<b>I. Эпителиальная (эпителий)</b>	Клетки плотно прилегают друг к другу; межклеточное вещество развито слабо	Функции защиты, всасывания, секреции и восприятия раздражений
1. Плоский	Сплюснутые клетки, имеющие форму многоугольников	Выстилает ротовую полость, полость пищевода
2. Кубический	Кубовидные клетки	Выстилает почечные канальцы
3. Цилиндрический	Клетки напоминают столбики или колонны	Выстилает желудок и кишечник
4. Реснитчатый	Клетки имеют цитоплазматические отростки — реснички	Выстилает дыхательные пути
5. Чувствительный (сенсорный)	Специализированные клетки	Выстилает носовую полость
6. Железистый	Клетки специализированы для секреции разных веществ	Образуют гормоны, молоко, пот, ушную серу
<b>II. Соединительная</b>	Наличие большого количества межклеточного вещества	
1. Плотная волокнистая	Преобладают волокна	Выполняет защитную функцию, придает органам эластичность
2. Рыхлая волокнистая	Преобладает аморфная масса	Заполняет промежутки между внутренними органами
3. Костная и хрящевая	В основном веществе костной ткани преобладают неорганические вещества, а в хрящевой — органические	Выполняют защитную и опорную функции
4. Жидкая внутренняя среда	Межклеточное вещество — жидкость	Поддерживает гомеостаз, транспорт веществ, защитные реакции, гуморальная регуляция
5. Ретикулярная	В ткани содержатся стволовые клетки, из которых образуются клетки крови	Составляет основу кроветворных органов
6. Жировая	Клетки содержат жир	Запас питательных веществ, теплоизоляция
<b>III. Мышечная</b>	Состоит из мышечных волокон разной формы и размеров	Имеет способность к сокращению и расслаблению и выполняет двигательную функцию
1. Поперечно-полосатая	Волокна цилиндрической формы, очень тонкие, клетки длинные многоядерные	Прикрепляются к костям и обеспечивают движение тела и его частей
2. Гладкая (неисчерченная)	Мелкие веретенообразные одноядерные волокна	Обеспечивает передвижение веществ во внутренних полых органах
3. Сердечная	Волокна переплетаются между собой	Строение сердца
<b>IV. Нервная</b>	Нейрон (нервная клетка) состоит из тела и отростков — аксона и дендритов. Клетки всю жизнь находятся в состоянии интерфазы. Нейроглия состоит из мелких, с многочисленными выростами клеток, способных к делению	Выполняет функции восприятия раздражений и проведения возбуждения. Секреция специализированными нервными клетками биологически активных соединений — нейрогормонов

# Эпителиальная ткань

Однослойный эпителий		Железистый эпителий
Плоский 	Кубический 	
Многослойный эпителий		Реснитчатый эпителий
Плоский 	Кубический 	

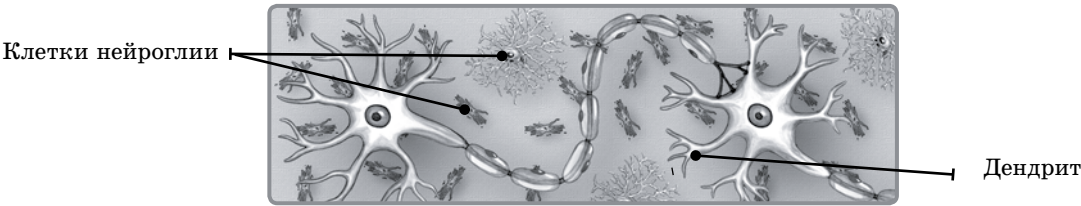
# Соединительная ткань

Хрящевая	Костная	Жировая	Кровь
			

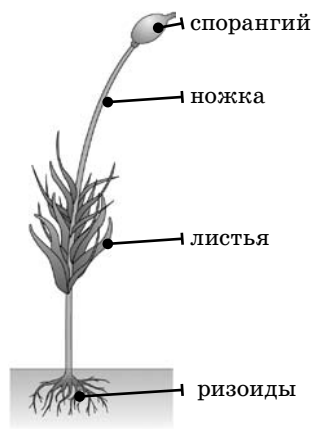
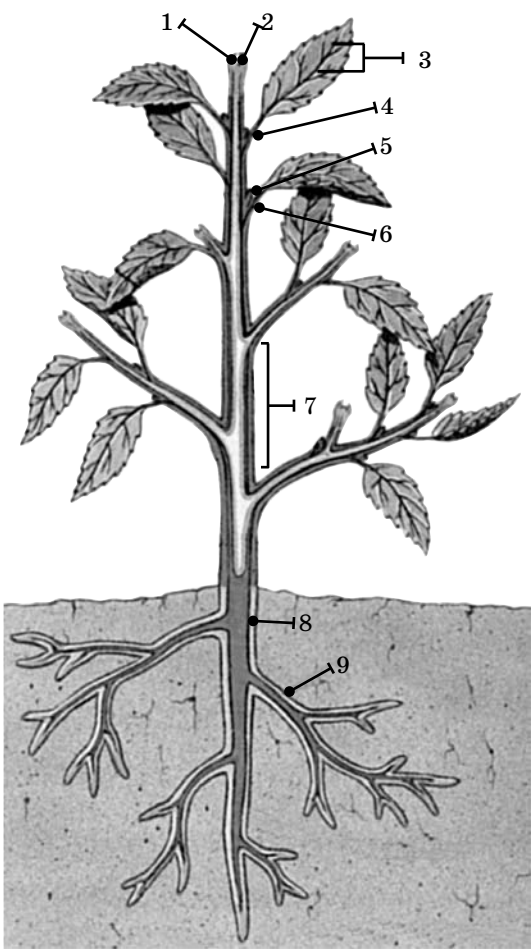
# Мышечная ткань

Гладкая	Поперечно-полосатая сердечная	Поперечно-полосатая скелетная
		

# Нервная ткань



■ Органы многоклеточных растений



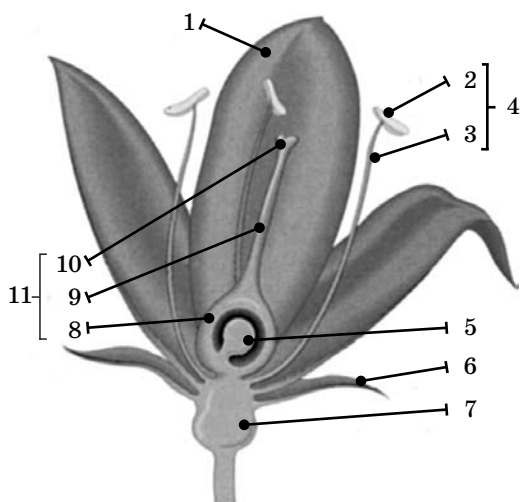
Кукушкин лен

- 1 — апикальная меристема,
- 2 — верхушечная почка,
- 3 — лист,
- 4 — черешок,
- 5 — пазушная почка,
- 6 — узел,
- 7 — междоузлие,
- 8 — главный корень,
- 9 — боковые корни

Органы	Строение	Значение
I. Вегетативные		Обеспечивают жизнедеятельность растений, вегетативное размножение
Корневая система	Главный, боковой, дополнительные корни	Закрепляет растение в почве. Осуществляет поглощение и транспорт воды и питательных веществ. Запасает питательные вещества. Выполняя дополнительные функции, видоизменяется
Побег	Стебель, листья, почки	Стебель обеспечивает взаимодействие всех органов растения, транспортирует питательные вещества. Функции листа — фотосинтез, газообмен и транспирация. Почки — зачаточные побеги
II. Генеративные	Спорангии, антеридии, архегонии, цветок	Обеспечивают размножение. Цветок — орган семенного размножения покрытосеменных



## ■ Строение цветка



- 1 — лепесток,
- 2 — пыльник,
- 3 — тычинковая нить,
- 4 — тычинка,
- 5 — семязачаток,
- 6 — чашелистик,
- 7 — цветоложе,
- 8 — завязь,
- 9 — столбик,
- 10 — рыльце,
- 11 — пестик

## ■ Регуляция функций растений

Растение — целостный организм, все органы и ткани которого взаимозависимы, а жизнедеятельность взаимобусловлена. Основные функции растительного организма регулируются с помощью биологически активных веществ — **фитогормонов**.

**Фитогормоны** — это органические соединения, которые даже в чрезвычайно малых количествах влияют на обмен веществ и рост клетки у растений.

## ■ Двигательные реакции растений

Основными формами проявления раздражимости растений являются разнообразные двигательные реак-

ции, осуществляемые целым организмом или отдельными его частями.

### Двигательные реакции

#### Тропизмы

Ростовые движения у растений вызваны односторонним влиянием факторов внешней среды. Присуще определенное ориентирование относительно раздражителя. В зависимости от характера ответа могут быть положительными и отрицательными

#### Настии

Ростовые движения у растений, благодаря которым выгибаются их органы. Не имеют определенного ориентирования относительно раздражителя

#### Нутации

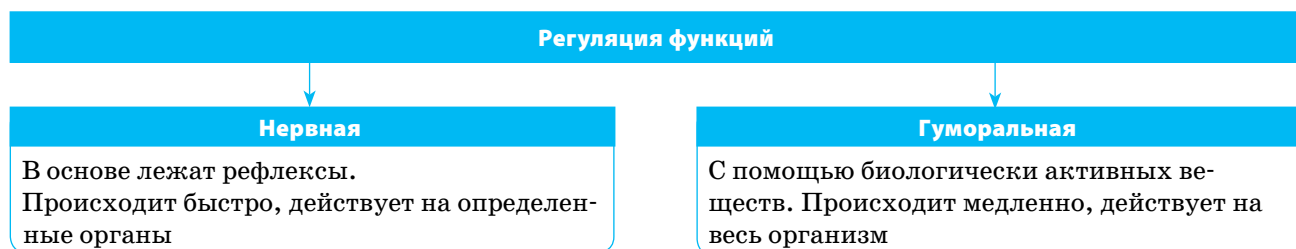
Вращательное движение растущих частей разных органов растений

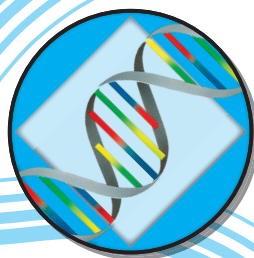


## ■ Организм многоклеточных животных

Система	Строение	Значение
Пищеварительная	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Замкнутая: одно отверстие — ротовое, кишечник замкнутый.</li> <li>2. Сквозная: ротовое отверстие → кишечник → анальное отверстие.</li> <li>3. Отсутствует: некоторые паразитические организмы всасывают готовые питательные вещества через покровы</li> </ol>	Обеспечивает поступление в организм питательных веществ, их переработку, всасывание продуктов пищеварения и удаление из организма непереваренных остатков пищи
Кровеносная	<p>Сердце, сосуды. Функции сердца могут выполнять большие сосуды.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Незамкнутая: сосуды открываются в полость тела, кровь смешивается с полостной жидкостью, образуя гемолимфу.</li> <li>2. Замкнутая: кровь течет только по сосудам</li> </ol>	Транспорт веществ, удаление продуктов обмена, обеспечивает иммунные реакции организма
Дыхательная	Жабры, трахеи, легкие	Обеспечивает газообмен между организмом и окружающей средой
Выделительная	Выделительные трубочки: протонефридии, метанефридии; мальпигиевы сосуды, почки	Выделение из организма продуктов обмена, воды и токсических веществ
Половая	Половые железы (гонады), дополнительные органы	Выполняет функцию размножения, благодаря чему обеспечивается непрерывная последовательность поколений
Опорно-двигательная	Кожно-мышечный мешок, твердый внешний скелет, внутренний скелет, мышцы	Обеспечивает изменение положения тела, движения отдельных органов и организма в целом
Нервная	Система нервных элементов или органов	Регулирует и координирует все функции организма, осуществляет взаимосвязь всех частей организма между собой и с окружающей средой
Эндокринная	Железы внутренней секреции	Регуляция работы органов с помощью биологически активных веществ, которые переносятся с кровью

## ■ Регуляция функций организма животных





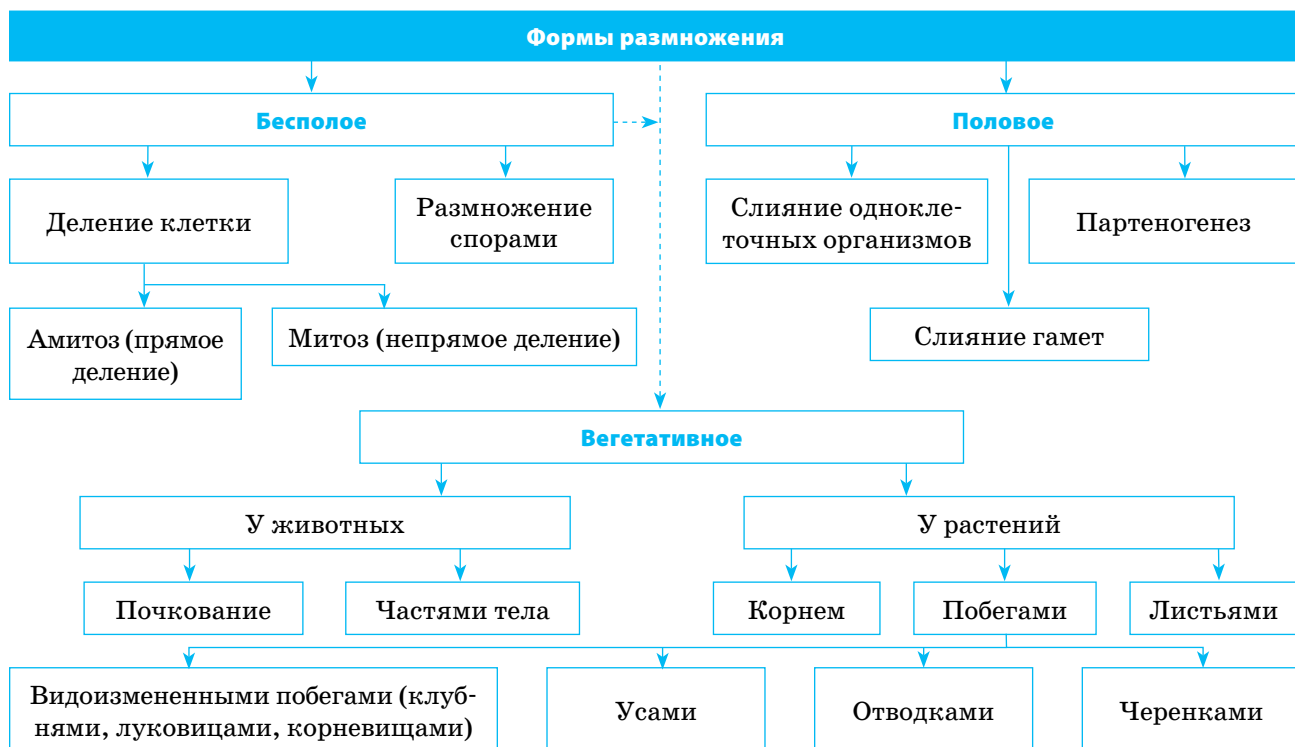
БИОЛОГИЯ

11

# РАЗДЕЛ III. ОРГАНИЗМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ (продолжение)

## Тема 4. Размножение и индивидуальное развитие организмов

### КЛАССИФИКАЦИЯ ФОРМ РАЗМНОЖЕНИЯ



### БЕСПОЛОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ

**Бесполое размножение** — это размножение, осуществляющееся без участия специализированных

клеток. Характеризуется тем, что дочерние клетки полностью идентичны родительским.

### ■ Биологическое значение бесполого размножения

У некоторых организмов это единственный способ размножения

Таким образом могут размножаться организмы, при определенных условиях оказавшиеся изолированными

Виды с коротким жизненным циклом могут оставить потомков больше и быстрее

ПОЛОВОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ

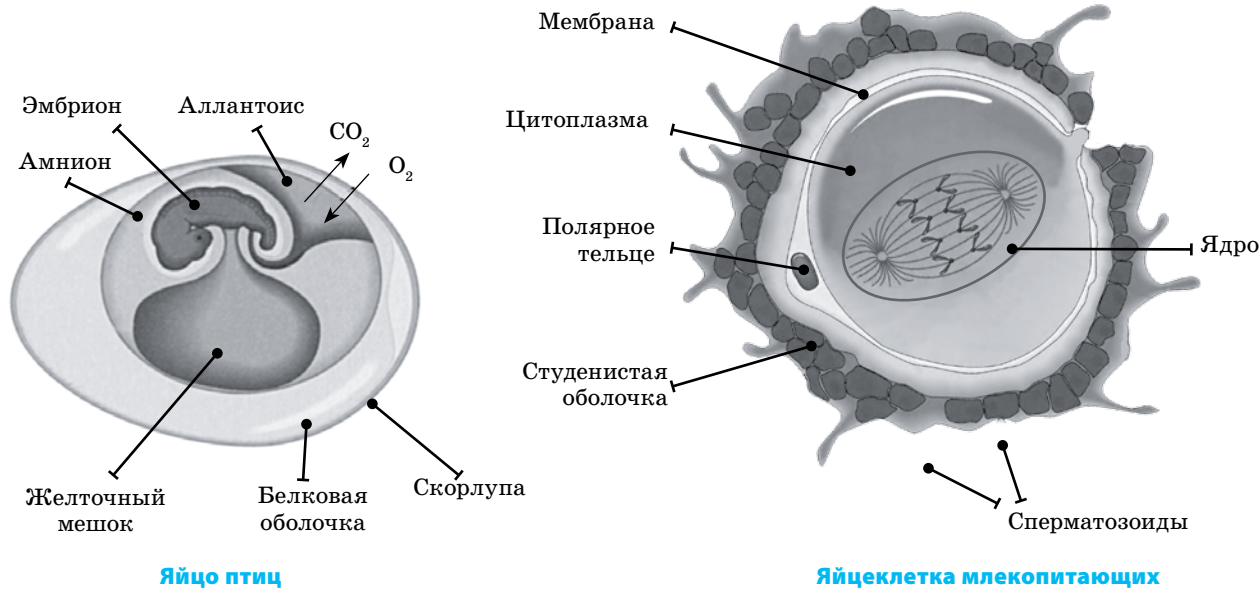
**Половое размножение** — это размножение с помощью специальных половых клеток — гамет, имеющих в два раза меньшее число хромосом, в отличие от родительских бесполовых клеток. Характеризуется рекомбинацией генетической информации.

■ Типы полового размножения



■ Яйцеклетка

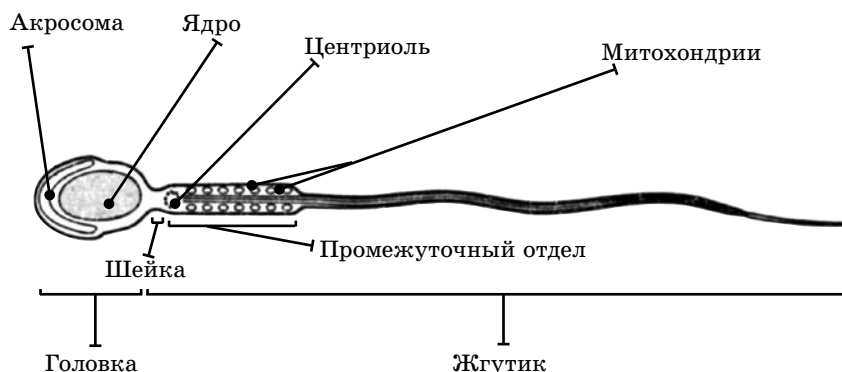
Большая клетка, содержащая запас питательных веществ, необходимых для развития зародыша. Неподвижна. Может быть покрыта разнообразными оболочками, выполняющими защитную функцию.



## ■ Сперматозоид

Мелкая подвижная клетка. Двигается преимущественно при помощи жгутика. Содержит органо-

ид — акросому, обеспечивающую проникновение сперматозоида в яйцеклетку и ее активацию.



## ■ Половое размножение животных и растений

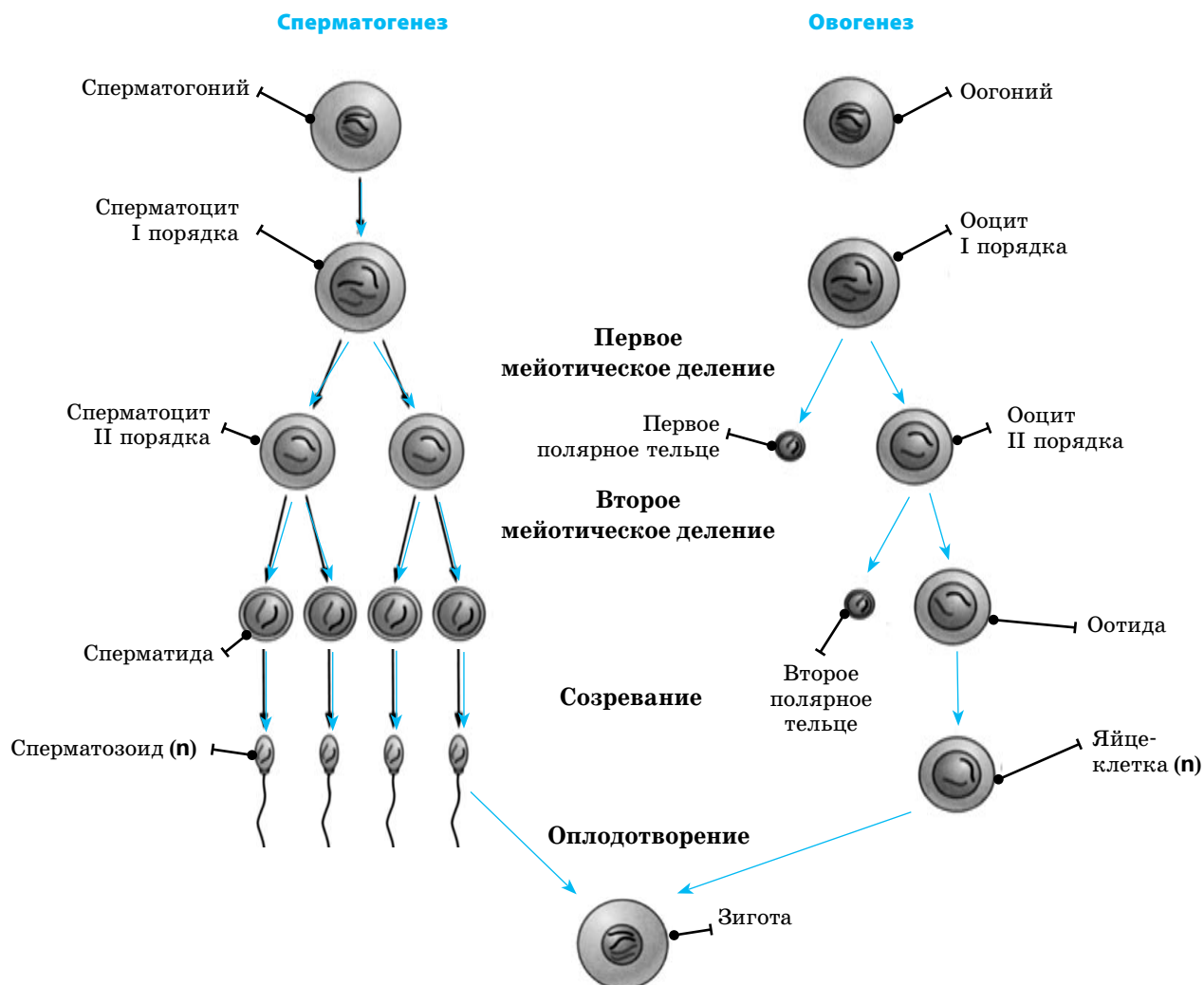


## ■ Гаметогенез

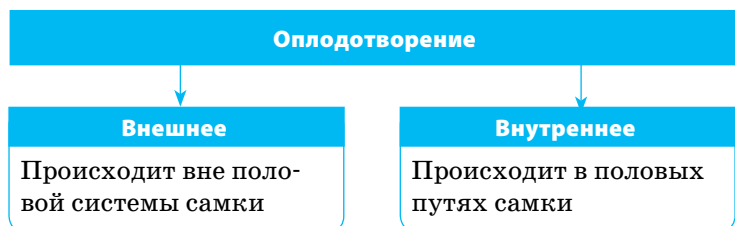
**Гаметогенез** — процесс развития и формирования половых клеток.

**Овогенез** — процесс развития яйцеклеток у животных.

**Сперматогенез** — процесс развития сперматозоидов в семенниках животных



## ■ Оплодотворение



**Оплодотворение** — слияние гамет.

## ■ Особенности оплодотворения растений

Для процесса оплодотворения споровых растений необходима влага.

Семенным растениям для оплодотворения влага не нужна. У цветковых растений происходит **двой-**

**ное оплодотворение**, вследствие которого образуется диплоидный зародыш (семя) и триплоидный эндосперм (запас питательных веществ семени).

Опыление	
Самоопыление	Перекрестное
Пыльцевое зерно попадает на рыльце пестика того же цветка	Пыльцевое зерно попадает на рыльце пестика другого цветка

## ■ Схема двойного оплодотворения и образования семян у цветковых растений

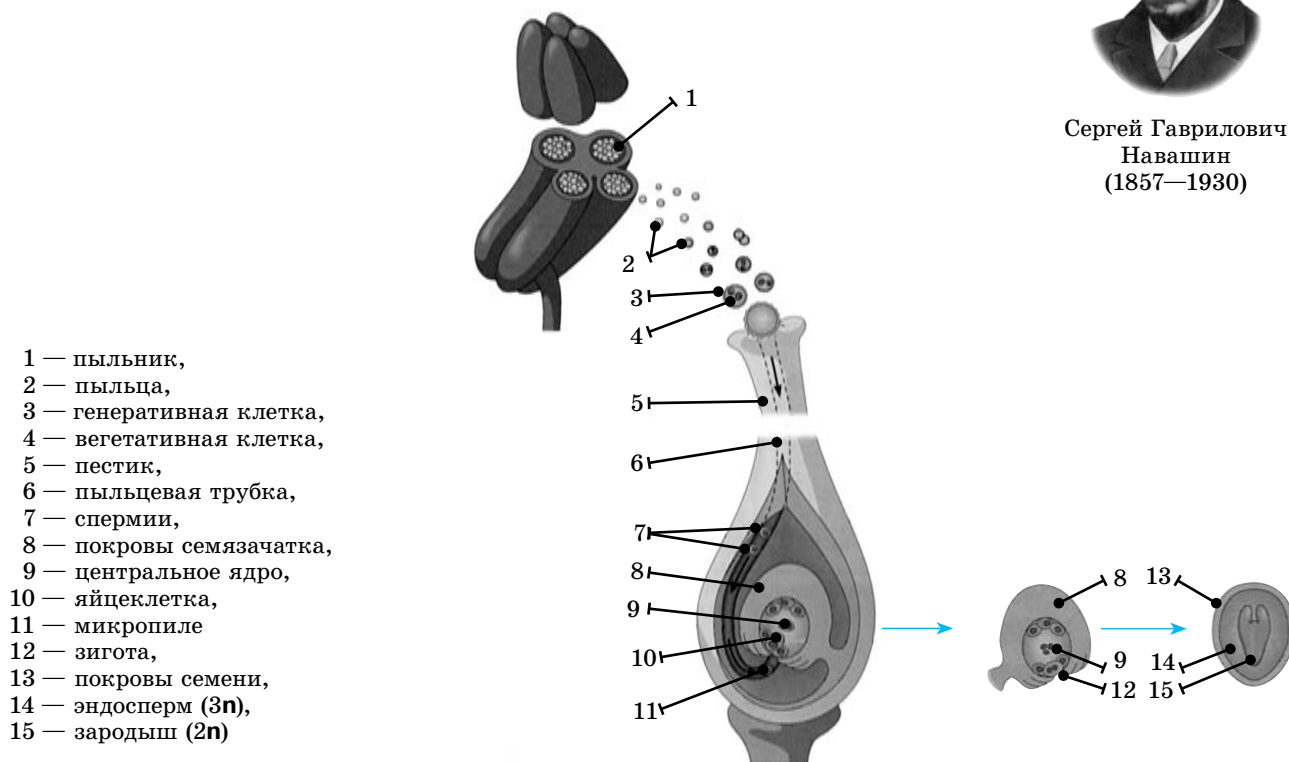
В 1898 г. профессор Киевского университета С. Г. Навашин описал процесс двойного оплодотворения у цветковых растений:

1) спермий + яйцеклетка → зигота → зародыш;

2) спермий + диплоидная центральная клетка зародышевого мешка → триплоидная клетка → эндосперм (запас питательных веществ семени)



Сергей Гаврилович  
Навашин  
(1857—1930)





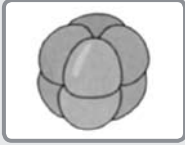

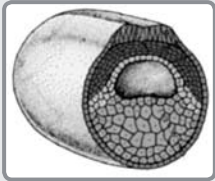
ОНТОГЕНЕЗ

<b>Онтогенез</b> — индивидуальное развитие организма с момента	оплодотворения яйцеклетки или деления одноклеточной особи.
--	--

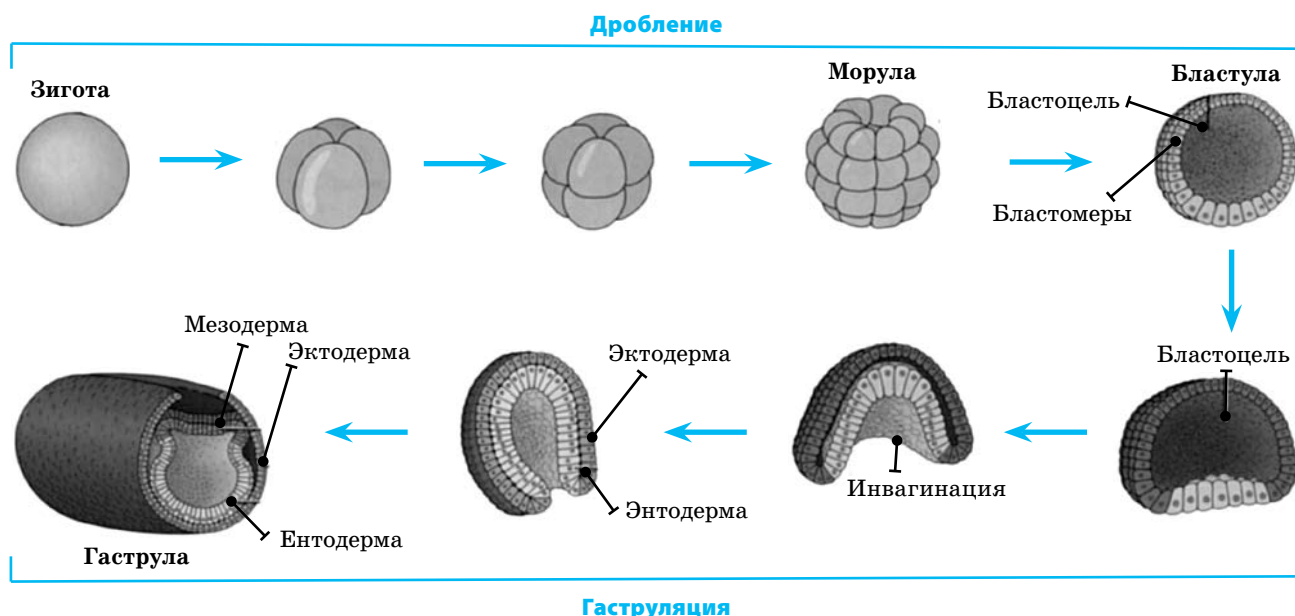
■ Периоды онтогенеза

<b>Эмбриональный период</b>	Зародыш (эмбрион) развивается внутри организма матери или внутри яйца, семени и т. п. Завершается рождением, вылупливанием, прорастанием
<b>Постэмбриональный период</b>	Начинается с момента рождения и продолжается до тех пор, когда организм становится способным к размножению
<b>Период половой зрелости</b>	Организм способен к размножению
<b>Период старения</b>	Снижается уровень обменных процессов, происходят необратимые реакции, ведущие к смерти

■ Стадии эмбриогенеза

Стадия	Процессы
Зигота	Оплодотворение яйцеклетки
Дробление 	Ряд последовательных митотических делений, при котором образованные клетки (бластомеры) в интерфазе не растут, и поэтому их размеры уменьшаются после каждого деления. Процесс завершается образованием <b>бластулы</b>
Гастрuliaция 	Часть бластодермы впячивается внутрь бластулы (инвагинация), образуя двухслойный зародыш — <b>гаструлу</b> , — слои клеток которого получили название зародышевых листков. На месте вгибания образуется первичный рот, ведущий в замкнутую полость первичной кишки. Часть бластомеров перемещается в полость бластулы (иммиграция), где они образуют внутренний зародышевый листок
Гистогенез, органогенез 	<b>Гистогенез</b> , или развитие тканей, — совокупность процессов, обеспечивающих возникновение, существование и восстановление тканей с их органоспецифическими свойствами. <b>Органогенез</b> — процессы формирования зачатков органов и их дальнейшей дифференциации в ходе индивидуального развития организмов

## ■ Эмбриональное развитие ланцетника



О. О. Ковалевский впервые описал гастрюлу, назвал ее «кишечной личинкой».

Э. Геккель предложил название «гастрюла».

К. Бэр первым установил, что во время инвагинации формируются зародышевые листки.

## ■ Зародышевые листки

<b>Эктодерма</b>	Дает начало нервной системе, связанным с ней органам чувств, внешнему покрову организма, передней и задней кишкам
<b>Энтодерма</b>	Дает начало хорде кишечника и связанным с ним органам: желудку и печени, органам дыхания — легким
<b>Мезодерма</b>	Дает начало мускулатуре, всем хрящевым и костным элементам скелета, кровеносной и мочеполовой системам

## ■ Постэмбриональное развитие

Постэмбриональное развитие		
Прямое	Непрямое	
Рожденный организм подобен взрослому	Образуется личинка, отличающаяся от взрослого организма по многим признакам внешнего и внутреннего строения, характеру питания, движения и т. п.	
	С неполным превращением	С полным превращением
	Яйцо → личинка → взрослая особь (имаго)	Яйцо → личинка → куколка → взрослая особь (имаго)

■ Непрямое развитие



Развитие с неполным превращением

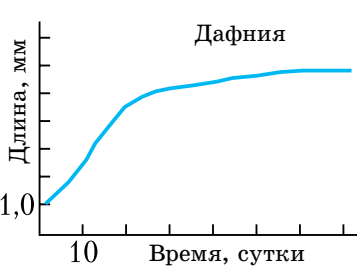
Развитие с полным превращением

Биологическое значение непрямого развития	
1) Активное питание и рост	
2) Рациональное использование ресурсов	
3) Расселение	
4) Обеспечение заражения хозяев (паразиты)	

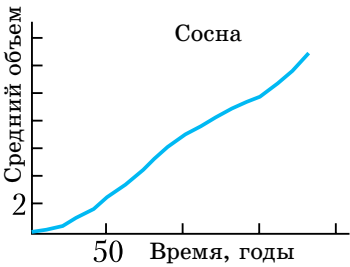
■ Рост организмов

**Рост** — это постепенная смена показателей массы и размеров организма. Происходит вследствие раз-  
множения клеток и увеличения их размеров.

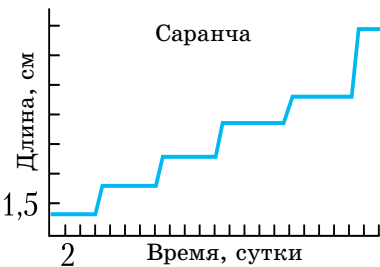
Рост организмов			
Ограниченный	Неограниченный	Беспрерывный	Периодический
Достигнув определенных размеров, особь прекращает свой рост	Увеличение размеров и биомассы происходит всю жизнь, до самой смерти	Особь постепенно увеличивается, пока не достигнет определенных размеров или не умрет	Периоды увеличения размеров чередуются с периодами прекращения роста. Это организмы, для которых характерна линька или которые под действием неблагоприятных условий впадают в длительную спячку



Ограниченный рост



Неограниченный рост



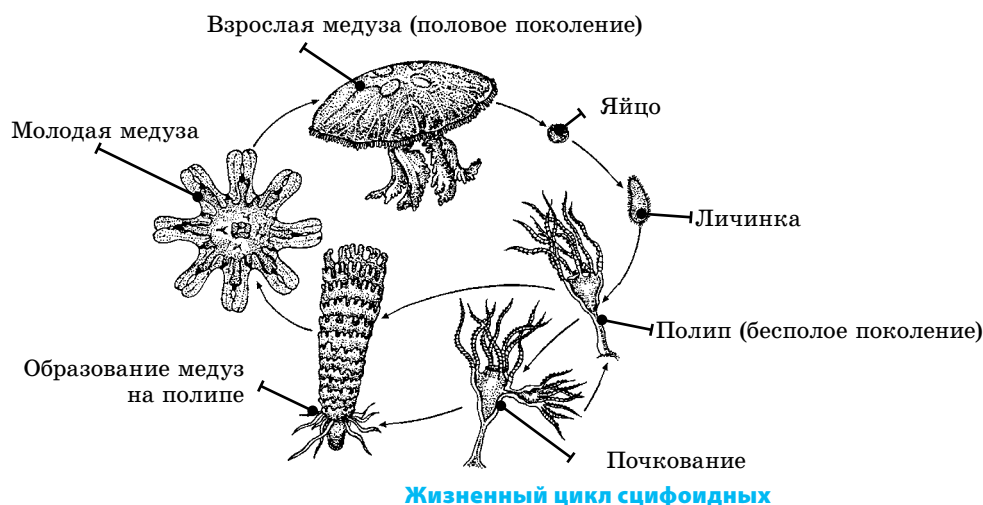
Периодический рост

## ■ Жизненный цикл

**Жизненный цикл** — период между одинаковыми фазами развития

двух или большего числа последующих поколений.

Жизненный цикл	
Простой	Сложный
Все последующие поколения не отличаются друг от друга. Нет четкого чередования поколений	Сопровождается закономерным чередованием поколений: полового и неполового



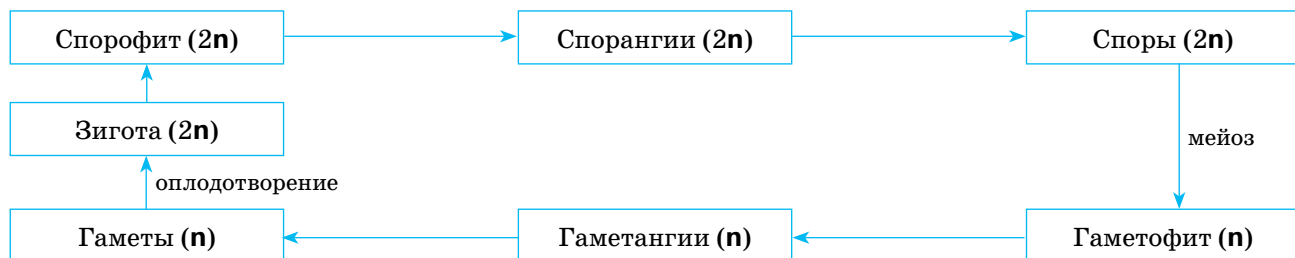
## ■ Жизненный цикл растений

**Спорофит** — неполовое диплоидное поколение растений — растение или часть растения, где созревают споры.

**Спорангии** — орган, в котором формируются споры.

**Гаметофит** — половое гаплоидное поколение растений — растение или часть растений, где созревают гаметы.

**Гаметангии** — половые органы — органы, в которых формируются гаметы.



В процессе эволюции растений гаметофит редуцируется. У покрытосеменных мужской гаметофит

представлен пыльцевым зерном, женский — зародышевым мешком, состоящим из 7 клеток.

## Тема 6. Наследственность и изменчивость организмов

**Генетика** — наука, изучающая закономерности и материальные

основы наследственности и изменчивости организмов.

### ■ Основные понятия генетики

**Наследственность** — способность организмов передавать следующему поколению свои признаки и свойства, то есть способность воссоздавать себе подобных.

**Ген** — участок молекулы ДНК, информирующей о структуре одного белка.

**Аллели** — различные формы одного и того же гена.

**Локус** — участок хромосомы, в которой расположен определенный ген.

**Генотип** — совокупность всех наследственных свойств особи, наследственная основа организма, составленная совокупностью генов.

**Фенотип** — совокупность всех внутренних и внешних признаков и свойств особи, сформировавшейся на базе генотипа во время индивидуального развития.

**Гомозиготы** — особи, у которых в определенном локусе гомологичных хромосом присутствуют одинаковые аллели; при самоопылении дают однородное потомство, не расщепляющееся по данной паре признаков.

**Гетерозиготы** — особи, у которых в определенном локусе гомологичных хромосом присутствуют разные аллели; при самоопылении дают расщепление по данной паре признаков.

**Моногибридное скрещивание** — скрещивание родительских форм, наследственно отличающихся только по одной паре признаков.

**Дигибридное скрещивание** — скрещивание родительских форм, отличающихся по двум парам признаков.

**Доминирование** — проявление только одного из альтернативных признаков у гетерозиготы.

**Доминантный признак** — признак, проявляющийся в гомозиготе; доминантный ген обозначается прописной (большой) буквой.

**Рецессивный признак** — признак, не проявляющийся в гомозиготе; рецессивный ген обозначается строчной (маленькой) буквой.

**Изменчивость** — способность организмов изменять свои признаки и свойства.

**Модификационная (фенотипная) изменчивость** — изменения фенотипа, возникающие под влиянием изменений внешних условий и не связанные с изменениями генотипа.

**Мутации** — изменения генотипа, вызванные структурными изменениями генов или хромосом.

**Полипloidия** — кратное гаплоидному набору увеличение количества хромосом в клетке.

### ■ Генетические символы

P — родительские организмы, взятые для скрещивания.

(зеркало Венеры) — женский пол.

(щит и копьё Марса) — мужской пол.

× — скрещивание.

F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> — гибридное потомство, индекс соответствует порядковому номеру поколения.

G — гаметы.

## ■ Методы генетических исследований

Метод	Суть	Значение
1. Гибридологический	Основан Г. Менделем. Состоит в скрещивании организмов, которые отличаются по определенным состояниям одного или нескольких наследственных признаков	Исследование характера наследования состояний признаков при помощи системы скрещиваний
2. Генеалогический	Состоит в изучении родословных организмов и количественном анализе признаков потомков в ряду поколений	Дает возможность проследить характер наследования разных состояний определенных признаков в ряду поколений, определить вероятность проявления признаков у потомков
3. Популяционно-статистический	Избирательно исследуют части популяций и статистически обрабатывают полученные данные	Позволяет изучать генетическую структуру популяций — частоты встречаемости аллелей и генотипов в популяциях организмов
4. Цитогенетический	Базируется на изучении особенностей хромосомного набора организмов	Позволяет выявить мутации, связанные с изменением как количества хромосом, так и структуры отдельных хромосом
5. Биохимический	Анализ химического состава и процессов обмена веществ	Используют для диагностики наследственных заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ
6. Близнецовый	Состоит в изучении близнецов	Позволяет выяснить роль генотипа и факторов окружающей среды в формировании фенотипа особей

## ■ Основоположники генетики

Год	Ученые	Вклад в становление генетики
1865	Г. Мендель	В работе «Опыты над растительными гибридами» изложил открытые им закономерности наследственности, разработал метод гибридологического анализа, предположил существование факторов наследственности
1900	Х. де Фриз, К. Корренс, Э. Чермак	Переоткрыли закономерности наследственности, установленные Г. Менделем
1906	У. Бэтсон	Предложил название «генетика»
1909	Т. Х. Морган	Сформировал закон сцепления и хромосомную теорию наследственности



Грегор Иоганн Мендель  
(1822—1884)



Томас Хант Морган  
(1866—1945)



Карл Эрих Корренс  
(1864—1933)



Эрих Чермак  
(1871—1962)

■ Гибринологический метод анализа

Гибринологический метод анализа наследования признаков был разработан Г. Менделем (1822—1884). Он проводил многочисленные экспериментальные исследования по гибридизации растений,

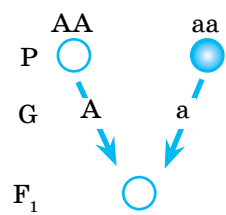
результаты которых были опубликованы в 1865 г. Этот год считается годом рождения генетики.  
Во время экспериментов Мендель скрещивал растения гороха.

Горох — удобный объект для генетических исследований
1) самоопылитель;
2) имеет много культурных сортов, устойчиво сохраняющих свои признаки;
3) имеет строение цветков, позволяющее легко удалять пыльцу;
4) сорта отличаются друг от друга по семи хорошо заметным и удобным для учета признакам

Признаки гороха, который изучал Г. Мендель:  
цвет лепестков цветка (красный, белый); форма семян (округлая, сморщенная); цвет стручков (зеленые, желтые); форма стручков (округлая, с перетяжками); расположение цветков (по длине побега, на верхушке побега); длина побега (длинный, короткий).

Главная особенность гибринологического метода Г. Менделя — подбор родительских пар и количественный анализ признаков у потомков в ряду поколений:
использование чистосортных растений, сохраняющих родительские признаки в ряду поколений;
использование сортов, отличающихся одной, двумя или тремя парами альтернативных признаков;
анализ у гибридов только тех признаков, которые исследуются;
анализ потомства каждой особи отдельно от других;
количественный подсчет гибридов, отличающихся по исследуемым признакам

■ Первый закон Менделя

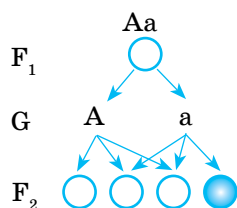


Во время моногибридного скрещивания в первом поколении гибридов всегда проявлялся только один из двух альтернативных признаков; второй признак не проявлялся, он был в подавленном состоянии. Все первое поколение было одинаковым.

Закон единообразия первого поколения (закон доминирования): у гибридов первого поколения проявляются только доминантные признаки — оно фенотипически единообразно.



## ■ Второй закон Менделя



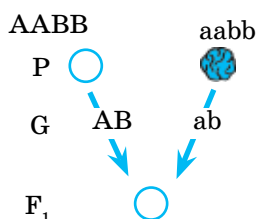
Гибриды первого поколения  $F_1$  при дальнейшем размножении (самоопылении) дают расщепление по альтернативным признакам, в их потомстве  $F_2$  появляются особи

















с рецессивными признаками, составляющие приблизительно четвертую часть от всего числа потомков (3:1).

**Закон расщепления:** во время скрещивания гибридов первого поколения у гибридов второго поко-

ления происходит расщепление признаков в отношении 3:1 — образуются две фенотипические группы.

## ■ Третий закон Менделя



	G →	AB	Ab	aB	ab
	↓				
F <sub>2</sub> →	AB	AABB 	AABb 	AaBB 	AaBb 
	Ab	AABb 	AAbb 	AaBb 	Aabb 
	aB	AaBB 	AaBb 	aaBB 	aaBb 
	ab	AaBb 	Aabb 	aaBb 	aabb 

При дигибридном скрещивании каждая пара признаков наследуется независимо от других. Гибриды образуют 4 фенотипические группы в характерном отношении 9:3:3:1.

**Закон независимого распределения генов:** при ди- или полигибридном скрещивании расщепление состояний каждого признака у потомков происходит независимо от других.

## ■ Гипотеза чистоты гамет

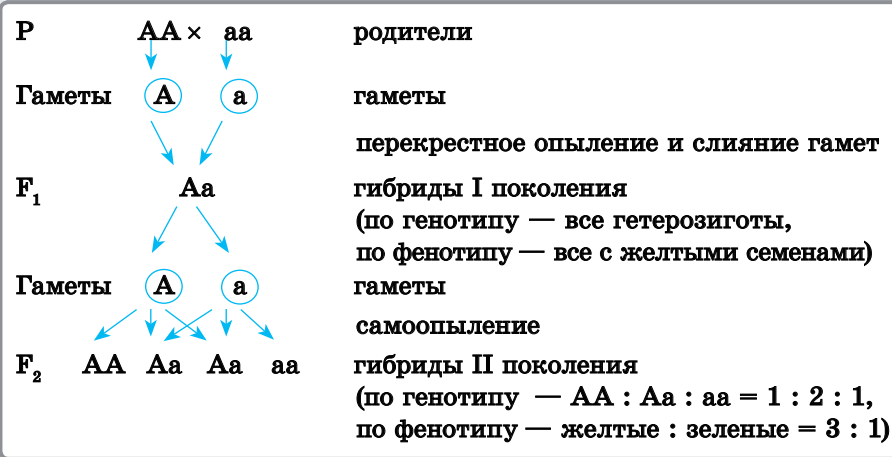
При образовании гибридов наследственные факторы (гены) не смешиваются, а сохраняются в чистом виде. У гибридов первого поколения присутствуют оба фактора — доминантный и рецессивный, но в виде признака проявляется доми-

нантный фактор. Связь между поколениями при половом размножении осуществляется через половые клетки — гаметы. Допускается, что каждая гамета несет только один фактор из пары.

# ■ Цитологические основы наследственности

Соматические клетки имеют диплоидный набор хромосом, то есть аллельные гены парные: это могут быть два доминантных аллеля (гомозигота по доминантному аллелю), доминантная и рецессивная (гетерозигота) или две рецессивные (гомозигота по рецессивному аллелю). При образовании половых клеток в каждую из гамет попадает только один аллельный ген из каждой пары. Гомозиготная особь может продуцировать только один сорт гамет (с доминантным или рецессивным аллелем), тогда как гетерозиготная — два сорта в равных количествах

Предположим, что определенные особи имеют только одну пару гомологичных хромосом, каждая из которых несет лишь один ген. Хромосому с доминантным аллелем обозначим символом А, а с рецессивным — а. Гибриды первого поколения будут гетерозиготными (генотип Аа), они получили одну хромосому с доминантным аллелем от одного из родителей,



вторую, с рецессивным, — от второго. Во время образования половых клеток гибриды первого поколения будут формировать гаметы двух сортов: половина из них будет нести хромосому с доминантным аллелем, а половина — с рецессивным.

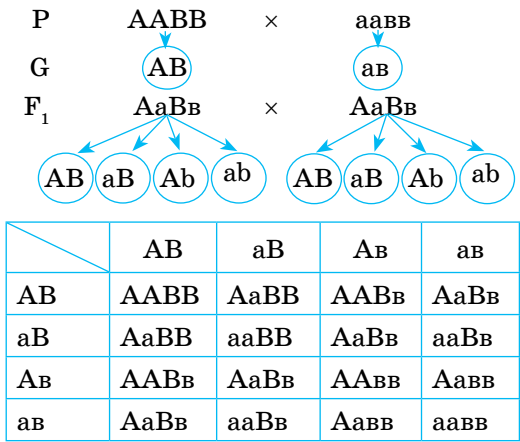
Вследствие скрещивания гибридов первого поколения между собой возможны три варианта генотипов гибридов второго поколения: одна четверть особей будет иметь хромосомы с доминантными аллелями (гомозиготы по доминантному признаку AA), половина — одну хромосому с доминантным аллелем, вторую хромосому — с рецессивным (гетерозиготы — Aa), а вторая четверть — хромосомы с рецессивными аллелями (гомозиготы по рецессивным аллелям — aa). По фенотипу три четверти гибрида второго поколения (гомозиготы по доминантному аллелю и гетерозиготы) будут иметь доминантный признак и одна четверть (гомозиготы по рецессивному аллелю) — рецессивный

Во время дигибридного скрещивания организмы отличаются по двум признакам. У одного из родителей два доминантных признака, у другого — два рецессивных. У гибридов первого поколения наблюдается единообразие, они гетерозиготны по двум признакам (AaBb). Во время образования половых клеток формируются 4 вида гамет с разными комбинациями признаков.

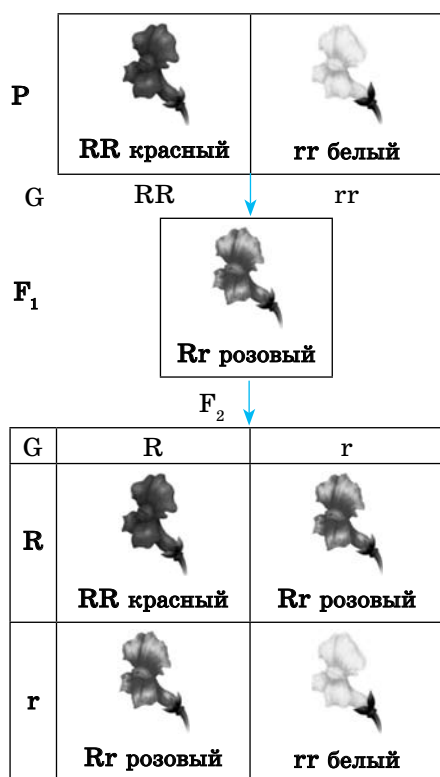
Закон комбинирования состояний признаков можно записать, пользуясь решеткой Пеннета.

Вследствие скрещивания гибридов первого поколения между собой возможны 12 вариантов генотипов, и 4 варианта фенотипов:

- 9 частей унаследуют доминантные признаки и цвета, и формы;
- 3 части — доминантный признак по цвету и рецессивный по форме;
- 3 части — доминантный признак по форме и рецессивный по цвету;
- 1 часть — оба рецессивных признака



## ■ Неполное доминирование



Расщепление F<sub>2</sub> по фенотипу:  
1 красный : 2 розовых : 1 белый

1. Если один аллель не полностью доминирует над вторым, наблюдается промежуточное наследование. В этом случае признаки гибридов являются промежуточными по сравнению с родительскими формами
2. При скрещивании гибридов между собой в F<sub>2</sub> происходит расщепление по фенотипу в отношении 1:2:1
3. Гетерозиготы внешне отличаются от гомозигот

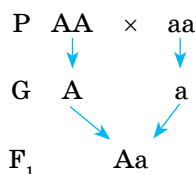
По фенотипу организма нельзя в полной мере судить о его наследственной структуре — генотипе. При полном доминировании, например, гомозиготы AA и гетерозиготы Aa имеют одинаковый фенотип. Определить генотип можно только по характеру расщепления в гибридном поколении.

## ■ Анализирующее скрещивание

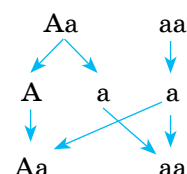
**Анализирующее скрещивание** — это скрещивание особи неизвестного генотипа с особью, гомозиготной по рецессивному аллелю. Гомози-

готная особь всегда образует один сорт гамет, и по потомству F<sub>1</sub> можно судить о количестве типов гамет исследуемого генотипа

Если во время анализирующего скрещивания особи неизвестного генотипа с рецессивной гомозиготой все особи в F<sub>1</sub> однообразные, то неизвестный генотип — гомозигота AA:



Если во время анализирующего скрещивания особи неизвестного генотипа с рецессивной гомозиготой в F<sub>1</sub> расщепление 1:1, то неизвестный генотип — гетерозигота Aa:

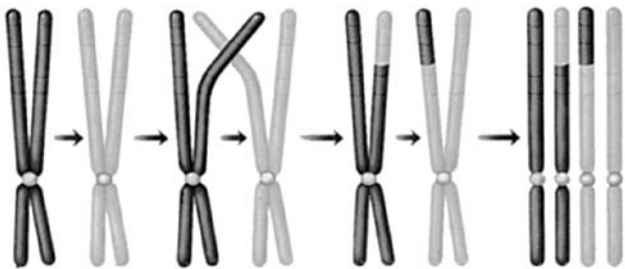


# ■ Явление сцепленного наследования

Независимое расщепление во время дигибридного скрещивания (см. третий закон Менделя) происходит в том случае, когда гены, принадлежащие к разным аллелям, расположены в разных парах гомологичных хромосом.

Закономерность наследования неаллельных генов, расположенных в одной хромосоме, была изучена Т. Х. Морганом и его коллегами.

Морган установил, что гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются вместе, образуя **группу сцепления**. Количество групп сцепления у организмов определенного вида равняется количеству хромосом в гаплоидном наборе. Однако **сцепление генов** может нарушаться в мейозе во время **кроссинговера** — при перекрещивании хромосом и обмене участками.

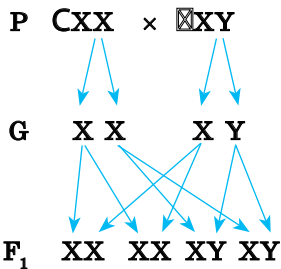


Закономерности кроссинговера
Сила сцепления между двумя генами, расположенными в одной хромосоме, обратно пропорциональна расстоянию между ними
Частота кроссинговера между двумя сцепленными генами представляет собой относительно постоянную величину для каждой конкретной пары генов

# ■ Основные положения хромосомной теории наследственности (Т. Х. Морган, 1911—1926 гг.)

Гены расположены вдоль хромосом в линейном порядке
Каждый ген занимает в хромосоме определенный участок (локус), аллельные гены занимают одинаковые локусы гомологичных хромосом
Все гены одной хромосомы образуют группу сцепления, благодаря чему происходит сцепленное наследование некоторых признаков; сила сцепления между двумя генами обратно пропорциональна расстоянию между ними
Сцепление между генами, расположенными в одной хромосоме, нарушается вследствие кроссинговера, при котором гомологичные хромосомы обмениваются участками
Каждый биологический вид характеризуется определенным кариотипом

# ■ Генетика пола



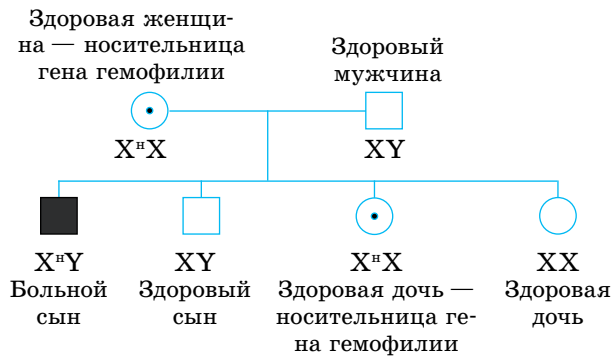
Пол, особи которого имеют одинаковые половые хромосомы, называется **гомогаметным**. При образовании гамет все они имеют одинаковые половые хромосомы.

Пол, у особей которого половые хромосомы разные, называется

**гетерогаметным**. Гаметы этих особей отличаются половыми хромосомами и образуются в равном отношении.

Признаки, гены которых локализованы в половых хромосомах, называются **сцепленными с полом**.

## ■ Наследование признаков, сцепленных с полом



**Схема наследования гена гемофилии:**  
 $X^h$  — хромосома с геном гемофилии

Х- и Y-хромосомы имеют общие гомологичные участки. В этих участках локализованы гены, определяющие признаки, которые наследуются одинаково как у мужчин, так и у женщин. Кроме гомологичных участков, Х- и Y-хромосомы имеют негомологичные участки. Х-хромосома имеет локусы, отсутствующие в Y-хромосоме. Если в таком локусе расположен рецессивный аллель, обуславливающий генетическое заболевание (например, гемофилию, дальтонизм), то гетерозиготная женщина будет здоровой, а гомозиготный мужчина — больным.

## ■ Взаимодействие генов. Множественное действие генов








Если несколько генов определяют один признак организма, то они взаимодействуют друг с другом. Различают такие основные типы взаимодействия неаллельных генов: комплементарность, эпистаз и полимерия.

При **комплементарности** каждый из взаимодействующих генов поодиночке не обеспечивает формирование определенного признака, но в присутствии обоих генов это происходит.

**Эпистаз** — тип взаимодействия генов, при котором одна пара аллелей может угнетать проявление другой.

**Полимерия** — тип взаимодействия генов, при котором несколько генов контролируют наследование одного признака. Такие гены называются **полимерными**.

**Плейотропия** — множественное действие генов. Многие гены действуют не на один, а на несколько разных признаков.

Локус 1	$d^1 d^1$	$d^1 D^1$	$d^1 D^1$	$D^1 D^1$	$D^1 d^1$	$D^1 d^1$	$D^1 D^1$
Локус 2	$d^2 d^2$	$d^2 d^2$	$d^2 D^2$	$D^2 d^2$	$D^2 d^2$	$D^2 D^2$	$D^2 D^2$
Локус 3	$d^3 d^3$	$d^3 d^3$	$d^3 d^3$	$d^3 d^3$	$D^3 D^3$	$D^3 D^3$	$D^3 D^3$
Общее число генов, обуславливающих темную пигментацию	0	1	2	3	4	5	6
							
	Очень светлый			Смуглый			Очень темный

**Полигенное наследование пигментации кожи**

■ Цитоплазматическая наследственность

Оплодотворенная яйцеклетка — зигота — получает цитоплазму преимущественно от материнского организма. От сперматозоида при оплодотворении в яйцеклетку попадает очень мало цитоплазмы. Таким образом наследственная информация цитоплазматических структур (митохондрий и хлоропластов) будет передаваться только по материнской линии, то есть от матери — к дочери и сыну, но дальше ее может передать только дочь. Такая наследственность получила название материнской. Поскольку материнская наследственность связана с цитоплазмой, она получила название внеядерной, или цитоплазматической.

■ Виды генов

Структурные	Регуляторные
Кодируют структуру белков и рибонуклеиновых кислот	1. Являются местом объединения ферментов и других биологически активных соединений. 2. Влияют на активность структурных генов. 3. Принимают участие в процессах репликации ДНК и транскрипции.

Тема 7. Закономерности изменчивости

Все живые организмы развиваются в тесной взаимосвязи друг с другом и с окружающей средой. Разные факторы среды (свет, температура, влажность, состав почвы и др.) влияют на организмы, вызывая в них изменение внешних и внутренних признаков. Таким образом, организм имеет не только наследственность, поставляющую материал для эволюции и селекции, но и изменчивость.

**Изменчивость** — способность организмов изменять свои признаки и свойства.

Виды изменчивости		
Модификационная (фенотипическая, ненаследственная, массовая)	Генотипическая (наследственная)	
	Мутационная (генотипическая, наследственная, индивидуальная)	Комбинативная
Изменения — модификации	Изменения — мутации	Изменения — рекомбинации

МОДИФИКАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Изменения фенотипа, возникшие под влиянием окружающей среды, но не затрагивающие генотип и не передающиеся другим поколением, называются модификациями, а такая изменчивость — **модификационной**.

## ■ Свойства модификаций



Модификации формы  
листьев стрелолиста

Степень выраженности модификации зависит от интенсивности и продолжительности действия фактора

Модификации не наследуются

Модификации могут исчезать на протяжении жизни особи, если прекращается действие факторов, вызвавших их

Модификации, возникающие на ранних этапах онтогенеза, могут сохраняться на протяжении всей жизни особи, но не наследоваться

Модификации направлены на приспособление организмов к изменениям действия тех или иных факторов

## ■ Норма реакции

Разные признаки организма в разной степени изменяются под влиянием внешних условий. Гра-

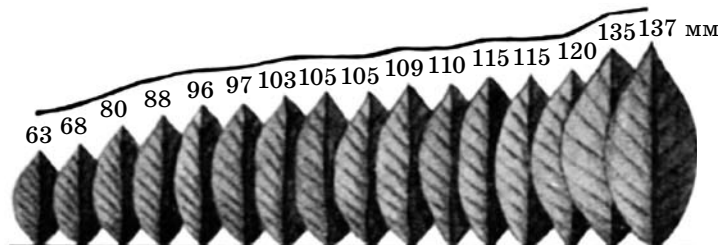
ницы, в которых возможно изменение признаков у данного генотипа, называются **нормой реакции**.

Норма реакции	
Узкая	Широкая
Признаки, имеющие первостепенное значение для процессов жизнедеятельности	Признаки, не имеющие особого значения для организма

## ■ Вариационный ряд

Для изучения изменчивости определенного признака составляют **вариационный ряд**: последовательность количественных показателей определенного признака (вариант),

расположенных в порядке их возрастания или уменьшения. Длина вариационного ряда свидетельствует о размахе модификационной изменчивости.



**Вариационная кривая** — это графическое выражение количественных показателей изменчивости определенного признака, иллюстрирующее как размах этой изменчивости, так и

частоту, с которой встречаются отдельные варианты. С помощью вариационной кривой можно установить средние показатели и норму реакции того или иного признака.



# МУТАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Мутации — дискретные изменения генетического материала. Х. де Фриз ввел термин «мутация» (изменение) и провел первые исследования этого процесса.

## ■ Свойства мутаций

Мутации возникают внезапно, скачкообразно
Мутации — редкие события
Мутации наследуются, то есть устойчиво передаются из поколения в поколение
Мутации не имеют направленности: мутировать может любой участок, вызывая изменения как незначительных, так и жизненно важных признаков
Одни и те же мутации могут возникать повторно
По своему проявлению мутации могут быть как полезными, так и вредными и нейтральными, как доминантными, так и рецессивными

## ■ Значение мутаций

Мутации — источник наследственной изменчивости, материал для естественного отбора
Мутации широко используются в селекции растений и микроорганизмов
Искусственные мутации используются при разработке генетических методов борьбы с вредителями и болезнями

## ■ Мутагены

Мутагены — это факторы (вещества, температура, излучение и т. п.), вызывающие мутации. Мутации можно вызвать искусственно.



Разные виды организмов и даже разные особи одного вида отличаются индивидуальной чувствительностью к мутагенам.

Тем не менее:

- 1) частота мутаций возрастает, если действие мутагена более сильное и длительное;
- 2) для мутагенов не существует нижней границы их действия.

## ■ Классификация мутаций

Типы мутаций по уровню возникновения		
Генные (точечные)	Хромосомные	Геномные
Изменения отдельных генов: — замены азотистых оснований; — выпадение или добавление новых оснований	Изменения структуры хромосом: <b>нехватки</b> — утрата концевой участка хромосомы; <b>делеция</b> — утрата участка средней части хромосомы; <b>дупликация</b> — повторение участка хромосомы; <b>инверсия</b> — переворот участка хромосомы на $180^\circ$ ; <b>транслокация</b> — обмен участками между негомологичными хромосомами	Изменение количества хромосом организма: <b>анеуплоидия</b> — изменение количества хромосом, не кратное гаплоидному набору; <b>полиплоидия</b> — изменение количества хромосом, кратное гаплоидному набору

Типы мутаций по происхождению	
Спонтанные	Индукцированные
Возникают без видимых причин	Возникают под воздействием мутагенных факторов (мутагенов)

Типы мутаций (по месту возникновения)	
Генеративные	Соматические
Возникают в гаметах и проявляются в следующих поколениях	Возникают в соматических клетках, проявляются в этом организме. Могут передаваться потомкам при вегетативном размножении

Типы мутаций в зависимости от влияния на жизнедеятельность организма			
Летальные	Сублетальные	Нейтральные	Полезные
Приводят к гибели организма	Снижают жизнеспособность организма	При определенных условиях не влияют на организм	Повышают жизнеспособность организма

Вероятность того, что мутация повысит жизнедеятельность, незначительна. Но при изменении условий существования нейтральные мутации могут стать полезными для организма.

## ■ Закон гомологических рядов наследственной изменчивости

В 1920—1921 гг. Н. И. Вавилов сформировал закон гомологических рядов
Виды и роды, генетически близкие, характеризуются подобными рядами наследственной изменчивости
Генетически близкие родственники имеют общее происхождение путем дивергенции от общего предка. В семьях видов, имеющих общее происхождение, возникают и подобные мутации
Закон гомологических рядов позволяет прогнозировать характер изменчивости у родственных видов, что облегчает поиск материала для селекции



Николай Иванович Вавилов  
(1887—1943)

## ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ ОРГАНИЗМОВ

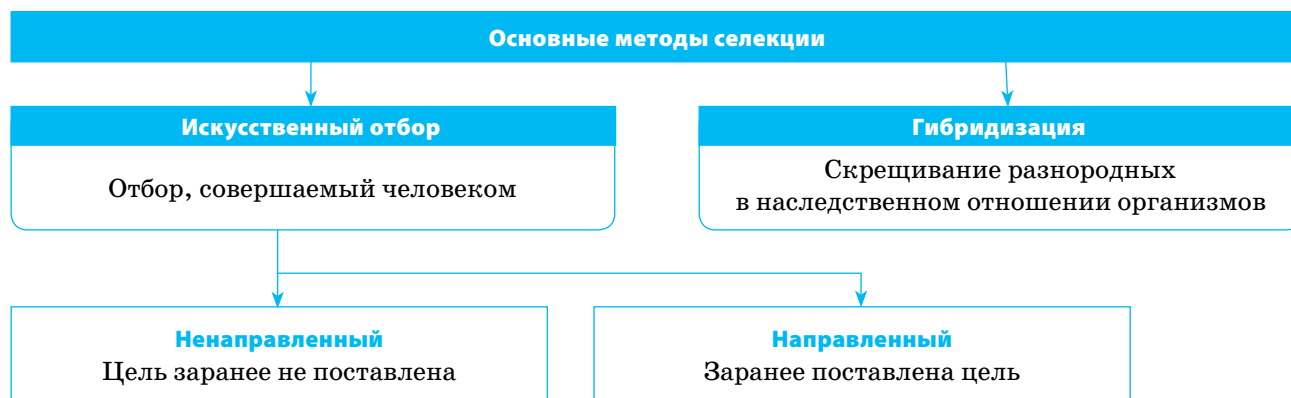
**Селекция** — наука, исследующая выведение новых и усовершенствование существующих сортов культурных растений, пород животных и штаммов микроорганизмов, отвечающих потребностям человека и общества.

**Сорт, порода, штамм** — это искусственно созданные человеком разновидности растений, животных и микроорганизмов, имеющие определенные наследственные особенности: комплекс морфологических и физиологических признаков, продуктивность и норму реакции.

**Н. И. Вавилов указал, что для успешной работы селекционеру следует изучать и учитывать:**

- 1) исходное сортовое и видовое разнообразие растений и животных;
- 2) наследственную изменчивость (мутации);
- 3) роль среды в развитии и проявлении исследуемых признаков;
- 4) закономерности наследования при гибридизации;
- 5) формы искусственного отбора, направленные на выделение и закрепление желательных признаков.

### ■ Основные методы селекции



### ■ Механизм искусственного отбора по Ч. Дарвину

- Выделение отдельных особей с признаками, интересующими человека
- Отбор особей, унаследовавших от родителей желательные для человека признаки
- Размножение особей с полезными признаками
- Развитие желательного признака, его закрепление

## ■ Формы искусственного отбора

Массовый	Индивидуальный
Выделение из исходного материала целой группы особей, имеющих желательные для селекционера признаки	Выделение отдельных особей с интересными для селекционера признаками и получение от них потомков

## ■ Формы гибридизации

Внутривидовая (в рамках одного вида)	
Родственное скрещивание (инбридинг)	Неродственное скрещивание (аутбридинг)
Скрещивание организмов, имеющих непосредственных общих предков. Используют для получения чистых линий. Повышается гомозиготность	Гибридизация организмов, не имеющих тесных родственных связей. Часто наблюдается явление гетерозиса — «гибридной силы». Повышается гетерозиготность
Межвидовая (между особями разных видов)	
Гибридизация особей, принадлежащих к разным видам, родам, с целью объединения у гибридов ценных наследственных признаков: Рожь × пшеница ⇒ тритикале Кобыла × осел ⇒ мул	



а б в  
**Гетерозис по продуктивности кукурузы**

а), в) родительские линии; б) гибрид

Чаще всего **межвидовые гибриды** бесплодны. Впервые методику преодоления бесплодности межвидовых гибридов у растений разработал в 1924 г. русский ученый Г. Д. Карпеченко. Скрещивая редьку с капустой, он удвоил число хромо-

сом у гибрида. Это растение не было похоже ни на редьку, ни на капусту.

**Отдаленная гибридизация** широко применяется в плодоводстве: И. В. Мичурин получил таким образом гибриды ежевики и малины, сливы и терна и др.

**Гибриды растений** можно размножать вегетативно, чего нельзя делать с животными.

Размножают сложные межвидовые гибриды и методами **клеточной**

**инженерии**. Новый организм можно получить из отдельных гибридных соматических клеток. Этот метод называется **клонированием**.

## ■ Особенности растений как объектов селекции

Особенности растений
Высокая плодовитость (большое число потомков)
Кроме полового размножения, характерно также вегетативное
Присуще явление полиплоидии
Неприхотливы к условиям среды
Не требуют больших экономических затрат

## ■ Методы селекции растений

Высокая урожайность, многочисленность потомства позволяют использовать метод массового отбора
Наличие самоопыляющихся видов дает возможность вывести чистую линию путем применения индивидуального отбора
Благодаря вегетативному размножению можно продолжительное время сохранять гетерозиготную комбинацию, соматическую мутацию
Влияя на прорастание семян химическими веществами, излучением, удается получать материал для отбора
Полиплоидия — один из путей улучшения сортов культурных растений

Значительный вклад в развитие селекции растений сделали селекционеры-генетики: И. В. Мичурин, Г. Д. Карпеченко, Н. В. Цицин, Н. Н. Лукьяненко, В. Н. Ремесло, В. С. Пустовойт. Они вывели высокоурожайные сорта сахарной свеклы, гречихи, хлопка, высокопроизводительные кубанские сорта пшеницы, украинские сорта «Ми-роновская-808», «Юбилейная-50», «Харьковская-63» и др.

## ■ Особенности животных как объектов селекции

Немногочисленность потомства
Значительная продолжительность жизни
Раздельнополые (затрудняет инбридинг)
Только половое размножение
Необходимая гомозиготность чистых линий достигается за счет близкородственного скрещивания, ведущего к инбредной депрессии
Сложные взаимоотношения с окружающей средой в связи с наличием нервной системы
Каждый объект представляет собой значительную селекционную ценность
Значительные экономические затраты на содержание

## ■ Методы селекции животных

Не применяется массовый отбор, учитывая соотносительную изменчивость
Определение качества производителей по показателям потомков; изучение родословной
Искусственное оплодотворение, получение ценных пород большого рогатого скота в искусственных условиях («в пробирке»). Потом эмбрион пересаживают в матку самки другой породы для дальнейшего развития. Таким образом можно получить значительное количество потомков с важными практическими свойствами

## ■ Особенности микроорганизмов и их селекции

Не имеют типичного полового процесса
Гаплоидные, что дает возможность мутациям проявляться уже в первом поколении потомков
Быстрые темпы размножения дают возможность получать большое количество клеток — потомков

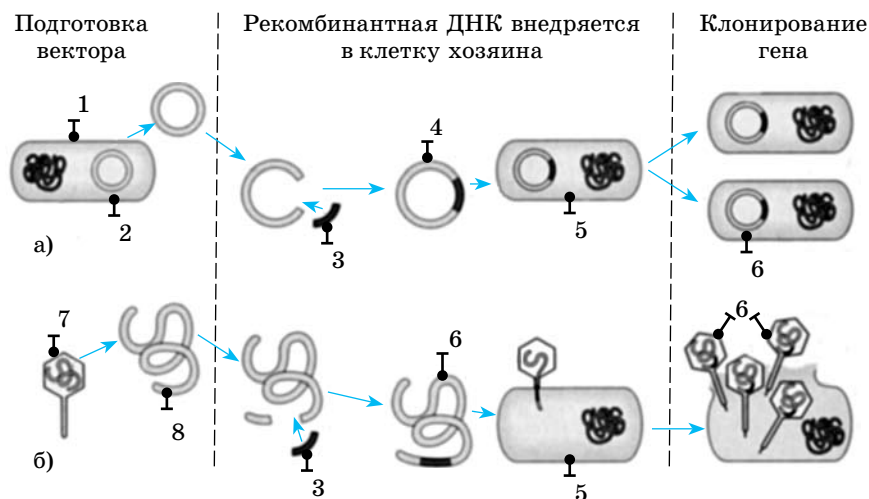
## ■ Основные направления современной биотехнологии

**Биотехнология** — это совокупность промышленных методов, применяющихся для производства различных веществ с использованием живых организмов, биологических процессов или явлений.

## ■ Основные направления биотехнологии

<b>Промышленная микробиология</b>	Превращение парафинов в кормовой белок в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, производства антибиотиков и других лекарственных веществ
<b>Инженерная энзимология</b>	Получение и использование чистых ферментов и ферментных препаратов
<b>Генная инженерия</b>	Искусственное конструирование молекул ДНК (генов)
<b>Клеточная инженерия</b>	Культивирование клеток и тканей высших организмов

## ■ Клонирование генов



**Клонирование генов с использованием а) бактерий, б) вирусов:**

1 — бактерия; 2 — плазмида; 3 — чужеродный ген; 4 — рекомбинантная плазмида;  
5 — клетка хозяина; 6 — рекомбинантная ДНК; 7 — вирус; 8 — вирусная ДНК

# РАЗДЕЛ IV. ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

## Тема 1. Экологические условия существования организмов

<b>Экология</b> — область знаний, изучающая взаимоотношения организмов и их групп с окружающей средой. Термин «экология» предложил немецкий естествоиспытатель	Э. Геккель в 1866 г. для определения «общей науки об отношении организмов с окружающей средой». Как самостоятельная наука экология отделилась в начале XX ст.
--	---

### МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

<b>Наблюдение</b> — кратковременное и продолжительное
<b>Экологическая индикация</b> — определение состояния и свойств экосистем по видовому составу и соотношению между собой определенных (эталонных) групп видов
<b>Метод экологического мониторинга</b> — анализ состояния экосистем (локальный, региональный, глобальный)
<b>Математическое моделирование</b> — прогнозирование возможных вариантов течения событий, их комбинирование, предупреждение нежелательных последствий

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

<b>Экологические факторы</b> — это условия окружающей среды, имеющие влияние на живые организмы.
--

#### ■ Экологические факторы

<b>Абиотические</b>	Компоненты и свойства неживой природы: температура, освещенность, влажность, давление и т. п.
<b>Биотические</b>	Различные формы взаимодействий между особями в популяциях и между популяциями в сообществах
<b>Антропогенные (антропические)</b>	Сознательное и неосознанное вмешательство человека в естественные процессы

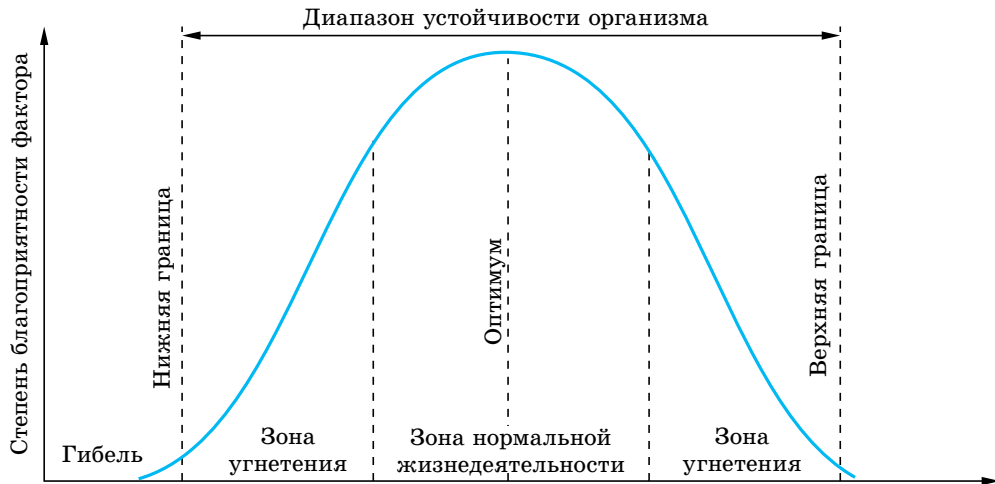
#### ■ Закономерности влияния экологических факторов на живые организмы

<b>Правило экологической индивидуальности</b>	Не существует двух близких видов, сходных по своим адаптациям
<b>Правило относительной независимости адаптаций</b>	Хорошая приспособленность организма к действию определенного фактора не означает такой же хорошей приспособленности к другим
<b>Закон оптимума</b>	Каждый фактор положительно влияет на организм лишь в определенных рамках



## ■ Влияние факторов

<b>Оптимальный (оптимум)</b>	Интенсивность фактора наиболее благоприятна для жизнедеятельности того или иного организма
<b>Ограничивающий</b>	Значение фактора выходит за пределы выносливости (минимума и максимума). Определяет территорию расселения вида
<b>Предел выносливости (минимум и максимум)</b>	Границы, за которыми существование организма невозможно



## ■ Температура

**Температура** — важный экологический фактор. Температурные границы существования организмов — от  $-50$  до  $+95$  °C, оптимальная температура — от  $+15$  до  $+30$  °C.

Организмы	
Пойкилотермные (холоднокровные)	Гомойотермные (теплокровные)
Температура тела непостоянная, зависит от температуры окружающей среды	Температура тела постоянная, не зависит от температуры окружающей среды
С наступлением холодов впадают в спячку или принимают состояние анабиоза	Могут переносить неблагоприятные условия в активном состоянии



**Анабиоз** — состояние организма, при котором жизненные процессы временно прекращаются или так замедляются, что исчезают все видимые проявления жизни.

# ■ Свет

**Свет** — основной источник энергии на Земле. В форме солнечной радиации он обеспечивает все жизненные процессы на Земле. Продолжительное действие света (фотопериод) — это мощный стимул активности организмов. Фотопериодизм — реакция организма на смену дня и ночи, проявляющаяся в колебаниях интенсивности физиологических процессов.



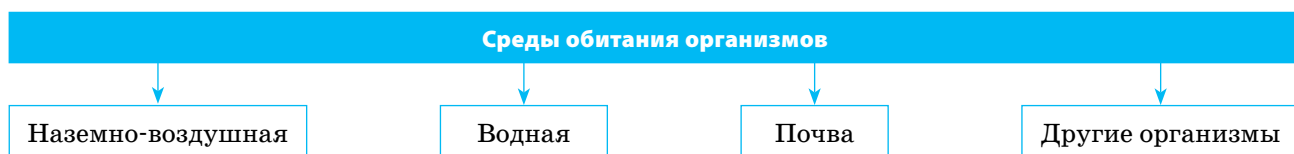
# ■ Влажность

Растения			
Гидрофиты	Гигрофиты	Мезофиты	Ксерофиты
Живут в водной среде	Растения избыточно влажных мест	Растения достаточно влажных мест	Растения сухих мест

Вода играет исключительную роль в поддержании жизни на Земле.

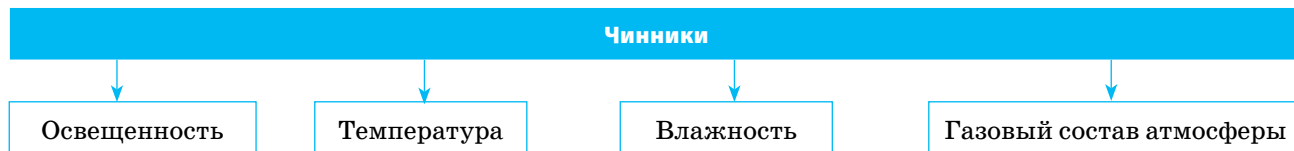
Животные			
Водные	Влаголюбивые	Сухолюбивые	Засухоустойчивые
Живут только в водной среде	Вода необходима для определенных процессов жизнедеятельности, таких как размножение, дыхание	Живут на суше, в течение непродолжительного времени способны переносить недостаток воды	Живут в местах с низкой влажностью, используют метаболическую воду

## ОСНОВНЫЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ОРГАНИЗМОВ



### ■ Наземно-воздушная среда

Наземно-воздушная среда очень разнообразна по проявлению факторов, которые влияют на особенности жизнедеятельности организмов



### ■ Водная среда

Водная среда значительно отличается от наземно-воздушной: большая плотность, меньше кислорода, значительные перепады давления, разные типы водоемов отличаются соленостью, скоростью течения и т. п.

Экологические группы обитателей водоемов	Характеристика
Планктонные организмы (планктон)	Живут в толще воды и неспособны противостоять течениям
Бентосные организмы (бентос)	Прикреплены ко дну водоема, передвигаются по дну, углубляются в его толщу
Перифитонные организмы (перифитон)	Живут на разных субстратах в толще воды
Нейстонные организмы (нейстон)	Живут на границе двух сред: водной и воздушно-наземной, используя силу натяжения водной пленки

### ■ Особенности почвы как среды обитания

Влажность, как правило, выше, чем влажность воздуха
Сравнительно небольшая амплитуда суточных и сезонных колебаний температур
Содержимое углекислого газа значительно выше, а кислорода — чуть ниже, чем в атмосфере

### ■ Живые организмы как среда обитания

Живые организмы как среда обитания коренным образом отличаются от других сред. Если на организмы, живущие на других организмах, влияют факторы внешней среды, то на живущих внутри организма хозяина эти факторы непосредственно не влияют. Среда здесь стабильная.

ВИДЫ

**Вид** — совокупность особей, сходных между собой по строению, функциям, месту в биогеоценозе (экологическая ниша), заселяющих определенную часть биосферы (ареал), свободно скрещивающихся между собой в природе, дающих

плодовитых потомков и не гибридизирующиеся с другими видами.

Вид — основная структурная и таксономическая единица в системе живой природы. В природе виды существуют в форме популяций.

■ Критерии вида

Характерные для вида признаки и свойства называют **критериями вида**. Для установления видовой принадлежности недостаточно

использовать какой-либо один критерий; только их совокупность правильно характеризует вид.

Критерий	Характеристика
Генетический (это главный критерий)	Характерный для каждого вида набор хромосом, строго определенное их число, размеры и форма
Морфологический	Сходство внешнего и внутреннего строения особей
Физиологический	Сходство всех процессов жизнедеятельности у особей, прежде всего — сходство размножения
Географический	Определенный ареал, который занимает вид в природе
Экологический	Совокупность факторов окружающей среды, в которой существует вид

Существуют виды-двойники, которые похожи по морфологическому, физиологическому, географическому

критериям, но отличаются по количеству и строению хромосом. Генетический критерий считают основным.

ПОПУЛЯЦИИ

**Популяция** — совокупность особей одного вида, относительно изолированная от подобных совокупностей того же вида, продолжительное время занимающая определенное пространство и воссоздающая себя на протяжении большого числа поколений. Популяция — форма существования вида, единица эволюции.

Популяция способна поддерживать длительное время свою численность благодаря размножению, обмениваться генетической информацией и эволюционировать. Популяция является основной естественной единицей существования, приспособления, воспроизведения и эволюции вида.

## ■ Показатели, характеризующие популяции

<b>Численность</b> (количество особей в ее составе)
<b>Плотность</b> (среднее количество особей на единицу площади, объема)
<b>Биомасса</b> (масса особей на единицу площади, объема)
<b>Рождаемость</b> (количество особей, родившихся за единицу времени)
<b>Смертность</b> (количество особей, гибнущих за единицу времени)
<b>Прирост</b> (разность между рождаемостью и смертностью)
<b>Ареал</b> (территория, которую занимает популяция)

## ■ Особенности структуры популяций

Половая	Возрастная	Пространственная
Соотношение особей разных полов	Зависит от соотношения особей разного возраста	Распределения особей по занимаемой ими территории

## ■ Пространственная структура (по характеру использования территории)

Популяции оседлых видов	Популяции кочевых видов	Популяции мигрирующих видов
Не перемещаются	Перемещаются на относительно небольшие расстояния	Закономерно меняют места обитания, перемещаются на значительные расстояния

Пространственная структура популяции имеет приспособленческий характер, поскольку дает возмож-

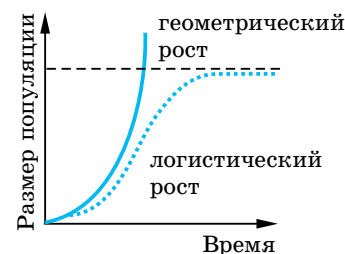
ность как можно полнее использовать ресурсы среды обитания.

## ■ Популяционные волны (волны жизни)

Сезонные	Несезонные
Обусловленные особенностями жизненных циклов или сезонными изменениями климатических факторов (размножение насекомых)	Обусловленные изменениями разнообразных экологических факторов: климатических, биотических, антропоических (нашествие саранчи)

## ■ Прирост

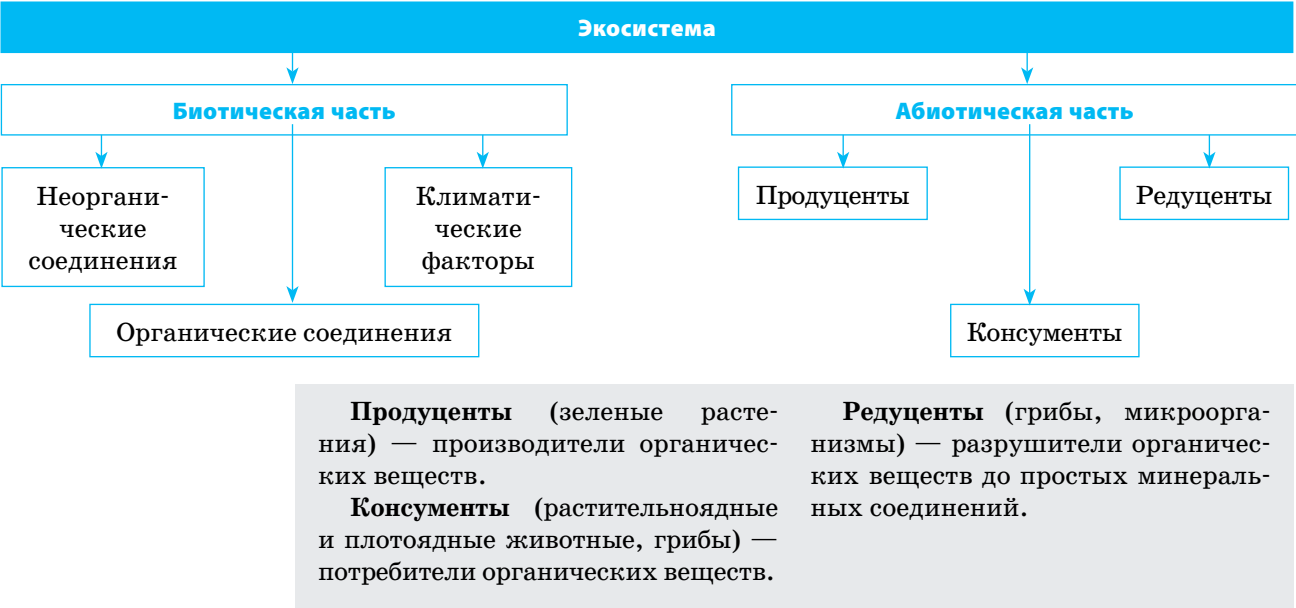
Положительный	Отрицательный
Интенсивность рождаемости превышает смертность	Смертность превышает рождаемость



ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

**Экосистема (биогеоценоз)** — естественная единица, состоящая из ряда живых и неживых компонентов. В результате их взаимодействия создается стабильная система, в которой постоянно происходит круговорот веществ.

■ Структура экосистемы



■ Характеристики экосистемы

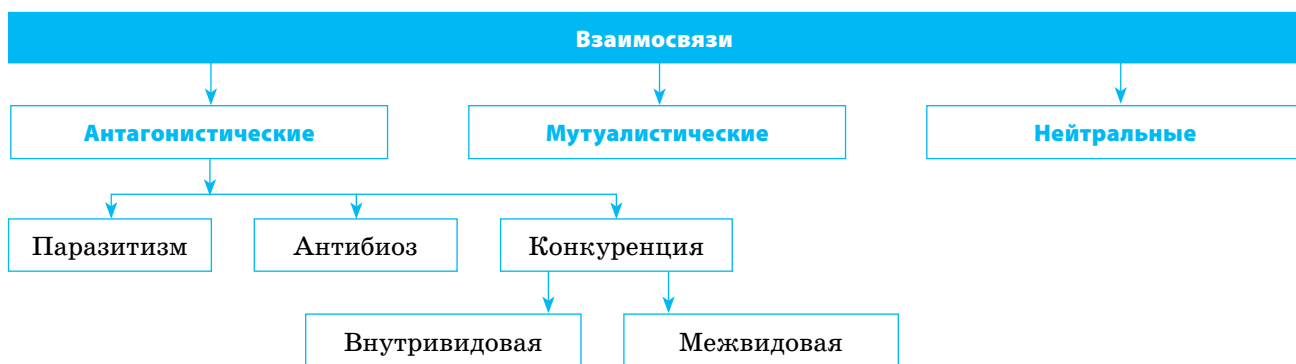
<b>Видовое разнообразие</b> — совокупность популяций разных видов
<b>Плотность популяций</b> — количество особей, отнесенная к единице площади, объема
<b>Биомасса</b> — общее количество органического вещества (сухая масса на единицу площади, объема)
<b>Биологическая продуктивность</b> — скорость образования биомассы
<b>Площадь или объем</b> , который занимает экосистема

■ Свойства экосистем

<b>Целостность</b> — в результате взаимодействий организмов между собой и факторами неживой природы возникают потоки энергии и круговорот веществ, объединяющих их в единое целое
Способность к <b>самовоспроизведению</b>
<b>Устойчивость</b>
<b>Саморегуляция</b>

Нарушения взаимосвязей в экосистемах может привести к нарушению саморегуляции и нежелательным последствиям.

## ■ Взаимосвязи организмов в экосистемах



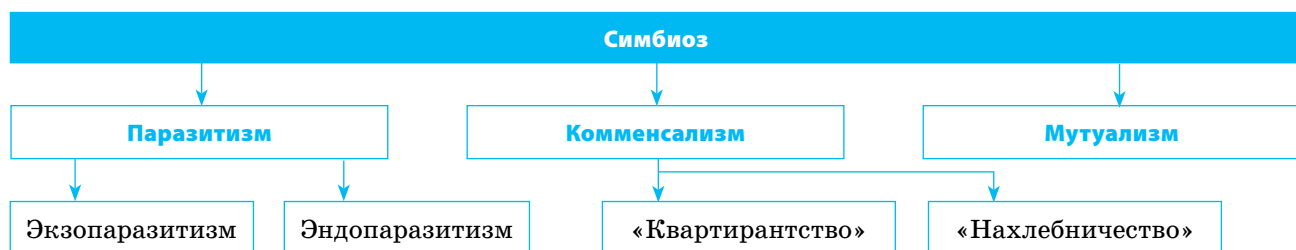
**Симбиоз** — все формы сосуществования различных видов.

**Паразитизм** — форма сожительства организмов разных видов, из которых один (паразит) живет за счет другого (хозяина).

**Комменсализм** — форма взаимоотношений между двумя видами животных, при котором один

из них (комменсал) пользуется какими-то преимуществами за счет другого (хозяина), не нанося ему вреда.

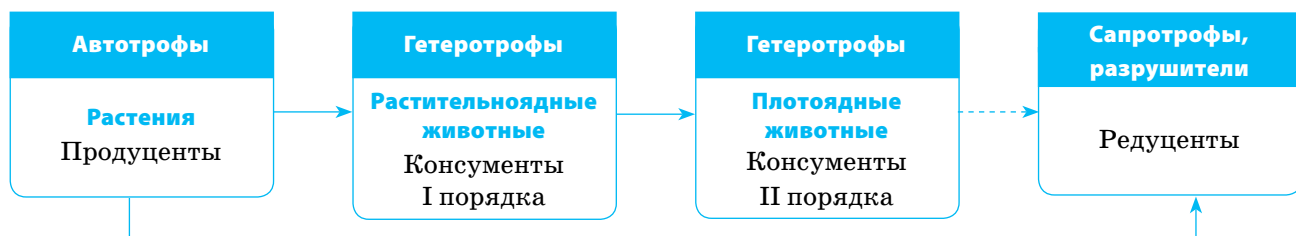
**Мутуализм** — форма сосуществования организмов, при которой каждый из организмов, живущих вместе, приносит другому определенную пользу.



## ■ Цепи питания

В природе происходит непрерывный круговорот биогенных веществ, необходимых для жизни. В процессе эволюции в экологических системах сложились определенные цепи питания.

**Цепь питания** — это последовательность взаимосвязанных видов, последовательно добывающих органическое вещество и энергию из начального питательного вещества, каждое предыдущее звено является питательным для следующего.





## ■ Экологическая пирамида

Когда животное съедает растение, большая часть энергии, содержащаяся в этой пище, рассеивается в виде тепла и только незначительная часть используется для синтеза животных тканей. Если это животное съедят другие животные, произойдет дальнейшая потеря энергии

в виде тепла и т. д. В экологических системах в процессе эволюции в цепях питания определилась важная закономерность, получившая название **экологической пирамиды**: каждый последующий уровень питания имеет массу в 10 раз меньшую, чем предыдущий.



Каждое звено способно использовать только 5—15 % (в среднем 10 %) энергии, поэтому типичная цепь питания состоит не более чем из 4—

6 взаимосвязанных звеньев. Каждое звено цепи питания — **трофический уровень**.

## ■ Изменения экосистем

### Причины изменений экосистем

Изменения, вызванные жизнедеятельностью организмов

Факторы физической среды

Ни одна экосистема не существует вечно, рано или поздно она сменяется другой. Способность к заменам — одно из важнейших свойств экосистемы.

### Сукцессии

#### Первичные

Начинаются на лишенных жизни местах

#### Вторичные

Развиваются на месте сформированных экосистем после их нарушения

**Сукцессия** — последовательная, необратимая, направленная замена одной экосистемы другой.

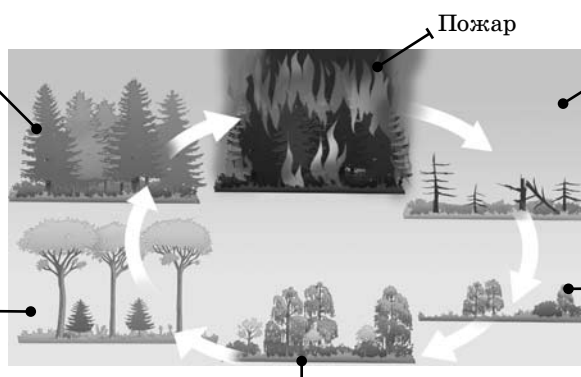
## ■ Последовательные изменения и равновесие

Если климатические условия и тип почвы определяют растительность местности, то растительность, в свою очередь, влияет на почву и в небольших масштабах также на климат. Это взаимодействие приводит к состоянию равновесия (**климакса**) между растительностью, климатом и почвой

определенной зоны. Любое изменение, естественное или искусственное, в одном из этих факторов начинает цепную реакцию последовательных экологических изменений, целью которой является восстановление равновесия, выражающееся в так называемой климаксовой растительности.

Ели вытесняют пихты, которые не могут расти в тени. Через 500 лет после пожара восстанавливается первоначальный еловый лес

На протяжении 150 лет березы вытесняются пихтами; ели могут расти в тени



Уже через год на месте пожара вырастают травы, которые любят свет

Вскоре появляются побеги берез и осин, требующие много света и быстро растущие

Через 60 лет получается березовый лес, под защитой которого растут и ели

**Пример последовательных экологических изменений после пожара в еловом лесу**

## ■ Агроценозы

**Агроценоз** — это искусственная экосистема, сообщества растений, животных, грибов и микроорганизмов, созданные для получения сельскохозяйственной продукции, регулярно поддерживаемые человеком.

Искусственные экосистемы характеризуются такими же показателями, как и естественные. У них такая же структура, только обязательным звеном питательной цепи является человек.

## ■ Сравнения естественных и искусственных экосистем

Биоценоз	Агроценоз
Действует естественный отбор (выживают наиболее приспособленные к условиям существования организмы)	Действует искусственный отбор (сохраняются организмы с большой продуктивностью)
Основной источник энергии — Солнце	Кроме солнечной энергии присутствует другой источник — удобрения, орошения и т. д.
Круговорот веществ осуществляется полностью	Круговорот не происходит
Большое разнообразие видов организмов	Количество видов ограничено двумя-тремя видами
Саморегуляция	Регулируются и контролируются человеком
Разная продуктивность	Значительная продуктивность

## БИОСФЕРА И ЕЕ ГРАНИЦЫ



Владимир Иванович  
Вернадский  
(1863—1945)

**Биосфера** — оболочка Земли, которую населяют живые организмы. Биогеоценоз является элементарной структурой биосферы. Сама

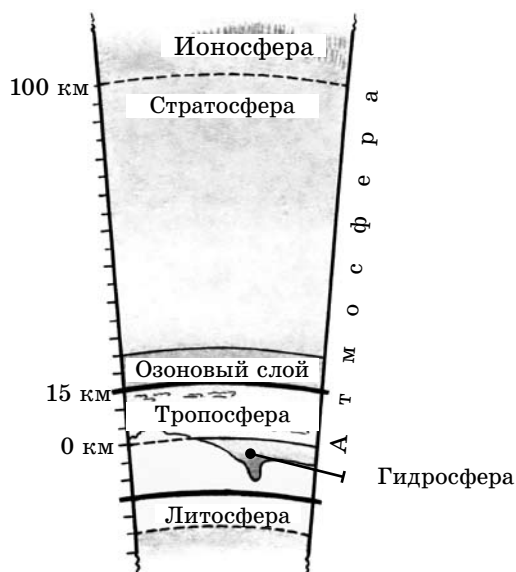
биосфера состоит из совокупности всех биогеоценозов и рассматривается как большая экологическая система.

В 1875 г. австрийский геолог Э. Зюсс предложил понятие биосферы.

Учение о биосфере как об особой части Земли, населенной живыми организмами, создал украинский ученый В. И. Вернадский.

Биосфера не образует отдельной оболочки Земли, а является частью геологических оболочек земного шара, заселенных живыми орга-

низмами, занимает верхнюю часть литосферы, всю гидросферу и нижний слой атмосферы.



**Геологические оболочки Земли**

Организмы могут проникать на относительно незначительные глубины литосферы. Проникновение живых существ вглубь литосферы ограничено высокой температурой горных пород и подземных вод на глубинах 1,5—15 км.

Распространение организмов в атмосфере ограничено озоновым экраном, так как выше него все живое гибнет под действием космического излучения.

## РОЛЬ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ В ПРЕОБРАЗОВАНИИ БИОСФЕРЫ

В состав биосферы входят живые и неживые компоненты. **Живое вещество**, по В. И. Вернадскому, — совокупность всех живых организмов планеты на данный момент существования.

### ■ Свойства живого вещества

Характеризуется огромной энергией, содержащейся в нем, и способно производить работу
Скорость течения химических реакций в живом веществе благодаря участию ферментов в тысячи, а иногда в миллионы раз больше, чем при производстве веществ сугубо химическими методами
Индивидуальные химические соединения, входящие в состав живого вещества, устойчивы только в живых организмах
Живому веществу присуща подвижность. Благодаря разным формам движения живое вещество способно заполнять собой все возможное пространство («вездесущность» жизни). Этот процесс В. И. Вернадский назвал давлением («напором») жизни
Имеет гораздо большее морфологическое и химическое многообразие, чем неживое
Живое вещество представлено в биосфере в виде отдельных организмов, размеры которых колеблются от 20 нм у бактерий до 100 м у растений (диапазон более 10 <sup>9</sup> )
Индивидуумы никогда не находятся в виде отдельных популяций организмов одного вида, они всегда входят в состав экосистемы
Существует в форме непрерывного чередования поколений, способствующей ее обновлению
Способно к эволюционному процессу, благодаря которому происходит нарушение абсолютного копирования предыдущих поколений. Эта способность разрешает живому веществу приспособиться к изменению условий существования
Живое вещество, в отличие от неживого, постоянно производит работу, выполняет определенную функцию

### ■ Функции живого вещества

Функция	Происходящие процессы
Энергетическая	Проявляется в усвоении живым веществом преимущественно солнечной энергии и передачи ее по трофическим цепям. В основе лежит фотосинтетическая деятельность зеленых растений
Газовая	Осуществление энергетической функции сопровождается выделением и поглощением кислорода, углекислого газа и некоторых других газообразных веществ. Благодаря газовой функции сформировался современный состав воздуха
Концентрационная	Проявляется в отделении и избирательном накоплении живыми организмами химических элементов окружающей среды. В результате концентрационной деятельности организмов происходит накопление залежей полезных ископаемых
Окислительно-восстановительная	Заключается в химическом превращении веществ, содержащих атомы со сменной степенью окисления. Окислительно-восстановительные реакции лежат в основе любого вида биологического метаболизма
Деструкционная	Обуславливает процесс разложения организмов после их смерти до минеральных соединений, которые через автотрофное звено снова втягиваются в биологический круговорот

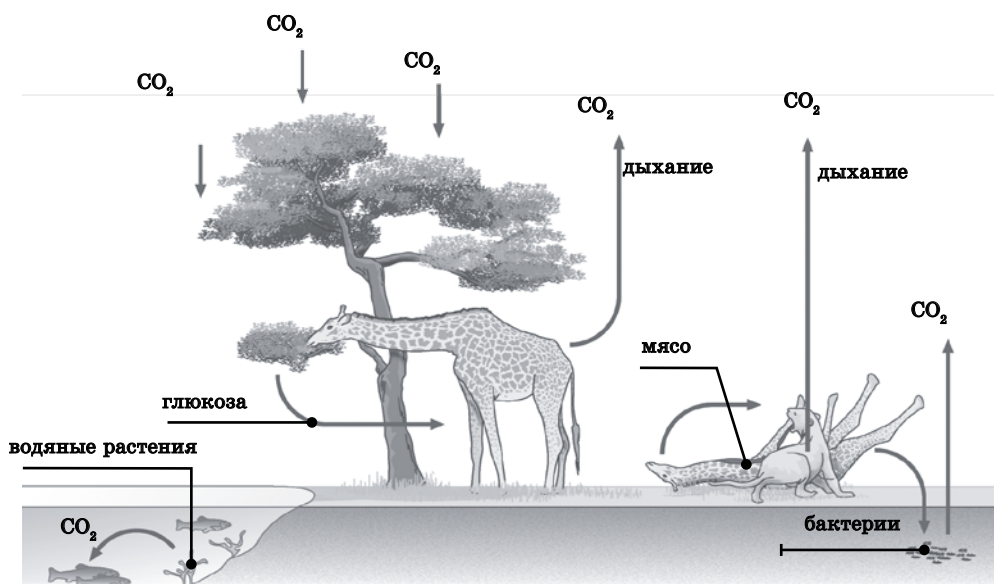
Осуществление функций живого вещества связано с миграцией атомов в процессе круговорота веществ в биосфере. Часть миграции хими-

ческих элементов, происходящая при участии живых организмов, называется биогенной, а вне их, — абиогенной.

### ■ Цикл углерода

Атом углерода входит в состав углекислого газа (неорганическая форма углерода). Растение поглощает его и вовлекает в процесс фотосинтеза, включая углерод в состав молекулы глюкозы (углерод переходит в органическую форму). Травоядное животное поедает это растение и таким образом переме-

щает атом углерода в свое тело. Травоядное животное служит пищей для хищника. После гибели животного организмы-разрушители превращают часть его останков в неорганическую форму — углекислый газ, который попадает в атмосферу. В дальнейшем цикл повторяется.



### ■ Цикл кислорода

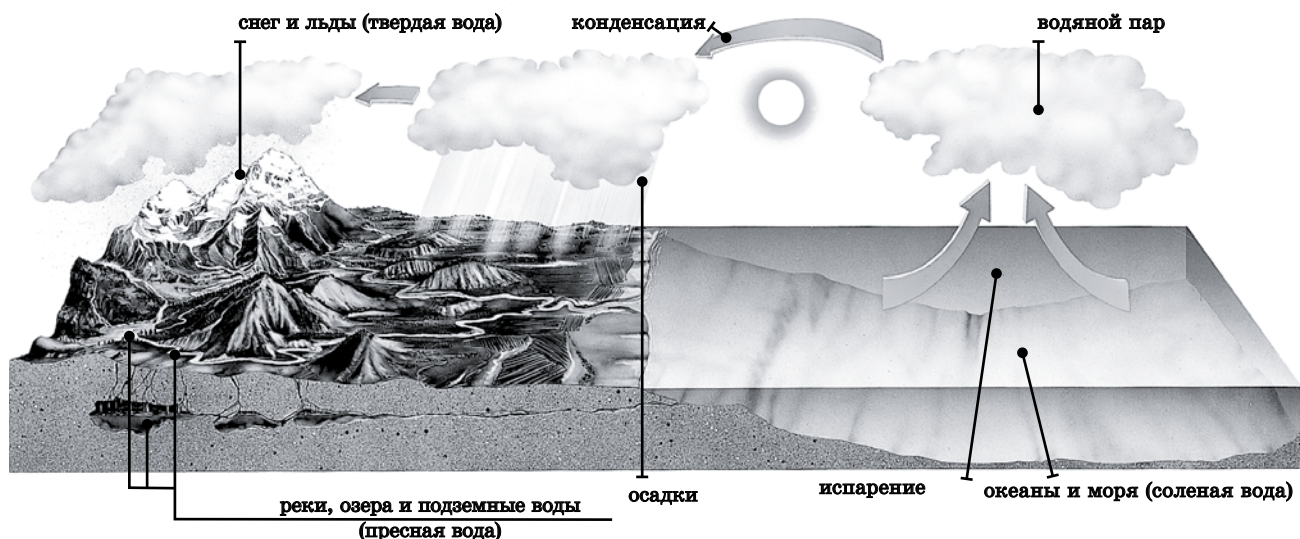
Природный цикл этого элемента противоположен циклу углекислого газа. В результате фотосинтеза в окружающую среду выделяется

молекулярный кислород ( $\text{O}_2$ ). В процессе дыхания животные выделяют углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ).

## ■ Цикл воды

Значение воды для живых организмов огромно. В водной среде зародилась жизнь на Земле. Все химические реакции, которые происходят в организме, нуждаются в присутствии воды. Она создает незаменимую среду для осуществления обмена веществ (**метаболизма**), от образования глюкозы в растениях

до переваривания пищи или регулирования температуры тела. Водоемы — среда существования многих видов животных, растений, микроорганизмов. Вода также проходит непрерывный цикл в природе, который происходит очень активно как вне организмов, так и в их теле.



## ■ Цикл фосфора

**Фосфор** — это элемент, который распространен в природе в составе минералов. После ряда химических реакций воды с горными породами образуются фосфорсодержащие вещества. Они входят в состав почв и используются растениями или попадают в моря, где становятся частью водорослей, прежде всего фитопланктона. В составе живых организмов фосфор переходит с одного трофического уровня на другой по **цепям питания** и высвобождается в окружающую сре-

ду после гибели и разрушения организмов.

В живых организмах фосфор входит в состав важнейших соединений клетки — ДНК, РНК, АТФ.

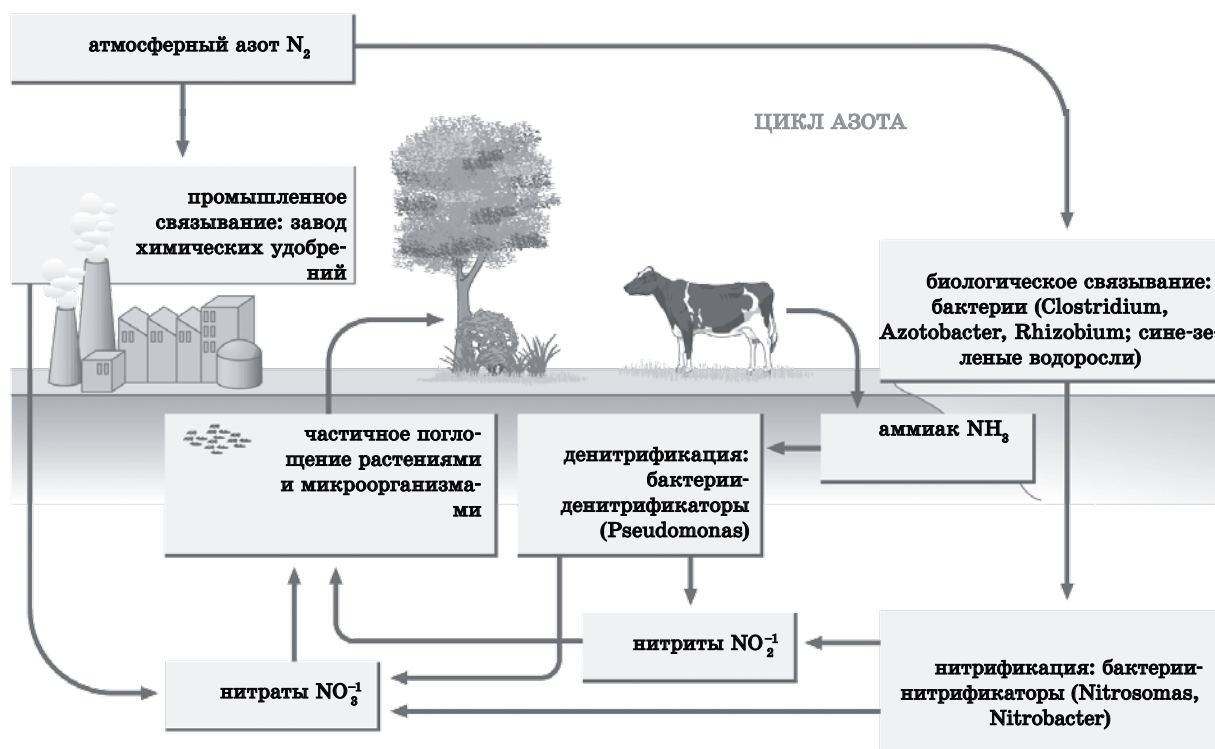
Морские птицы выделяют с экскрементами очень много фосфора, поэтому птичий помет является важным источником этого элемента. Накапливаясь, экскременты и трупы птиц образуют гуано, которое используют как удобрение. Фосфор присутствует в воде в виде ортофосфата ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).



## ■ Цикл азота

В состав земной атмосферы входит большое количество азота в виде газа, имеющего формулу  $N_2$  (78 %). Но азотом, который находится в этой форме, не могут воспользоваться ни растения, ни животные; он пригоден лишь для некоторых бактерий и морских водорослей, которые преобразуют его в аммиак ( $NH_3$ ). Аммиаком растения тоже не могут восполь-

зоваться, бактерии другой группы преобразуют его в нитраты ( $NO_3$ ) — единственную форму азота, которую растения могут использовать для своего развития. Они включают его в свои ткани, и в этом виде азот может перейти в организмы травоядных животных, которые питаются растениями, а потом — в организмы хищников и далее по пищевой цепи.



## ■ Деятельность человека и состояние биосферы

Человечество — часть биосферы, из которой оно берет все средства для существования. Преобразующая деятельность человека в биосфере так велика, что может быть сопоставима лишь с грандиозными геологическими процессами. В связи с этим В. И. Вернадский писал, что человечество, познавая законы природы, совершенствуя технику, своей рабо-

той создает высшую стадию существования биосферы — ноосферу, или сферу ума. Человек далеко не всегда умно подходит к использованию естественных сокровищ нашей планеты. В результате нерациональной деятельности человека лишь на протяжении нескольких последних веков бесследно уничтожены многие виды животных и растений.



# РАЗДЕЛ V. ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

## Тема 1. Основы эволюционного учения

### СТАНОВЛЕНИЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ВЗГЛЯДОВ

Понятие «эволюция» означает постепенный, закономерный переход из одного состояния в другое.

Термин «эволюция» ввел в биологию швейцарский натуралист Ш. Бонне (1762 г.).

### ■ Додарвиновский период

Благодаря работам Аристотеля и его учеников возникли зачатки сравнительной анатомии и эмбриологии, учение о соответствии организмов, идея градации. Особого внимания заслуживает разработка общих принципов классификации, которую он применил к животным, а его ученик Теофраст — к растениям. У Аристотеля вид не имел значения главной систематической единицы. Огромную роль в накоплении научных фактов сыграли Великие географические открытия. Период накопления знаний о разнообразных растениях и животных вошел в науку как описательный, инвентаризационный период. Накопление фактического материала выдвигало необходимость создания научной терминологии и системы растений и животных

Английский биолог Дж. Рэй впервые свел вид к рангу биологического понятия. Были установлены три особенности вида: 1) объединение многих особей; 2) морфологическое и физиологическое сходство между ними; 3) способность к общему размножению и воспроизведению потомства, которое сохраняет сходство с родительскими формами

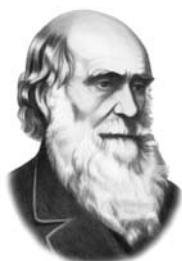
К. Линней получил мировую известность благодаря созданной им системе растений и животных. Линней установил реальность видов, четко акцентировал репродуктивную изоляцию между ними, обнаружил их стабильность, подготовил почву для постановки проблемы об их происхождении; совершил реформу языка ботаники, ввел научную терминологию.



Карл Линней  
(1707—1778)

Ж. Б. Ламарк создал первую целостную концепцию эволюции живой природы (ламаркизм). В соответствии с гипотезой Ламарка, эволюция — это процесс приобретения полезных признаков, наследующихся потомками. Виды изменяются, но очень медленно, поэтому незаметно. Эволюция носит прогрессивный характер, то есть развитие происходит от простого к сложному. Любая изменчивость наследственна и обусловлена влиянием внешней среды. Движущая сила эволюции — внутреннее стремление к совершенству. Повышение организации живых существ от нижней степени к высшей в процессе эволюции Ламарк назвал градацией.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЭВОЛЮЦИОННОГО УЧЕНИЯ ЧАРЛЗА ДАРВИНА



Чарлз Дарвин  
(1809—1882)

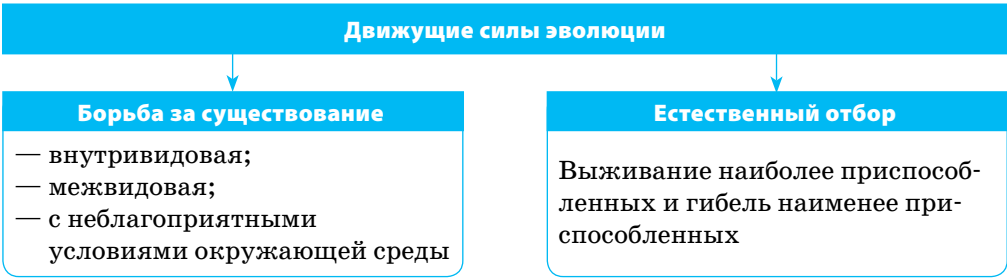
Ч. Дарвин — английский естествоиспытатель, основоположник теории эволюции. Во время кругосветного путешествия (1831—1836) собрал богатый научный материал,

который стал основой его главного труда «Происхождение видов» (1859). Эволюция, по Ч. Дарвину, состоит в непрерывных приспособительных изменениях видов.

■ Основные положения учения Ч. Дарвина

Предпосылка эволюции: наследственная (индивидуальная) изменчивость
Движущие силы: борьба за существование и естественный отбор
Эволюция — постепенное осложнение и повышение организации живых существ (у эволюции прогрессивный характер)

Изменчивость		
Групповая (ненаследственная, определенная)	Индивидуальная (наследственная, неопределенная)	Соотносительная (корреляционная)
Подобное изменение всех особей потомства в одном направлении вследствие влияния определенных условий	Появление разнообразных незначительных отличий у особей одного сорта, породы, вида, которыми, существуя в схожих условиях, одна особь отличается от других. Не исключена возможность и разных отклонений	Изменение структуры или функции одной части нередко обуславливает также определенные изменения других



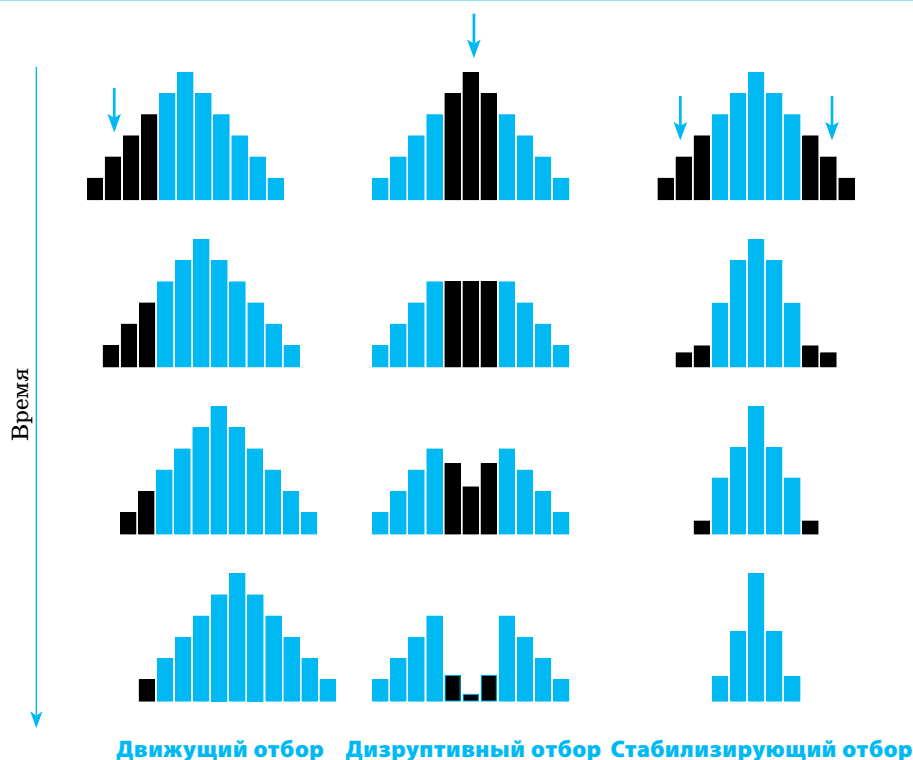
■ Естественный отбор

Ч. Дарвин дал такое определение естественного отбора: «Сохранение полезных отличий или изменений и уничтожение вредных я назвал естественным отбором или переживанием наиболее приспособленных». Под естественным отбором понимают осуществляемый в природе про-

цесс сохранения и преобладающего размножения в ряде поколений особей, имеющих полезные для их жизни и развития приспособительные признаки, возникшие в результате разнонаправленности индивидуальной изменчивости.

## ■ Формы естественного отбора

<b>Движущий</b>	Каждый вид состоит не из абсолютно одинаковых особей. При продолжительном изменении внешней среды в одном направлении создаются условия, при которых отдельные мутации оказываются полезными и сохраняются в ходе отбора. Обуславливает постоянное изменение приспособлений видов соответственно изменениям условий среды
<b>Стабилизирующий</b>	В малоизменяемых условиях существования увеличивается численность особей со средней нормой реакции. Из поколения в поколение отсекаются крайние формы, а закрепляются организмы с определенной нормой реакции
<b>Дизруптивный (разрывающий, направленный против промежуточных форм)</b>	Иногда условия внешней среды изменяются таким образом, что преимущество получают крайние формы. Количество таких форм быстро увеличивается, что может привести к преобразованию вида



## ■ Обстоятельства, способствующие естественному отбору

Количество особей и их разнообразие
Частота мутаций
Интенсивность размножения
Частота изменения поколений
Размеры ареала и разнообразие условий жизни в нем
Изоляция, препятствующая скрещиванию



**Индустриальный меланизм**

# СИНТЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ

<b>Синтетическая теория эволюции</b> сформировалась в начале 40-х гг. XX ст. Она представляет собой учение об эволюции органическо-	го мира, разработанное на основе данных современной генетики, экологии и классического дарвинизма.
---	--

## ■ Основные положения синтетической теории эволюции

Материалом для эволюции служат, как правило, очень мелкие изменения наследственности — мутации. Мутационная изменчивость — поставщик материала для отбора — носит случайный и направленный характер
Основным движущим фактором эволюции является естественный отбор, возникающий на базе борьбы за существование
Наименьшая единица эволюции — популяция
Эволюция носит дивергентный характер, то есть один таксон может стать предком нескольких дочерних таксонов, но каждый вид имеет единый предковый вид, единую предковую популяцию
У эволюции постепенный и продолжительный характер. Видообразование как этап эволюционного процесса представляет собой последовательное изменение одной временной популяции рядом следующих временных популяций
Вид состоит из огромного множества подвидов и популяций. Однако известно немало видов с ограниченными ареалами, в границах которых не удастся выделить самостоятельные подвиды, а реликтовые виды могут состоять из единой популяции. Судьба таких видов, как правило, недолговечна
Вид существует как целостное и замкнутое образование. Целостность вида поддерживается миграциями особей с одной популяции в другую, при которых наблюдается обмен генами
Поскольку основным критерием вида является нескрещиваемость с другими видами (репродуктивная изоляция), то этот критерий не касается форм, в которых не наблюдается половой процесс
Макроэволюция идет лишь путем микроэволюции (одни и те же предпосылки и движущие силы)
Любой реальный таксон имеет монофилитическое (от одного предка) происхождение
Эволюция имеет ненаправленный характер, то есть не идет в направлении какой-нибудь конечной цели
Эволюция имеет невозвратный характер. Организм (популяция, вид) не может возвратиться в прежнее состояние, уже осуществленное в ряду его предков

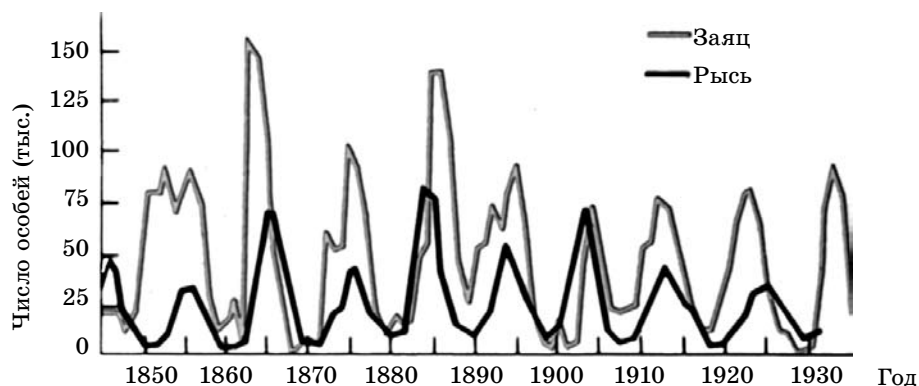
## МИКРОЭВОЛЮЦИЯ

<b>Микроэволюция</b> — это совокупность эволюционных процессов, происходящих на уровне популя-	ций. Микроэволюция заканчивается образованием новых видов.
Согласно синтетической теории эволюции, в популяциях действуют, кроме мутаций, борьбы за существо-	вание и отбора, и так называемые <b>элементарные факторы эволюции</b> : волны жизни, дрейф генов, изоляция.

## ■ Популяционные волны

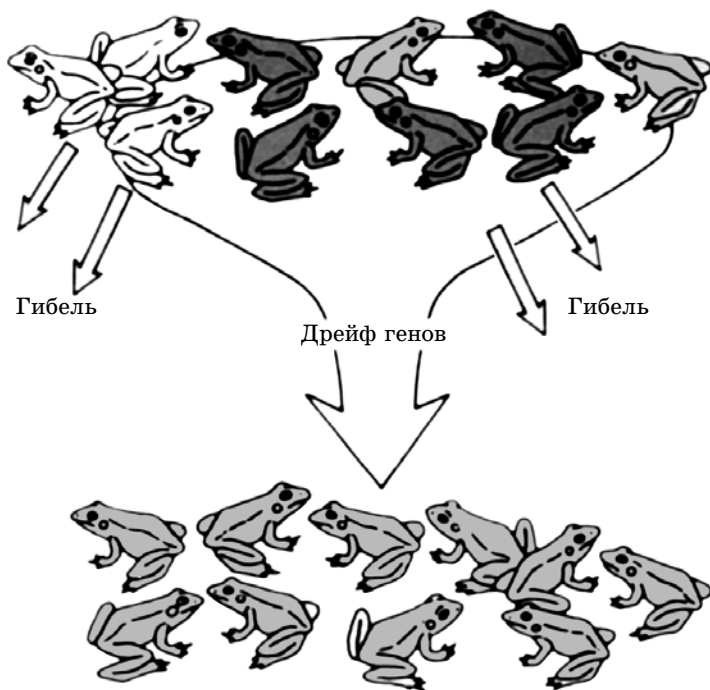
**Волны жизни (популяционные волны)** — это периодические колебания размеров популяций по числу особей (С. С. Четвериков). Причины этих колебаний разнообразны, они могут быть биотичны и абиотичны (запасы пищи, количество хищников, конкурен-

тов, климатические условия года и т. п.). После увеличения числа особей в популяции происходит закономерное его уменьшение. Волны жизни сами по себе не вызывают наследственной изменчивости, но они способствуют изменению частот аллелей в популяциях.



Соотношения численности хищника и жертвы

## ■ Дрейф генов



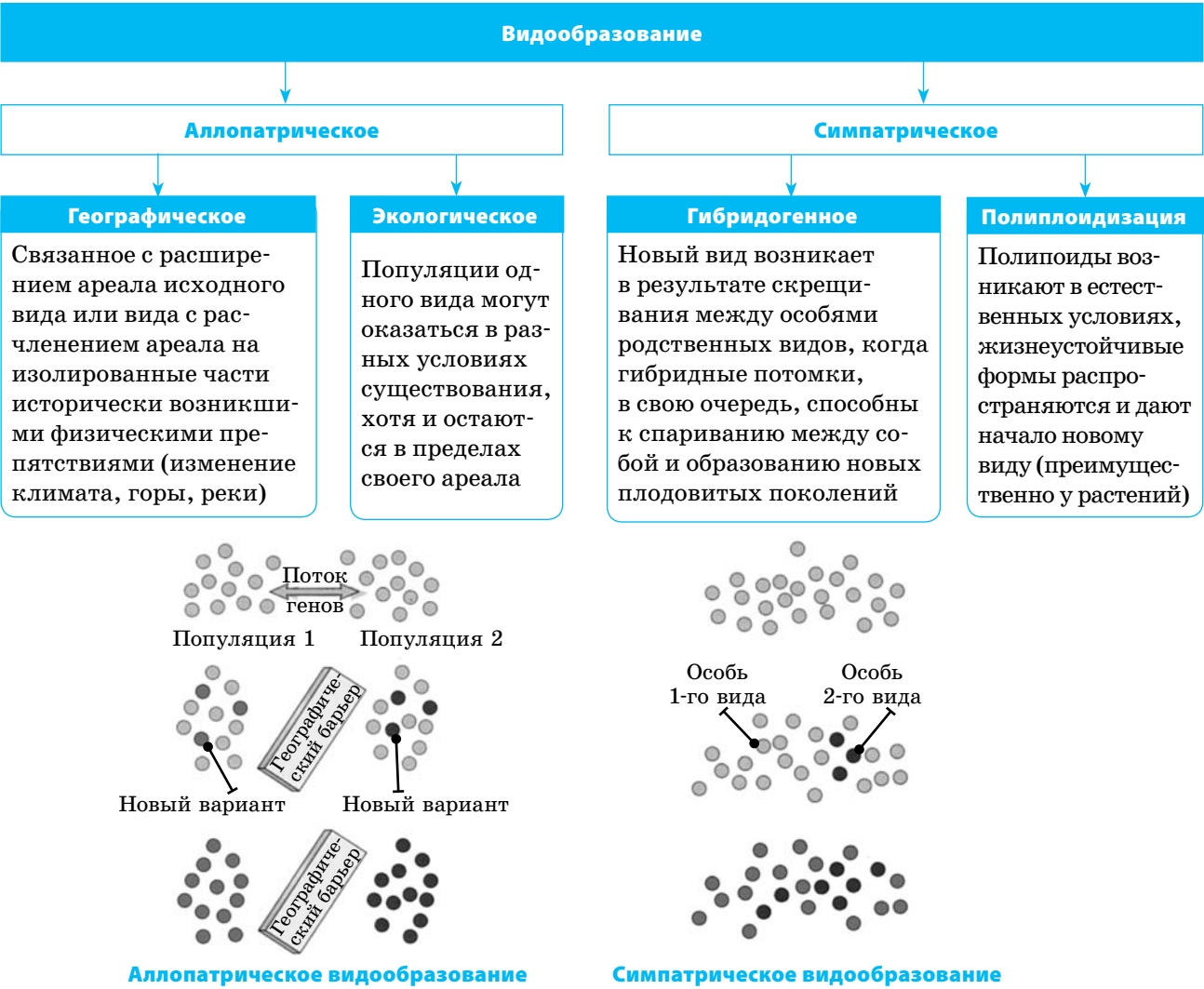
**Дрейф генов** открыли С. Райт и Р. Фишер и независимо от них М. П. Дубинин и Д. Д. Романов. Это случайное изменение концентрации аллелей в популяции. Она происходит в малочисленных популяциях. Случайные события, например преждевременная гибель особи, которая была единственным собственником какого-либо аллеля, приведут к исчезновению этого аллеля в популяции, и наоборот — частота аллеля может случайно повыситься. Дрейф генов является фактором, поставляющим материал для эволюции.

■ **Изоляция**

**Изоляция** — постоянное ограничение свободного скрещивания.

Типы изоляции				
Географическая	Экологическая	Сезонная	Этологическая	Генетическая
Связанная с территориальным размежеванием групп	Потенциальные партнеры по спариванию занимают разные экологические ниши и не встречаются	Сроки размножения у потенциальных партнеров наступают не одновременно	Зависит от особенностей поведения партнеров в период размножения	Партнеры имеют важные генетические расхождения

■ **Видообразование**



# ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ



Приспособленность видов не может быть абсолютной, она всегда относительна и полезна лишь в тех условиях среды, в которых происходил естественный отбор. Например, форма тела, органы дыхания и прочие особенности рыб целесообразны лишь при условии жизни в воде и совсем не пригодны при наземном существова-

нии. Приспособление никогда не бывает абсолютно совершенным. Ядовитых змей поедают ежи, мангусты, некоторые птицы. Относительность приспособления обусловлена и тем, что среда изменяется, поэтому адаптации, выработанные в одних условиях существования, теряют свое значение в других.

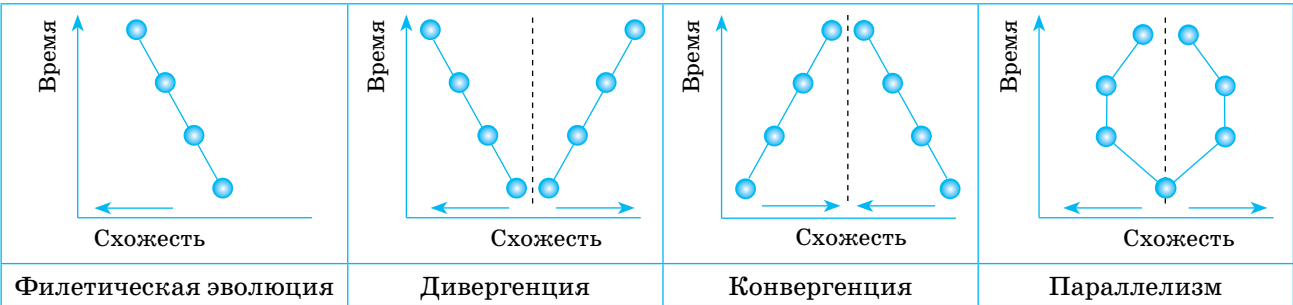
Покровительственная форма тела	Угрожающая окраска	Мимикрия
		
гусеница похожа на сухую ветку	пятна, напоминающие глаза, на теле гусеницы	оса
		
крылья насекомых похожи на лист	яркие желтые пятна на теле саламандры	цветочная муха



МАКРОЭВОЛЮЦИЯ

**Макроэволюция** — это надвидовая эволюция, процесс образования из видов новых родов, из родов — новых семей и т. д. Она происходит в исторически продолжительные промежутки времени и недоступна непосредственному изучению.

■ Способы макроэволюции



■ Конвергентная эволюция формы тела водных позвоночных



■ Направления макроэволюции

Биологический прогресс	Биологический регресс
Возрастание приспособленности организмов к окружающей среде (по А. Н. Северцову): увеличение численности; расширение ареала; прогрессивная дифференциация — увеличение числа систематических групп, составляющих данный таксон	Снижение приспособленности к окружающей среде: снижение численности; сужение ареала; постепенное или быстрое уменьшение видового многообразия группы может привести к вымиранию

■ Пути достижения биологического прогресса

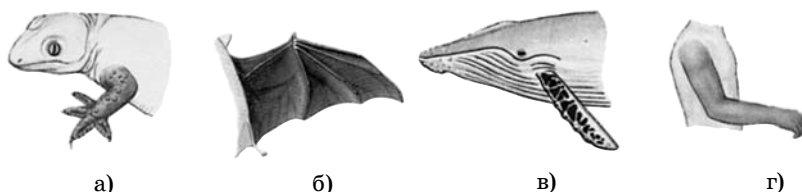
Ароморфоз (арогенез, морфофизиологический прогресс)	Идиоадаптация (алогенез)	Общая дегенерация (катагенез)
Повышение организации; развитие приспособлений широкого значения; расширение ареала	Развитие приспособлений узкого значения; расширение ареала	Резкое упрощение строения и образа жизни

## ■ Сравнительно-анатомические доказательства

Сравнение строения и процессов жизнедеятельности. Благодаря исследованиям Т. Гексли, К. Гегенбауэра, А. А. Ковалевско-

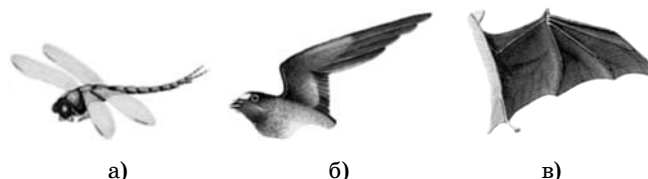
го и других ученых были разработаны эволюционные понятия о гомологиях, аналогиях, рудиментах, атавизмах.

**Гомологии** — это соответствие общего плана строения органов разных видов, обусловленное их общим происхождением



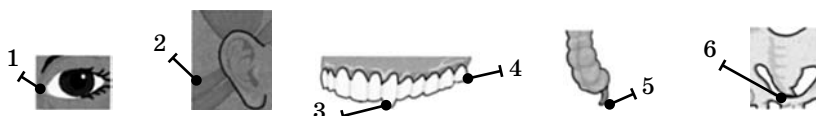
Гомологичные органы: нога ящерицы (а), крыло летучей мыши (б), плавник кита (в), рука человека (г)

**Аналогии** — это внешнее сходство видов по строению органов, имеющих разное происхождение, однако выполняющих одинаковые функции



Аналогичные органы: крылья стрекозы (а), птицы (б) летучей мыши (в)

**Рудименты** — это органы, недоразвитые или упрощенные у определенных видов по сравнению с подобными образованиями предковых форм вследствие потери своих функций на протяжении филогенеза



Рудиментарные органы человека: 1 — третье веко, 2 — мышца,двигающая ухо, 3 — клыки, 4 — зубы мудрости, 5 — аппендикс, 6 — копчик

**Атавизмы** — проявление у отдельных представителей вида качеств, присущих их предкам



Атавизм: а) волосатый человек; б) многососковость у человека; в) хвост у мальчика

## ■ Эмбриологические доказательства



Рыба



Саламандра



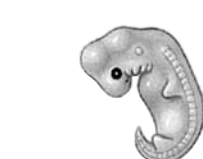
Черепаха



Курица



Человек



Эмбриональное развитие позвоночных

**Биогенетический закон:** онтогенез — это короткое и быстрое повторение филогенеза, или каждая особь в своем индивидуальном развитии (онтогенезе) повторяет историю развития вида (филогенез), к которому она принадлежит (Э. Геккель, Ф. Мюллер, 1866 г.).

А. Н. Северцов дополнил: биогенетический закон:

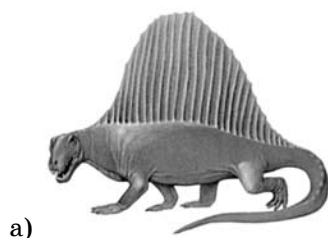
- 1) в онтогенезе обычно повторяется строение не взрослых стадий предков, а их зародышей;
- 2) в онтогенезе могут возникать специальные приспособления к тем условиям, в которых развиваются зародыши;
- 3) у эмбрионов могут возникать мутации, которые дальше изменяют признаки взрослого животного.

## ■ Палеонтологические доказательства

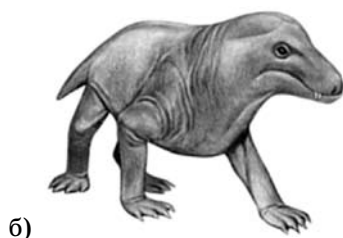
Изучаются ископаемые остатки вымерших организмов и обнаруживается их сходство и отличие с современными организмами. В одних слу-

чаях удалось установить переходные формы, в других — филогенетические ряды (ряды видов, последовательно заменяющие друг друга).

Реконструированные по найденным остаткам костей первые млекопитающие: а) диметродон, б) циногнатус (середина триасового периода)



а)



б)

Окаменевший отпечаток археоптерикса — переходной формы между пресмыкающимися и птицами (150 млн лет назад)



## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭВОЛЮЦИИ

Эволюция происходит с разной скоростью, в разные периоды

Эволюция организмов разных типов происходит с разной скоростью

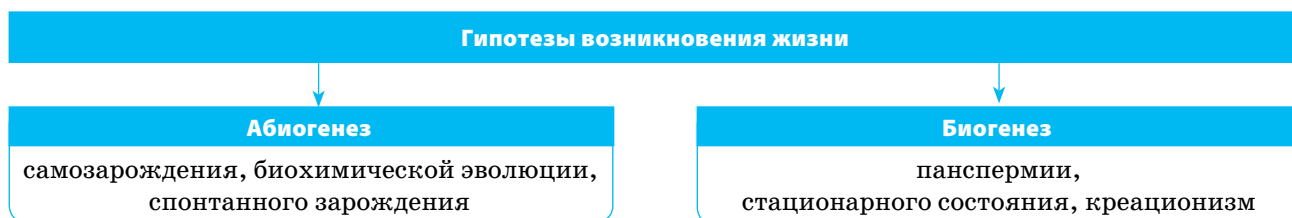
Новые виды образуются не из высокоразвитых и специализированных форм, а наоборот, из относительно простых, неспециализированных форм

Эволюция не всегда идет от простого к сложному

Эволюция касается популяций, а не отдельных особей, и происходит в результате процессов мутирования, дифференциального воспроизведения, естественного отбора и дрейфа генов

## Тема 2. Историческое развитие органического мира

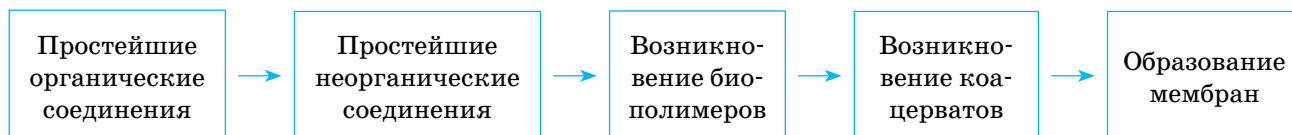
### ■ Гипотезы возникновения жизни



Гипотеза	Суть гипотезы
I. Абиогенез	
Самозарождение	Возникновение сложноорганизованных живых существ без стадии простых
Спонтанное зарождение	Жизнь возникала неоднократно из веществ неживой природы
Биохимическая эволюция	Жизнь возникла как следствие многоэтапных процессов, которые подчиняются законам природы. Теория А. И. Опарина
II. Биогенез	
Панспермия	Жизнь занесена на нашу планету извне
Гипотеза стационарного состояния	Жизнь существовала всегда
Креационизм	Жизнь создана сверхприродным существом в определенное время

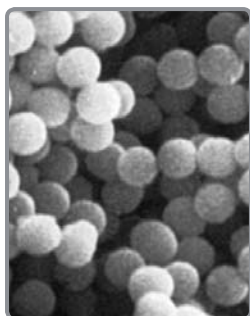
### ■ Биохимическая эволюция

Биологической эволюции предшествовала химическая эволюция органических веществ, которая длилась на протяжении нескольких сотен миллионов лет.



Первичная атмосфера Земли состояла из углекислого газа, метана, аммиака, оксидов серы, сероводорода и паров воды. Озонового слоя не было, и к поверхности суши и Мирового океана поступал поток космического и ультрафиолетового солнечного излучения. Вследствие повышенной вулканической актив-

ности в воды Мирового океана и атмосферу поступали разнообразные химические соединения. В морской воде в условиях излучения и прохождения через нее электрических разрядов (молнии), образовывались некоторые органические соединения.



**Коацерваты** — скопление нуклеотидов, аминокислот, небольших цепочек из аминокислот, моносахаридов и других веществ, которое отделено от воды поверхностью раздела.

На протяжении миллионов лет такие структуры усложнялись вследствие включения в их состав

новых разнообразных белковых молекул, благодаря выпячиванию их отдельных участков наружу или внутрь.

Эволюционно закреплялись лишь такие системы, которые были способны к саморегуляции и самовозрождению. Это были первые живые организмы — **протобионты**.

Возникновение саморегулирующих систем



Возникновение живых организмов



Образование хлорофилла



Возникновение дыхания

Первые организмы были анаэробными гетеротрофами. В то время, когда метаболизм одних существ базировался на гликолизе, другие вырабатывали способность использовать атмосферный углекислый газ для образования разных органических веществ, третьи научились фиксировать атмосферный азот.

Вследствие уменьшения запаса абиогенных органических веществ возникла конкуренция, которая ускорила процесс эволюции первичных гетеротрофов. Исключительным событием стало возникновение фотосинтеза. Он значительно уменьшил зависимость жизни от органических соединений абиогенного происхождения. Первые фотосинтезирующие организмы получали водород путем расщепления органики или сероводорода, то есть фотосинтез был бескислородным.

Затем цианобактерии приспособились к фоторасщеплению воды. Побочным продуктом такого фотосинтеза является кислород. Его накопление в атмосфере привело к усложнению жизни первичных гетеротрофов. Некоторые из них вымерли, другие нашли среду, где нет кислорода, третьи пошли по пути, который привел к возникновению эукариотических клеток. Часть из них вступила в симбиоз с аэробными организмами.

Частично первичные гетеротрофы поглощали аэробные клетки, не расщепляя, а сохраняя их как «энергетическиестанции» — образовались митохондрии. Другая часть вступала в симбиоз с первичными фотосинтетиками, сохраняя их в виде хлоропластов. Такие симбионты дали начало царству Растения.

## ■ Доказательства единства происхождения и развития живой материи

Единый генетический код у всех организмов, наличие одинаковых механизмов матричного синтеза нуклеиновых кислот и белков

Клетка — единая элементарная единица живого, схожий биохимический состав клеток; наличие и однотипность строения органоидов

Образование живых клеток только из других клеток

Процессы хранения, передачи, реализации и изменения генетической информации у всех клеток универсальны

Наличие у многих типов живых организмов гомологичных органов и систем


Схожесть зародышей на ранних стадиях развития

У человека (и некоторых животных) встречаются атавизмы и рудименты

Палеонтологами найдены переходные формы

Среди таксонов есть как примитивные, так и высокоразвитые представители

## ■ Геохронологическая история Земли

Период	Климат и среда	Развитие органического мира	
		Животные	Растения
Архейская эра			
—	Активная вулканическая деятельность. Анаэробные условия жизни на небольших глубинах морей		Следы жизни незначительные. Породы органического происхождения указывают на существование бактерий и водорослей
Протерозойская эра			
—	Поверхность планеты представляет собой голую пустыню. Климат холодный. В конце эры в состав атмосферы входит 1 % свободного кислорода	Возникли все типы бесхребетных животных. Широко распространены простейшие, кишечнополостные, губки. Появление первичных хордовых — подтипа бесчерепных	Распространены преимущественно одноклеточные зеленые водоросли
Палеозойская эра			
Кембрийский	Холодный климат сменяется сухим и теплым		
Ордовикский		Процветают морские бесхребетные	Очень распространены водоросли
Силурийский	Вначале сухой, а потом влажный с потеплением климат	Бурное развитие кораллов, трилобитов. Появление бесчелюстных позвоночных — щитковых. Выход растений на сушу (псилофиты)	

Период	Климат и среда	Развитие органического мира	
		Животные	Растения
Девонский	Смена сухих и дождливых сезонов	Появление кистеперых рыб, стегоцефалов	Распространение на суше высших споровых
Каменноугольный	Равномерно теплый и влажный климат меняется	Расцвет земноводных. Возникновение первых пресмыкающихся. Появление летающих форм насекомых, пауков, скорпионов	 <p>Расцвет папоротникообразных. Появление семенных папоротников</p>
Пермский	Резкая зональность климата. Завершение горообразования, отступление морей	Быстрое развитие пресмыкающихся. Вымирание трилобитов	Исчезновение каменноугольных лесов. Большое разнообразие голосеменных
Мезозойская эра			
Триасовый	Ослабление климатической зональности, усиление перепада температур. Начало движения материков	Начало расцвета пресмыкающихся. Появление первых млекопитающих, настоящих костных рыб	Распространение папоротникообразных. Отмирание семенных папоротников
Юрский	Климат, сначала влажный, сменяется засушливым на экваторе. Движение континентов, формирование Атлантического океана	Господство пресмыкающихся. Появление археоптерикса. Процветание головоногих моллюсков	Господство голосеменных
Меловой	Похолодание климата, увеличение площади мирового океана, новое поднятие суши. Интенсивное горообразование	Появление высших млекопитающих и настоящих птиц, хотя птицы с зубами еще распространены. Преобладают костистые рыбы. Вымирание больших рептилий	Резкое сокращение численности папоротников и голосеменных. Появление и распространение покрытосеменных
Кайнозойская эра			
Палеоген, неоген	Равномерный теплый климат. Интенсивное горообразование, движение континентов, обособление Каспийского, Средиземного, Черного и Азовского морей	Распространены костные рыбы. Вымирание многочисленных форм головоногих моллюсков. Появляются многочисленные обряды млекопитающих, среди которых и приматы. Появление паритеков, дриопитеков	Господство покрытосеменных. Состав флоры приближается к современному
Антропоген	Неоднократные смены потепления и охлаждения	Появление и развитие человека	
		Животный и растительный мир приобрел современный вид	



## ■ Антропогенез

**Антропогенез** — процесс историко-эволюционного формирования человека, первичного развития его трудовой деятельности, языка, а также общества.



## ■ Родословная человека

