



# СОДЕРЖАНИЕ

Биология как наука.....	6	Законы Т. Моргана.....	60
Основные понятия.....	6	Генетика пола.....	64
Биологические методы.....	6	Взаимодействия генов.....	67
Уровневая организация жизни ...	8	Генетика человека.....	69
Общие признаки живых		Изменчивость организмов.....	71
систем.....	8	Селекция.....	74
Клетка как биологическая		Биотехнология.....	78
система.....	12	Система и многообразие	
Современная клеточная		органического мира.....	81
теория.....	12	Основы систематики.....	81
Положения клеточной		Бактерии.....	83
теории.....	12	Грибы.....	88
Этапы открытия и изучения		Лишайники.....	92
клетки.....	13	Растения.....	94
Многообразие клеток.....	15	Ткани растений.....	94
Химический состав клетки.....	20	Органы растений.....	99
Обмен веществ и превращение		Многообразие растений.....	120
энергии.....	27	Водоросли.....	121
Метаболизм.....	27	Моховидные.....	124
Пластический обмен.....	28	Плауны.....	125
Клетка — генетическая единица		Хвощи.....	126
живого.....	33	Папоротники.....	129
Хранение наследственной		Голосеменные.....	130
информации.....	33	Покрытосеменные.....	132
Этапы биосинтеза белка.....	34	Многообразие животных.....	137
Клеточный цикл.....	36	Эукариоты.....	139
Организм как биологическая		Тип Кишечнополостные.....	141
система.....	43	Тип Плоские черви.....	144
Разнообразие организмов.....	43	Тип Круглые черви.....	150
Вирусы.....	43	Тип Кольчатые черви.....	152
Воспроизведение организмов.....	44	Тип Моллюски.....	158
Онтогенез.....	50	Тип Членистоногие.....	163
Генетика.....	54	Тип Хордовые.....	177
Задачи, методы и понятия.....	54	Надкласс Рыбы.....	182
Типы наследования.....	58	Класс Земноводные.....	192
Законы Г. Менделя.....	58	Класс Пресмыкающиеся.....	198
		Класс Птицы.....	203
		Класс Млекопитающие.....	211

Анатомия человека .....	220	Развитие эволюционных идей ....	300
Строение тела человека .....	220	Додарвиновский период .....	301
Ткани .....	221	Учение Ч. Дарвина .....	302
Эпителиальная ткань .....	221	Естественный отбор .....	302
Соединительная ткань .....	222	Искусственный отбор .....	303
Мышечная ткань .....	224	Синтетическая теория	
Нервная ткань .....	225	эволюции .....	303
Органы. Аппараты и системы		Доказательства эволюции	
органов .....	228	живой природы .....	305
Опорно-двигательный		Группы доказательств	
аппарат .....	228	эволюционного процесса .....	305
Пищеварительная система .....	243	Адаптация .....	306
Сердечно-сосудистая		Макроэволюция .....	307
система .....	248	Происхождение человека .....	309
Лимфатическая система .....	258	Гипотезы происхождения	
Дыхательная система .....	261	человека .....	309
Мочевыделительная система .....	265	Человек как вид .....	309
Размножение и развитие		Этапы эволюции человека .....	310
человека .....	270	Закономерности экосистем .....	312
Нервная система .....	278	Среды обитания и условия	
Органы чувств .....	287	существования организмов .....	312
Эндокринные железы .....	293	Экологические факторы .....	312
Высшая нервная		Экосистема .....	315
деятельность .....	296	Структуры экосистемы .....	315
Эволюция живой природы .....	298	Цепи питания .....	316
Вид .....	298	Биосфера .....	318
Критерии вида .....	298	Характеристика биосферы .....	318
Популяция .....	299		
Видообразование .....	299		

# ВВЕДЕНИЕ



Перед вами самый удобный справочник, который поможет школьнику систематизировать и закрепить знания по биологии за курс средней школы.

Пособие содержит основную и самую важную информацию по разделам цитологии, ботаники, зоологии, систематики, генетики, анатомии человека, эволюции и экологии.

Материал книги представлен в виде таблиц, схем, рисунков, упорядочен и систематизирован, изложен доступным для усвоения языком. Это обеспечит максимальную сконцентрированность внимания, эффективное повторение и подготовку школьника по предмету.

Теоретический материал сопровождается блоком практических заданий. Приведённые примеры с развёрнутыми разъяснениями позволяют детально разобраться в темах школьного курса и отработать навыки выполнения различных заданий.

Справочник предназначен учащимся средней школы для самоподготовки к различным видам контроля, сдаче ОГЭ и ЕГЭ, а также может использоваться учителями биологии для работы на уроке.

Желаем успехов!

# БИОЛОГИЯ КАК НАУКА



## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

**Биология** — наука о живой природе, изучающая жизнь как особую форму материи, законы её существования и развития. **Задача биологии** — познание сущности жизни и закономерностей её проявления.



## БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

### Основные методы:

- ▲ **наблюдение** (описание биологического явления);
- ▲ **сравнение** (сопоставление объектов, процессов или явлений, нахождение между ними сходств и различий);
- ▲ **эксперимент** (целенаправленное исследование в управляемых условиях);
- ▲ **моделирование** (изучение объекта, процесса или явления через воспроизведение его в виде модели (образа)).

### Частные методы:

- ▲ **генеалогический** — составление родословных людей, выяснение характера наследования некоторых признаков;

- ▲ **исторический** — установление взаимосвязей между фактами, процессами, явлениями, происходившими на протяжении длительного времени;
- ▲ **палеонтологический** — выявление родства между древними организмами;
- ▲ **центрифугирование** — разделение смесей на составные части под действием центробежной силы;
- ▲ **цитологический (цитогенетический)** — исследование строения клетки, её структур с помощью различных микроскопов;
- ▲ **биохимический** — исследование химического состава живых клеток и организмов, химических процессов организма.



## Практические задания

**1** В переводе с греческого термин «биология» означает

- 1) наука о природе
- 2) наука о живых организмах
- 3) наука о жизни
- 4) наука о животных

**Ответ:** 3.

**Пояснение:**

Биология — от древнегреческого «βίος» — жизнь, «λόγος» — учение.

**2** Биологическая наука, которая изучает водоросли, —

- 1) микология
- 2) альгология
- 3) микробиология
- 4) вирусология

**Ответ:** 2.

**Пояснение:**

Альгология — от латинского «alga» — морская трава, водоросль и греческого «λόγος» — учение — одна из биологических наук, изучающая водоросли.

**3** Метод биологии, с помощью которого можно проследить, как наследуется заболевание, и предсказать его проявление у детей, называется

- 1) филогенетическим
- 2) палеонтологическим
- 3) генеалогическим
- 4) гинекологическим

**Ответ:** 3.

**Пояснение:**

Генеалогический анализ как метод диагностики наследственных болезней опирается на генеалогию — учение о родословных.



## УРОВНЕВАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЖИЗНИ

**Жизнь** — активная форма существования материи, совокупность физических и химических процессов клетки, осуществляющей обмен веществ и деление.



**Биологическая система** — живая структура, существующая в определённой для неё среде обитания, обладающая способностью обмена веществ и энергии, а также защитой обмена и копирования информации, которая определяет её функции и возможности (биологические макромолекулы, субклеточные органеллы, клетки, органы, организмы, популяции).



### ОБЩИЕ ПРИЗНАКИ ЖИВЫХ СИСТЕМ

1

**Клеточное строение** (исключение — вирусы).

2

**Наследственность** — способность организмов передавать свои признаки из поколения в поколение.

3

**Изменчивость** — способность организмов приобретать новые признаки.

4

**Раздражимость** — избирательная реакция на внешнее воздействие.

5

**Общность химического состава** — все живые организмы на 98 % состоят из четырёх элементов: углерода, азота, кислорода и водорода.

6

**Обмен веществ и энергии** — совокупность процессов поступления веществ в организм и использования их для выработки энергии, а также выделение конечных продуктов в окружающую среду.

7

**Рост** — увеличение массы, обусловленное репродукцией.

8

**Самовоспроизведение (репродукция)** — способность к воспроизведению себе подобных.

9

**Саморегуляция** — постоянство структурной организации и химического состава внутренней среды.

10

**Развитие** — приобретение новых индивидуальных свойств организма.

11

**Открытость системы** — способность существовать при условии постоянного обмена веществ и энергии с окружающей средой.

12

**Дискретность:** любая система состоит из отдельных, но взаимодействующих между собой частей, образующих функциональное единство.

## ■ Уровни организации жизни

### Биосферный

*Структурный элемент:* взаимодействующие биогеоценозы и окружающая их среда — биосфера.

*Процессы уровня:* взаимодействие живого и неживого вещества планеты, круговорот веществ и энергии, хозяйственная и этнокультурная деятельность человека.



### Биогеоценотический

*Структурный элемент:* популяции и виды, взаимодействующие между собой в определённой среде, — экосистема.

*Процессы уровня:* саморегуляция, самовоспроизводство и саморазвитие биогеоценозов.



### Популяционно-видовой

*Структурный элемент:* родственные особи, объединённые в популяцию, вид.

*Процессы уровня:* действие движущих сил эволюции, изменение генофонда популяции, видообразование.



### Организменный

*Структурный элемент:* одноклеточный или многоклеточный организм.

*Процессы уровня:* питание, дыхание, раздражимость, выделение, размножение, рост и др.



### Клеточный

*Структурный элемент:* клетка с органеллами.

*Процессы уровня:* воспроизведение, обмен веществ и энергии, регуляция химических реакций.



### Молекулярный

*Структурный элемент:* химические вещества.

*Процессы уровня:* реализация и передача наследственной информации, биосинтез, физико-химические реакции и др.





## Практические задания

- 4 Установите соответствие между рисунками и уровнями организации жизни. Подберите к каждой букве соответствующую цифру.



А



Б



В



Г



Д



Е



Ж



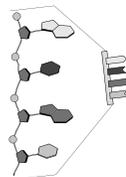
З



И



К



Л



М

- |                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| 1) биосферный           | 4) организменный |
| 2) биогеоценотический   | 5) клеточный     |
| 3) популяционно-видовой | 6) молекулярный  |

**Ответ:** А — 4; Б — 6; В — 2; Г — 5; Д — 1; Е — 4, 5; Ж — 3; З — 1; И — 2; К — 5; Л — 6; М — 1.

### Пояснение:

Амёба — одноклеточный организм, поэтому её можно отнести как к клеточному, так и к организменному уровню жизни.

# КЛЕТКА КАК БИОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА



## СОВРЕМЕННАЯ КЛЕТОЧНАЯ ТЕОРИЯ

**Клетка** — элементарная единица строения и жизнедеятельности всех организмов (кроме вирусов), обладающая всеми свойствами живого.



### ПОЛОЖЕНИЯ КЛЕТОЧНОЙ ТЕОРИИ

1

Клетка — целостная элементарная живая система, состоящая из оргanelл, основа строения и развития живых организмов; способна к самообновлению, саморегуляции и самовоспроизведению.

2

Клетки всех организмов построены по единому принципу, сходны по химическому составу, основным проявлениям жизнедеятельности.

3

Каждая новая клетка образуется в результате деления исходной (материнской).

4

В многоклеточных организмах клетки специализируются по выполняемым функциям и образуют ткани. Из тканей состоят органы и системы органов.

5

Каждая клетка многоклеточного организма содержит весь геном этого организма, но отличается по уровню работы отдельных генов, что приводит к их разнообразию.

## ЭТАПЫ ОТКРЫТИЯ И ИЗУЧЕНИЯ КЛЕТКИ

**1665 г.** *Р. Гук* на срезах пробкового дерева обнаружил крошечные ячейки, которые назвал клетками.



**1674 г.** *А. ван Левенгук* под микроскопом в капле воды наблюдал движущиеся живые организмы (инфузории, амёбы, бактерии).



**1675 г.** *М. Мальпиги* (сверху), **1681 г.** *Н. Грю* (справа) подтвердили клеточное строение растений.



**1802–1808 гг.** *Ш. Ф. Мирбель* установил, что все растения состоят из тканей, образованных клетками.



**1809 г.** *Ж. Б. Ламарк* определил клеточное строение животных организмов.



**1825 г.** *Я. Пуркине* открыл ядро яйцеклетки птиц.



**1831 г.** *Р. Броун* впервые описал ядро растительной клетки.

**1839 г.** *Я. Пуркине* ввёл термин «протоплазма».

**1833 г.** *Р. Броун* установил, что ядро — обязательный органоид клетки растений.

**1839 г.** *Т. Шванном* (слева) и *М. Шлейденом* (справа) сформулирована клеточная теория строения организмов, которая включала три положения.



&gt;&gt;&gt;

1858 г. *Р. Вирхов* дополнил клеточную теорию ещё одним положением.



1878 г. *И. Д. Чистяков* открыл митоз в растительных клетках.



1878 г. *В. Флемминг* обнаружил митоз у животных.

1882 г. *В. Флемминг* наблюдал мейоз в животных клетках.



1888 г. *Э. Страбургер* наблюдал мейоз в растительных клетках.



### Практические задания

**1** Выберите три верных положения современной клеточной теории.

- 1) Клетки всех живых организмов сходны по строению, химическому составу и основным проявлениям жизнедеятельности.
- 2) Клетки каждого организма уникальны по своему строению, но выполняют схожие функции, а также имеют схожее проявление жизнедеятельности.
- 3) Каждая клетка многоклеточного организма содержит всю наследственную информацию об этом организме, но отличается уровнем экспрессии отдельных генов, что приводит к их разнообразию и различию в выполняемых функциях.
- 4) Клетки животных специализированы по выполняемым функциям. Из них образуются ткани, а ткани формируют органы и системы органов, связанные друг с другом.
- 5) Клетка — наименьшая структурно-функциональная единица жизни, состоящая из органелл, она способна к самообновлению, саморегуляции и самовоспроизведению.
- 6) Каждая клетка многоклеточного организма содержит уникальный набор генов, что способствует выполнению различных функций в организме.

**Ответ:** 1, 3, 5.

**2** Выберите три верных ответа из шести.

Клетка как целостная элементарная живая система способна к

- |                   |                        |
|-------------------|------------------------|
| 1) самообновлению | 4) самооплодотворению  |
| 2) самоанализу    | 5) самовоспроизведению |
| 3) саморегуляции  | 6) самоописанию        |

**Ответ:** 1, 3, 5.

**3** Установите хронологический порядок этапов изучения клетки.

- 1) М. Мальпиги и Н. Грю подтвердили клеточное строение растений.
- 2) Я. Пуркине обнаружил ядро яйцеклетки птиц.
- 3) Т. Шванн и М. Шлейден сформулировали клеточную теорию строения организмов.
- 4) Р. Гук, изучая срезы пробкового дерева, обнаружил крошечные ячейки, которые назвал клетками.
- 5) Открыт митоз.
- 6) Р. Броун впервые описал ядро растительной клетки.
- 7) Ж. Б. Ламарк определил клеточное строение животных организмов.
- 8) Открыт мейоз.

**Ответ:** 4, 1, 7, 2, 6, 3, 5, 8.



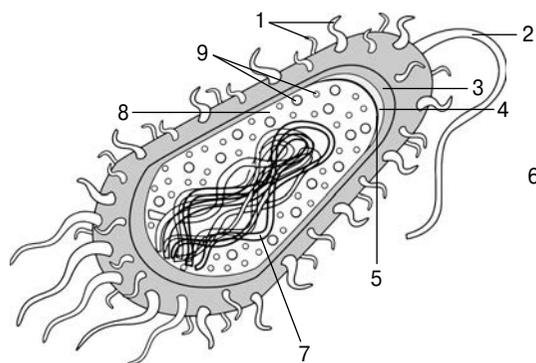
## МНОГООБРАЗИЕ КЛЕТОК

Все клеточные формы жизни на Земле можно разделить на два надцарства (критерий — строение компонентов клетки):

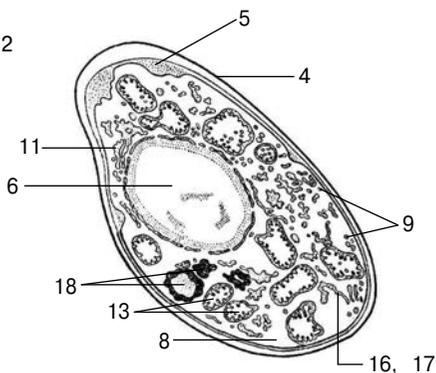
▀ **прокариоты (доядерные)** — не имеют оформленного клеточного ядра (бактерии, археи);

▀ **эукариоты (ядерные)** — имеют оформленное клеточное ядро (растения, животные, грибы).

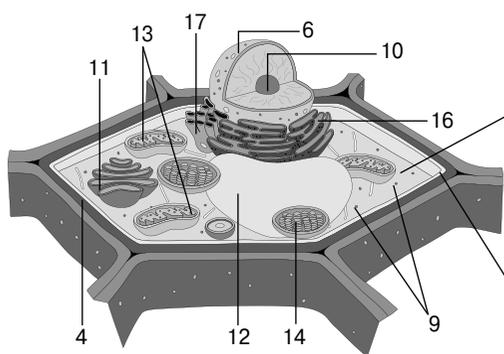




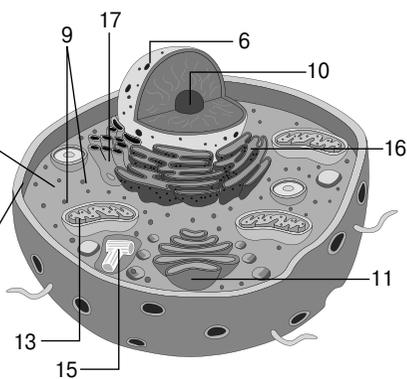
Бактериальная клетка



Грибная клетка



Растительная клетка



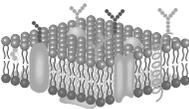
Животная клетка

**[ Структуры клеток ]**

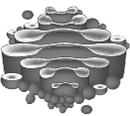
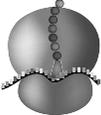
- 1 — пили (фимбрии)
- 2 — жгутик
- 3 — капсула
- 4 — клеточная стенка
- 5 — плазматическая мембрана
- 6 — ядро
- 7 — нуклеоид
- 8 — цитоплазма
- 9 — рибосомы
- 10 — ядрышко

- 11 — аппарат Гольджи
- 12 — вакуоль
- 13 — митохондрии
- 14 — хлоропласт
- 15 — центриоли
- 16 — гранулированный эндоплазматический ретикулум
- 17 — гладкий эндоплазматический ретикулум
- 18 — жировые включения

Общие структуры для эукариотических клеток

1	<p><b>Ядро</b> — двухмембранный органоид, обеспечивающий хранение наследственной информации в виде хромосом и синтез РНК.</p> <p><b>Хромосомы</b> — нуклеопротеиновый комплекс, состоящий из ДНК, гистонов и гистоноподобных белков.</p>	
2	<p><b>Цитоплазма</b> — внутренняя среда клетки (без ядра и вакуолей), состоящая из гиалоплазмы (матрикса), органелл и включений, ограниченная плазматической мембраной, равномерно распределяющей питательные вещества.</p> <p><b>Гиалоплазма</b> — истинная внутренняя среда клетки, объединяющая все органеллы и обеспечивающая их взаимодействие. Существует в двух состояниях: золеобразном (жидком) и гелеобразном, которые взаимно переходят одно в другое благодаря цитоскелету.</p>	
3	<p><b>Цитоскелет</b> — опорно-двигательная система клетки, обеспечивающая поддержание и адаптацию её формы ко внешним воздействиям, экзо- и эндоцитоз, клеточное деление.</p>	
4	<p><b>Клеточная мембрана (плазмолемма)</b> обеспечивает барьерную, транспортную, механическую, рецепторную функции и состоит из слоёв (наружный и внутренний — белки, средний — бислой липидов (фосфолипидов)).</p>	
5	<p><b>Митохондрии</b> — двухмембранные структуры, которые обеспечивают синтез АТФ, участвуют в превращении энергии, содержат собственную ДНК. Характерны для большинства эукариот.</p>	

&gt;&gt;&gt;

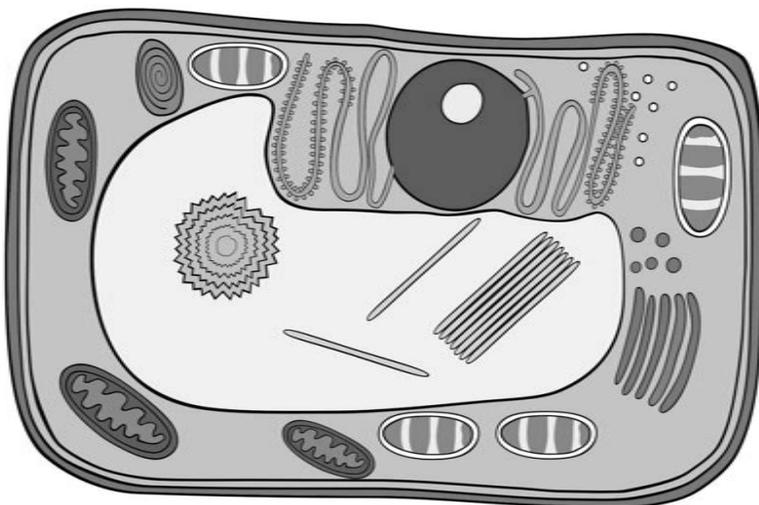
6	<b>Аппарат Гольджи</b> — стопка дискообразных мембранных цистерн (диктиосом), обеспечивающая выведение веществ, синтезированных в эндоплазматическом ретикулуме.	
7	<b>Эндоплазматический ретикулум</b> обеспечивает синтез и транспорт белков и липидов.	
8	<b>Рибосомы</b> состоят из двух субъединиц, образованных рРНК, участвуют в синтезе белка (трансляции).	
9	<b>Лизосомы</b> — шаровидные тельца, образующиеся в аппарате Гольджи и обеспечивающие расщепление органических веществ.	
10	<b>Центриоль</b> (характерна для животных, некоторых грибов) образует веретено деления.	
11	<b>Вакуоли</b> (характерны для растений, некоторых грибов) — участки гиалоплазмы, которые накапливают клеточный сок, поддерживают тургор клеток.	

**Практические задания**

4 Назовите главное отличие эукариотической клетки от прокариотической.

**Ответ:** оформленное ядро.

5 Установите соответствие между общими компонентами животной и растительной клеток и их функциями: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.



**ФУНКЦИЯ**

- А) хранение наследственной информации
- Б) трансляция, синтез белка
- В) выведение веществ, синтезированных в эндоплазматическом ретикулуме
- Г) объединение всех оргanelл и обеспечение их взаимодействия
- Д) синтез белков и липидов
- Е) барьерная, транспортная, механическая, рецепторная функции
- Ж) синтез АТФ, превращение энергии
- З) образование рибосомных субъединиц
- И) расщепление органических веществ
- К) обеспечение поддержания и адаптации формы клетки к внешним воздействиям, экзо- и эндоцитоз, клеточное деление
- Л) синтез РНК
- М) транспорт белков и липидов
- Н) опорно-двигательная система клетки

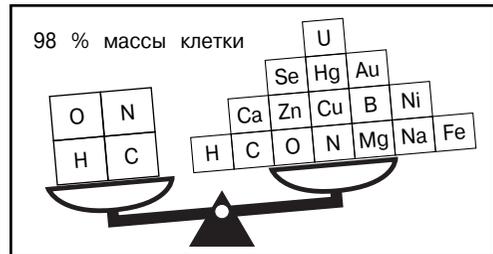
**КОМПОНЕНТ КЛЕТКИ**

- |  |   |
|--|---|
| 1)    | 8)     |
| 2)    | 9)     |
| 3)   | 10)   |
| 4)  | 11)  |
| 5)  | 12)  |
| 6)  | 13)  |
| 7)  | 14)  |

**Ответ:** А — 4; Б — 2; В — 8; Г — 7; Д — 5; Е — 13; Ж — 10; З — 3; И — 6; К — 9; Л — 4; М — 5; Н — 9.

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛЕТКИ

В клетках обнаружено более 90 химических элементов. Эти элементы входят в состав неорганических и органических веществ живых организмов. Процентное содержание элемента в клетке не коррелирует с его важностью и биологической значимостью для организма.



Группа элементов	% от массы тела	Элементы
Макроэлементы	Более 0,001 %	O, H, N, C, Mg, Na, Fe, Ca и др.
Микроэлементы	От 0,000001 до 0,001 %	Zn, Cu, B, Ni и др.
Ультрамикроэлементы	Не превышают 0,000001 %	Se, Hg, Au, U и др.

**Неорганические вещества** — вода и минеральные соли.

Содержание воды колеблется в пределах 40—90 % и зависит от физиологической активности клетки.

**Функции воды:** растворитель, реагент, терморегулятор, тургор, источник O и H.

**Форма воды:**

▲ свободная (межклеточные пространства, сосуды, вакуоли, полости органов);

▲ связанная (в составе клеточных структур между молекулами белка, мембранами, волокнами, соединена с некоторыми белками).

По отношению к воде вещества делятся на **гидрофильные** (растворимые: минеральные соли, щёлочи, кислоты, простые углеводы и др.) и **гидрофобные** (нерастворимые: крахмал, жиры, целлюлоза и др.).

**Минеральные соли** поддерживают кислотно-щелочное равновесие

и тургор клеточных оболочек, влияют на возбудимость нервной системы и мышечных тканей, активируют ферменты. Они представлены солями, которые диссоциируют на анионы и катионы. Катионы  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  влияют на раздражимость, проницаемость мембран клеток, уровень воды в тканях и обеспечивают буферные свойства.

**Органические вещества** — класс химических соединений, в состав которых входит углерод (белки, углеводы, жиры, нуклеиновые кислоты, АТФ).

**Соотношение веществ в клетке:**

- ▲ вода (70—80 %);
- ▲ углеводы (0,2—2 %);
- ▲ белки (10—20 %);
- ▲ жиры (1—5 %);
- ▲ минеральные соли (1—1,5 %);
- ▲ нуклеиновые кислоты (1—2 %);
- ▲ АТФ и другие низкомолекулярные вещества (0,1—0,5 %).

## ■ Белки

**Белки** состоят из остатков аминокислот и делятся на *простые* (альбумины, глобулины, гистоны) и *сложные* (белки, объединённые с углеводами, — гликопротеиды, с жирами — липопротеиды, с нуклеиновыми кислотами — нуклеопротеиды).

**Аминокислоты** состоят из углеродного радикала, карбоксильной группы и аминогруппы. Обладают кислотными и щелочными свойствами. Аминокислоты объединяются с помощью пептидных связей в пептиды: две аминокислоты — дипептид, три — трипептид, более трёх — полипептид. Белковая молекула состоит из нескольких полипептидов.

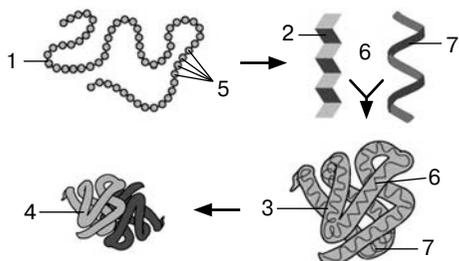
### Структуры белковой молекулы

**Первичная** — линейная последовательность аминокислот в полипептидной цепи.

**Вторичная** обуславливается водородными связями между двумя пептидными группами одной (спиральная конфигурация) или двух (складчатая) цепей.

**Третичная** — преобразование спиральных и неспиральных участков полипептида с помощью ковалентных (дисульфидных), ионных, водородных связей в трёхмерное образование (глобулу).

**Четвертичная** — объединение нескольких белковых молекул в одну систему (например, гемоглобин).



### [ Структуры белковой молекулы ]

- 1 — первичная структура белка
- 2 — вторичная структура белка
- 3 — третичная структура белка
- 4 — четвертичная структура белка
- 5 — аминокислоты
- 6 — складчатый слой
- 7 — альфа-спираль

Процесс разрушения структуры белка под влиянием химических и физических факторов — **денатурация**.

### Функции белков

▲ *Каталитическая* (ферментативная) — катализируют химические реакции синтеза и распада веществ.

▲ *Структурная* — являются строительным материалом мембран, хромосом, цитоплазмы, цитоскелета (актин, тубулин), участвуют в изменении формы клеток.

▲ *Двигательная (моторная)* — моторные белки обеспечивают движения организма (сокращение мышц, перемещение клеток внутри организма (лейкоциты), движение ресничек и жгутиков, внутриклеточный транспорт).

▲ *Рецепторная* — белки-рецепторы воспринимают сигнал, служат ионными каналами, связывают внутриклеточные молекулы-посредники.

▲ *Сигнальная* — белки (гормоны, цитокинины) передают сигналы между клетками, тканями, органами и организмами.

▲ *Защитная* — обеспечивают физическую (свёртывание крови), химическую (связывание токсинов (детоксикация), например ферменты печени), иммунную (образование антител на антигены) защиту.

▲ *Транспортная* — переносят органические и неорганические вещества (гемоглобины), а также транспортируют малые молекулы через мембрану клетки.

▲ *Энергетическая (запасная)* — резервные белки являются источником энергии (1 г белка — 4,2 ккал).

▲ *Регуляторная* — регулируют клеточный цикл, активность других ферментов.

### ■ Углеводы

**Углеводы** — органические соединения углерода, водорода и кислорода. Различают *моносахариды* (простые сахара, состоящие из трёх или более атомов углерода, — глюкоза, фруктоза, рибоза, дезоксирибоза и др.), *дисахариды* (образуются из двух молекул моносахаридов — сахароза, лактоза, мальтоза и др.), *полисахариды* (сложные углеводы, состоящие из десятков, сотен или тысяч моносахаридов — крахмал, гликоген, целлюлоза).

### Функции углеводов

▲ *Структурная и опорная* — участвуют в построении опорных структур (целлюлоза, хитин).

▲ *Защитная* — создают защитные образования растений (шипы, колючки и др.), состоящие из клеточных стенок.

▲ *Пластическая* — входят в состав сложных молекул (рибоза, дезоксирибоза), участвуют в построении АТФ, ДНК и РНК.

▲ *Энергетическая* — являются источником энергии (1 г углеводов — 4,2 ккал и 0,4 г воды).

▲ *Запасающая* — выступают в качестве запасных питательных веществ (гликоген, крахмал).

▲ *Осмотическая* — регулируют осмотическое давление в организме.

▲ *Рецепторная* — входят в состав воспринимающей части клеточных рецепторов.

## ■ Жиры

**Жиры (липиды)** — сложные эфиры глицерина и высших жирных кислот. Различают простые липиды (состоят из С, Н и О) и сложные (состоят из простых липидов и других химических элементов (Р, S, N)). Простые липиды, объединённые с белками, — липопротеиды, с углеводами — гликопротеиды, с остатками фосфорной кислоты — фосфолипиды.

### Функции жиров

▲ *Энергетическая (резервная)* — являются основным источником энергии в клетке.

▲ *Структурная* — входят в состав клеточных мембран, нервных клеток, яичного желтка.

▲ *Регуляторная* — регулируют жизнедеятельность отдельных клеток и организма (стероидные гормоны, жирорастворимые витамины (А, D, Е, К)), участвуют в передаче сигналов внутри клетки.

▲ *Защитная (амортизационная)* — защищают внутренние органы животных от повреждений при ударах.

▲ *Теплоизоляция* — откладываются в подкожной клетчатке, уменьшают потери тепла, а также резервных запасов воды.

▲ *Увеличение плавучести* — резервный запас жира выступает как средство снижения среднего удельного веса тела.

## ■ Нуклеиновые кислоты

**Нуклеиновые кислоты (НК)** — высокомолекулярные органические со-

единения, хранящие, передающие и реализующие наследственную информацию. Различают дезоксирибонуклеиновую (**ДНК**) и рибонуклеиновую (**РНК**) кислоты. Мономером нуклеиновой кислоты является **нуклеотид**. Нуклеотид ДНК состоит из **азотистого основания** (пиримидиновые — тимин (Т), цитозин (Ц); пуриновые — гуанин (Г), аденин (А)), **пятиуглеродного сахара** — дезоксирибозы и остатка фосфорной кислоты. В РНК тимин заменяется урацилом (У), а вместо дезоксирибозы — рибоза.

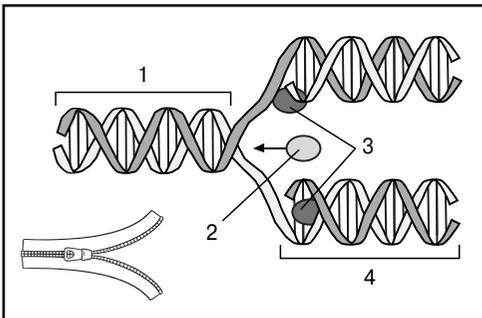
**Комплементарность** — способность нуклеотидов к избирательному соединению в пары. Правило комплементарности: азотистые основания одной цепи соединены водородными связями с азотистыми основаниями другой: аденин только с тимином, гуанин только с цитозином.

Нуклеотиды соединяются в цепочку с помощью ковалентных связей между углеродом одного нуклеотида и остатком фосфорной кислоты другого.

**ДНК** — двухцепочечная молекула нуклеиновой кислоты, которая содержится в ядре клетки и матриксе митохондрий и пластид (в 1953 г. Дж. Уотсоном и Ф. Криком была предложена её модель, двойная спираль). Две цепи ДНК между собой соединяются азотистыми основаниями по **принципу комплементарности** (А=Т (две водородные связи) и Г=Ц (три водородные связи)).

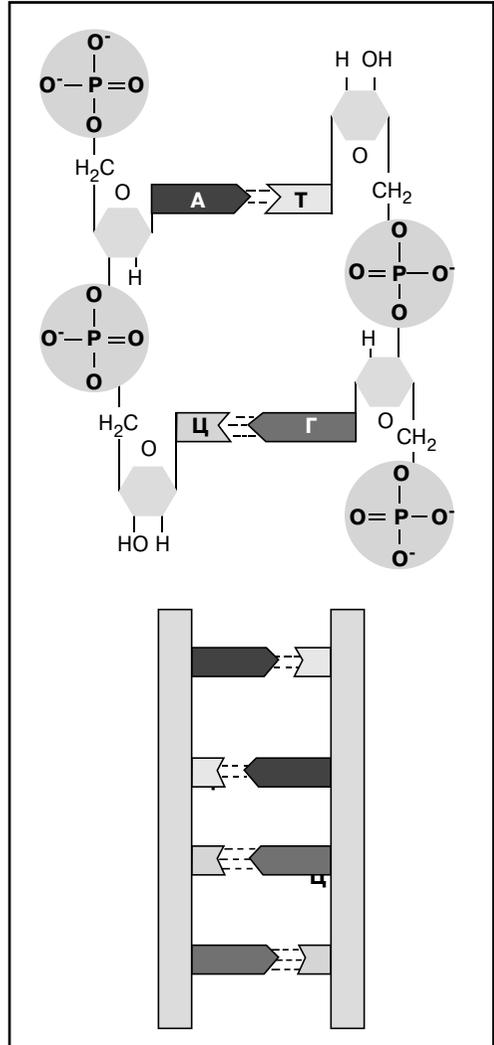
**Репликация ДНК** — процесс синтеза дочерней молекулы ДНК на матрице родительской. Молекула ДНК разделяется на моноспирали (разрыв водородных связей между азотистыми основаниями двух цепей), после чего к каждому основанию, потерявшему партнёра, присоединяется комплементарное основание. Дочерние молекулы получаются точными копиями родительской. При этом одна цепь остаётся от материнской ДНК, а вторая — синтезируется заново. Этот процесс обеспечивает точную передачу генетической информации из поколения в поколение. Репликация проходит в три этапа: инициация, элонгация, терминация.

Движущаяся вдоль цепи ДНК РНК-полимераза действует подобно застёжке-молнии, раскрывая двойную спираль, которая замыкается позади фермента по мере его продвижения.



**Репликация ДНК**

- 1 — материнская молекула ДНК
- 2 — фермент хеликаза
- 3 — фермент ДНК-полимераза
- 4 — дочерняя молекула ДНК



**Строение ДНК**

- Аденин (А)
- Гуанин (Г)
- Тимин (Т)
- Цитозин (Ц)

**РНК** — одноцепочечная молекула нуклеиновой кислоты, которая синтезируется на молекуле ДНК и является комплементарной копией участка одной из цепочек ДНК.

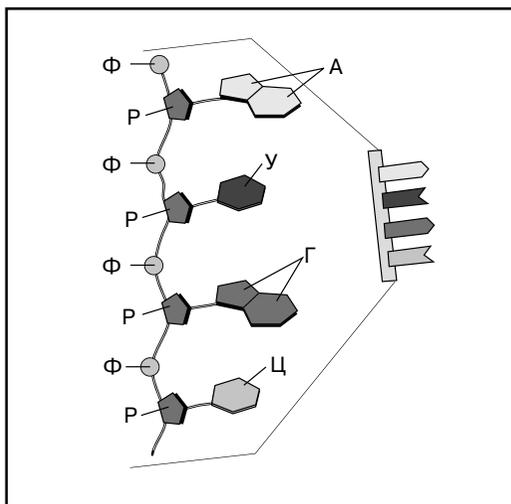
**Виды РНК**

▲ **Информационная (иРНК)** — осуществляет непосредственную передачу кода ДНК для синтеза белков,

при этом каждый белок кодируется специфической иРНК.

▲ **Транспортная (тРНК)** — присоединяет и переносит определённую аминокислоту к рибосомам.

▲ **Рибосомальная (рРНК)** — входит в состав рибосом, выполняя структурную функцию, также участвует в формировании активного центра рибосомы.



**[ Строение РНК ]**

- Аденин (А)
- Гуанин (Г)
- Рибоза (Р)
- Урацил (У)
- Цитозин (Ц)
- Фосфат (Ф)



**Практические задания**

**6** Установите соответствие между мономерами и органическими веществами: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

**МОНОМЕР**

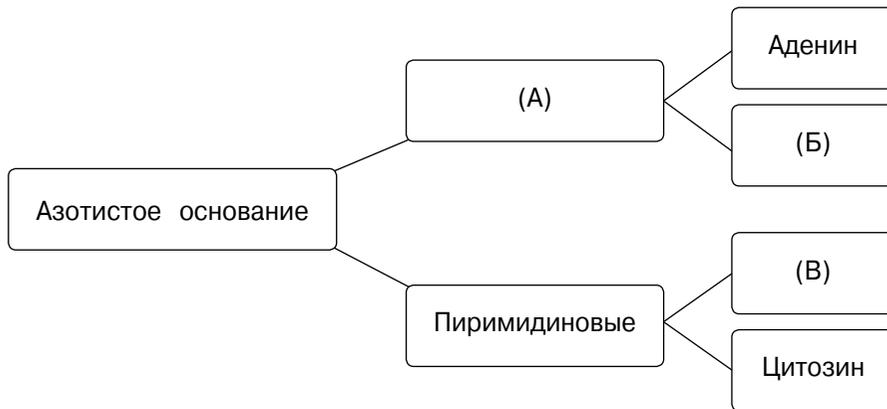
- А) моносахара
- Б) нуклеотид
- В) аминокислота
- Г) простые липиды

**ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО**

- 1) белки
- 2) жиры
- 3) углеводы
- 4) нуклеиновые кислоты

**Ответ:** А — 3; Б — 4; В — 1; Г — 2.

7 Укажите пропущенные термины, обозначенные буквами.



**Ответ:** А — пуриновые; Б — гуанин; В — тимин, урацил.

8 Укажите три элемента, которые относятся к группе микроэлементов.

- |           |            |
|-----------|------------|
| 1) цинк   | 4) водород |
| 2) золото | 5) медь    |
| 3) азот   | 6) железо  |

**Ответ:** 1, 5, 6.

9 Первая цепь ДНК имеет последовательность: АТА ТТГ ГЦЦ ГАЦ АГТ Т. Используя принцип комплементарности, постройте вторую цепь ДНК.

**Ответ:** ТАТ ААЦ ЦГГ ЦТГ ТЦА А.

10 Перечислите отличия в строении молекул ДНК и РНК.

**Ответ:**

- 1) ДНК — двухцепочечная молекула (чаще всего), РНК — одноцепочечная молекула (чаще всего).
- 2) Пятиуглеродный сахар ДНК — дезоксирибоза, РНК — рибоза.
- 3) Азотистое основание ДНК тимин в РНК заменяется на урацил.



## ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ

### МЕТАБОЛИЗМ

**Обмен веществ (метаболизм)** — совокупность химических реакций биосинтеза и распада, лежащих в основе жизнедеятельности организма и обеспечивающих его взаимосвязь со средой обитания. К этапам метаболизма относят: поступление веществ в клетку; использование этих веществ клеткой; выделение конечных продуктов обмена в окружающую среду. Метаболизм включает **анаболизм** (из простых веществ образуются сложные, энергия расходуется) и **катаболизм** (из сложных органических соединений образуются простые, энергия аккумулируется).

По источнику органического вещества выделяют **автотрофов** (синтезируют органические соединения из неорганических) и **гетеротрофов** (потребляют органические вещества, синтезированные другими организмами).

**Энергетический обмен (диссимиляция, или катаболизм)** — совокупность реакций распада, сопровождающихся выделением энергии.

▲ **Подготовительный этап** (в пищеварительном тракте, в лизосомах). Питательные вещества под

влиянием пищеварительных ферментов расщепляются до мономеров: белки — до аминокислот, углеводы — до моносахаридов, липиды — до кислот, спиртов, альдегидов, НК — до нуклеотидов. Синтез АТФ не происходит. Выделение небольшого количества тепловой энергии.

▲ **Бескислородный (анаэробный) этап** — гликолиз (в цитоплазме клеток). Молекула гексозы ( $C_6$ ) расщепляется на две молекулы пировиноградной кислоты ( $C_3$ ) с освобождением двух молекул АТФ и атомов водорода. Освободившийся водород восстанавливает  $НАД^+$  в  $НАД \cdot 2Н$ . Суммарное уравнение гликолиза:  $C_6H_{12}O_6 + 2АДФ + 2H_3PO_4 + 2НАД^+ = 2C_3H_4O_3 + 2АТФ + 2H_2O + 2НАД \cdot H_2$ . 60 % — тепловая энергия, 40 % — энергия на синтез АТФ.

▲ **Кислородный (аэробный) этап** — гликолиз (в матрице митохондрий). Происходит полное окисление пировиноградной кислоты до  $CO_2$  и  $H_2O$  с высвобождением 36 молекул АТФ и включает стадии: окислительное декарбоксилирование пировиноградной кислоты; цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса); электрон-транспортная цепь. Выделение энергии не происходит.

**Цикл Кребса** — ступенчатое декарбоксилирование и дегидрирование пировиноградной кислоты, во время которых образуются АТФ, НАД $\cdot$ Н $_2$  и ФАД $\cdot$ Н $_2$ . Пировиноградная (молочная) кислота реагирует со щавелевоуксусной (оксалоацетатом), образуя лимонную кислоту (цитрат), которая проходит ряд последовательных реакций, превращаясь в другие кислоты. В результате этих реакций образуется щавелевоуксусная кислота, которая снова реагирует с пировиноградной. Свободный Н $^+$  соединяется с НАД (никотинамидадениндинуклеотид), образуя соединение НАД $\cdot$ Н.



**Х. Кребс** открыл и изучил цикл лимонной кислоты, названный циклом трикарбоновых кислот.

**Электрон-транспортная цепь** — мультиферментативный комплекс внутренней поверхности митохондриальных мембран. Вследствие передвижения электрона по цепи переносчиков образуется АТФ. НАД $\cdot$ Н окисляется до НАД $^+$ , Н $^+$  и электрона. С помощью переносчиков электроны транспортируются на внутреннюю поверхность мембра-

ны митохондрий, ионы Н $^+$  накапливаются на внешней поверхности. На внутренней мембране митохондрий локализована ферментная система АТФ-синтетаза, благодаря которой из АДФ и фосфорной кислоты синтезируется АТФ.



Синтез молекул АТФ, сопряжённый с процессом окисления водорода, называется **окислительным фосфорилированием**.

## ■ Брожение

**Брожение** — метаболический распад молекул питательных веществ без участия кислорода.

### Основные типы брожения

- ▲ **Молочнокислое** (молочнокислые бактерии) — лактоза преобразуется в молочную кислоту.
- ▲ **Спиртовое** (дрожжи и некоторые бактерии) — из молекулы глюкозы получаются две молекулы спирта и две — углекислого газа.
- ▲ **Уксуснокислое** (многие бактерии) — прямой результат бактериальной ферментации.
- ▲ **Маслянокислое** (бактерии рода Клостридии) — образуется масляная кислота.

## ■ ПЛАСТИЧЕСКИЙ ОБМЕН

**Пластический обмен (ассимиляция, или анаболизм)** — совокупность реакций синтеза, направленных на образование структурных

частей клеток и тканей (синтез углеводов в ходе фотосинтеза, хемосинтеза, биосинтеза белков, липидов и других веществ).

## ■ Фотосинтез

**Фотосинтез** — процесс превращения солнечной энергии в энергию химических связей органических веществ, протекающий в зелёных листьях растений, включающий световую и темновую фазы.

### Световая фаза

Начинается с поглощения кванта света молекулой хлорофилла, один из электронов молекулы которой переходит на более высокий энергетический уровень, где присоединяется к иону водорода ( $H^+$ ) и восстанавливает его до протона. Протон присоединяется к НАДФ (переносчику  $H$ ) и восстанавливает его до  $НАДФ \cdot H + H^+$ . Хлорофилл, утративший электрон, отрывает его от молекулы воды. Происходит **фотолиз** (расщепление) воды, в результате которого освобождается кислород ( $2H_2O \rightarrow 4H^+ + 4e^- + O_2 \uparrow$ ). Выделившаяся энергия идёт на синтез АТФ. Результат световой фазы — АТФ,  $O_2 \uparrow$  и  $НАДФ \cdot H + H^+$ .

### Темновая фаза (цикл Кальвина)

Осуществляется в строме хлоропластов без поглощения света. Приводит к восстановлению  $CO_2$  до уровня органических веществ при участии продуктов световой фазы.  $CO_2$  из атмосферы связывается с акцептором (рибулозодифосфатом). В результате образуется нестойкое вещество ( $C_6$ ), распадающееся на две молекулы фосфооглицириновой кислоты. Последняя восстанавливается с помощью  $НАДФ \cdot H + H^+$  и АТФ. В конечном

итоге через ряд промежуточных реакций образуются углеводы (моно-, ди- и полисахариды) и другие органические соединения.

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

### Значение фотосинтеза

▲ Продукты фотосинтеза используются организмами для построения клеток и как источник энергии для процессов жизнедеятельности.

▲ Фотосинтез — основополагающий процесс в живой природе. Благодаря ему из неорганических веществ при участии энергии солнечного света зелёные растения синтезируют органические соединения, необходимые для жизнедеятельности всего живого на Земле.

▲ Благодаря фотосинтезу поддерживается необходимое содержание кислорода в воздухе.

▲ Фотосинтез препятствует увеличению концентрации  $CO_2$  в атмосфере, предотвращая её перегрев вследствие парникового эффекта.

▲ Фотосинтез служит в качестве основного источника энергии и сырья для отраслей промышленности.

## ■ Хемосинтез

**Хемосинтез** — процесс синтеза органических веществ из неорганических за счёт энергии окисления. Хемосинтезирующие организмы были открыты в 1887 г. С. Н. Виноградским.

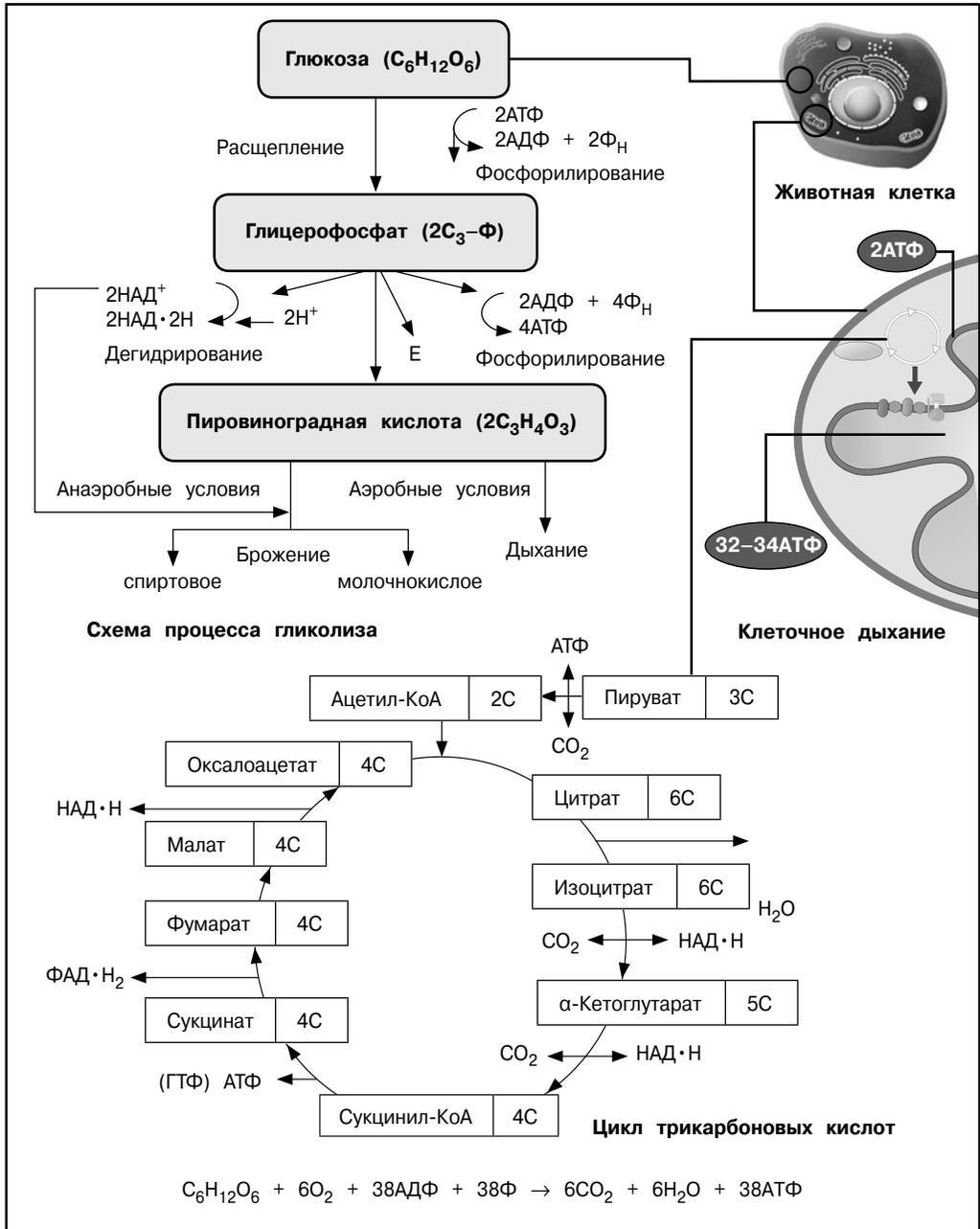
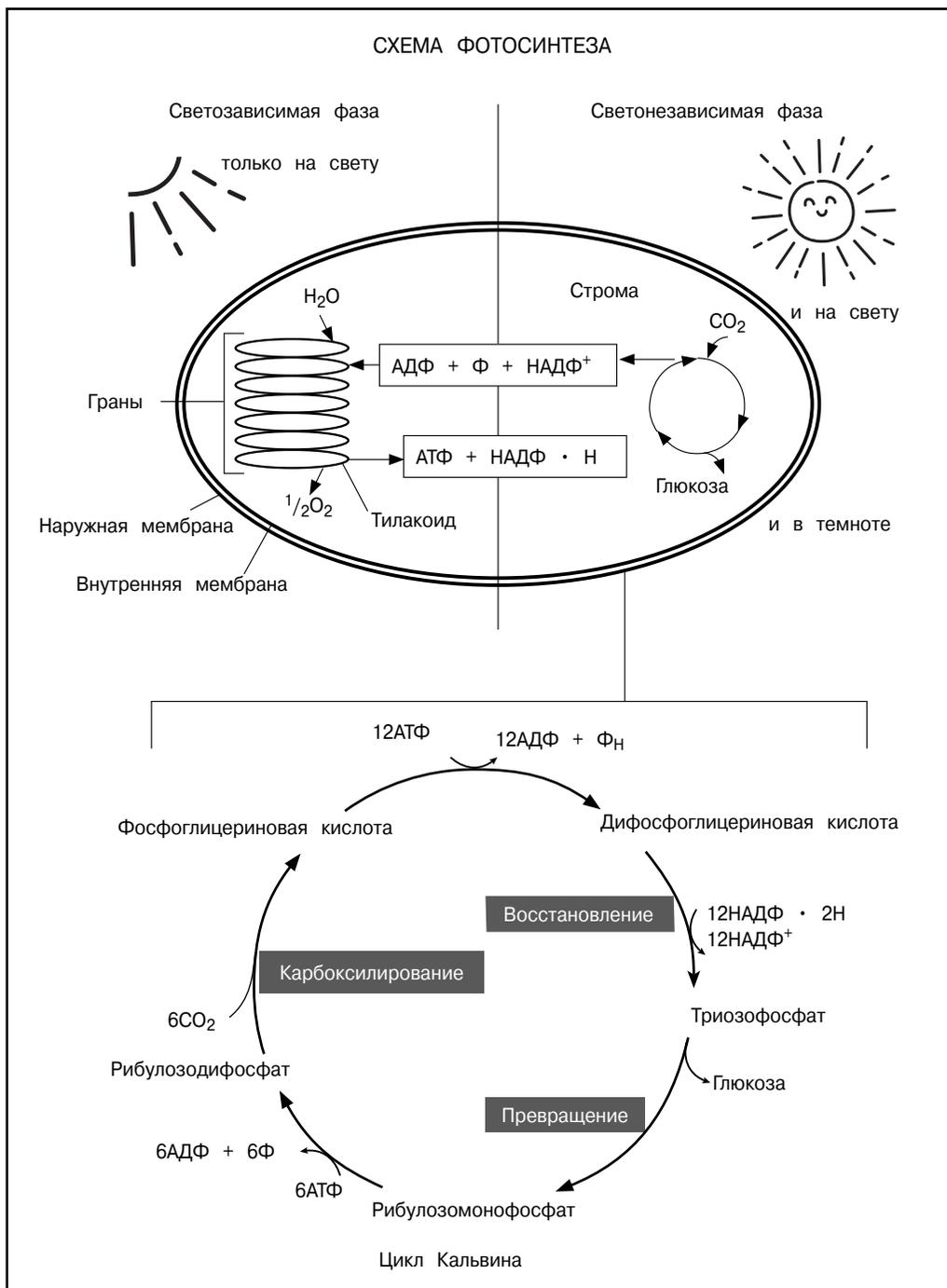


Схема и суммарное уравнение энергетического обмена





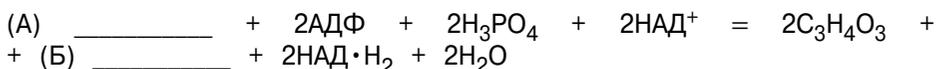
### Практические задания

**11** Все перечисленные понятия, кроме трёх, не относятся к катаболизму. Определите три понятия, «выпадающие» из общего списка.

- |                |                  |                      |
|----------------|------------------|----------------------|
| 1) ассимиляция | 3) цикл Кальвина | 5) клеточное дыхание |
| 2) цикл Кребса | 4) брожение      | 6) хемосинтез        |

**Ответ:** 1, 3, 6.

**12** Что пропущено в уравнении гликолиза?



**Ответ:** А —  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ; Б — 2АТФ.

**13** Проанализируйте таблицу. Заполните пустые ячейки, используя элементы, приведённые в списке.

	Фаза	
	световая	темновая
Локализация	___ (А)	Строма хлоропласта
Основные процессы	___ (Б)	Синтез глюкозы из углекислого газа путём ряда последовательных сложных ферментативных реакций
Исходные вещества	$\text{H}_2\text{O}$ НАДФ АДФ	_____ (В)
Конечные продукты	___ (Г)	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , НАДФ, АДФ
Источник энергии	___ (Д)	АТФ

Пропущенные элементы:

- 1) грани хлоропласта
- 2) НАДФ·Н, АТФ,  $\text{O}_2$

- 3) фотолиз воды с выделением  $O_2$ , восстановление НАДФ, синтез АТФ  
 4) НАДФ·Н, АТФ,  $CO_2$   
 5) квант света

**Ответ:** А — 1; Б — 3; В — 4; Г — 2; Д — 5.

**14** На каком этапе энергетического обмена нет синтеза АТФ?

**Ответ:** на подготовительном этапе.



## КЛЕТКА — ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ЕДИНИЦА ЖИВОГО

### ХРАНЕНИЕ НАСЛЕДСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Наследственный материал эукариот локализован в ядре и представлен хромосомами, состоящими из ДНК, связанной с белком.

**Хромосомы** имеют **первичную перетяжку** (утончённый неспирализованный участок), делящую хромосому на два плеча. В области перетяжки располагается **центромера**, которая участвует в клеточном делении. Выделяют три вида хромосом: **равноплечие** — с плечами равной длины; **неравноплечие** — с плечами неравной длины; **палочковидные** — с одним длинным и вторым очень коротким плечами. Некоторые хромосомы имеют

вторичную перетяжку, в её области формируется ядрышко.

**Кариотип** — совокупность хромосом соматической клетки.

**Диплоидный набор хромосом** — совокупность хромосом, присущая соматическим клеткам, в которой все характерные для данного биологического вида хромосомы представлены попарно.

**Гаплоидный набор хромосом** — совокупность хромосом, присущая зрелой половой клетке, в которой из каждой пары хромосом присутствует только одна.

**Генетический код** — последовательность нуклеотидов, посредством которой записана информация о синтезе определённых белков.

#### Свойства генетического кода

▲ **Триплетность** — каждая аминокислота кодируется известным сочетанием из трёх расположенных рядом нуклеотидов (кодон).

▲ **Множественность (вырожденность)** — одна и та же аминокислота может быть закодирована несколькими триплетами, но каждый триплет кодирует только одну аминокислоту.

▲ Код является **неперекрывающимся**, то есть один и тот же нуклеотид не может входить одновременно в состав двух соединений триплетов.

▲ Код не имеет «**знаков препинания**» — если произойдёт выпадение одного нуклеотида, его место займёт ближайший, что приведёт к изменению порядка считывания.

▲ **Универсальность** — у всех живых организмов одни и те же триплеты кодируют одни и те же аминокислоты, что свидетельствует о единстве происхождения всего живого.

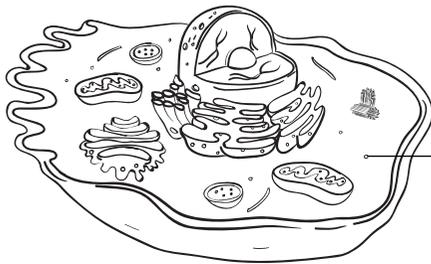
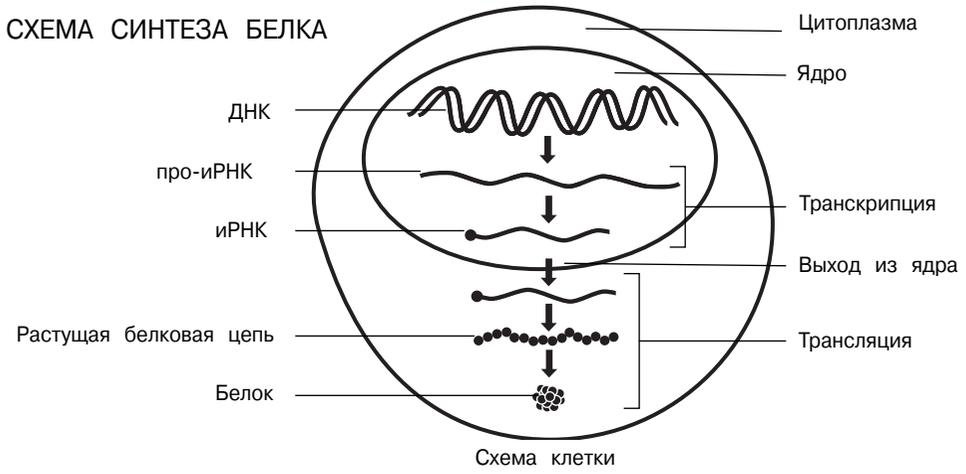
## ЭТАПЫ БИОСИНТЕЗА БЕЛКА

Биосинтез белка начинается с **транскрипции**, которая осуществляется в ядре и представляет собой списывание информации о структуре белковой молекулы с ДНК на иРНК по принципу комплементарности. Фермент РНК-полимераза расщепляет двойную цепь ДНК и на одной из цепей синтезирует молекулу про-иРНК. С помощью специальных ферментов про-иРНК превращается в активную форму иРНК. Последняя из ядра поступает в цитоплазму клетки. К иРНК здесь присоединяется рибосома. В цитоплазме клетки с помощью ферментов активируется тРНК. На её вершине располагается триплет, который отвечает по коду определённой аминокислоте (антикодон), а на основании тРНК крепится данная аминокислота. К рибосоме аминокис-

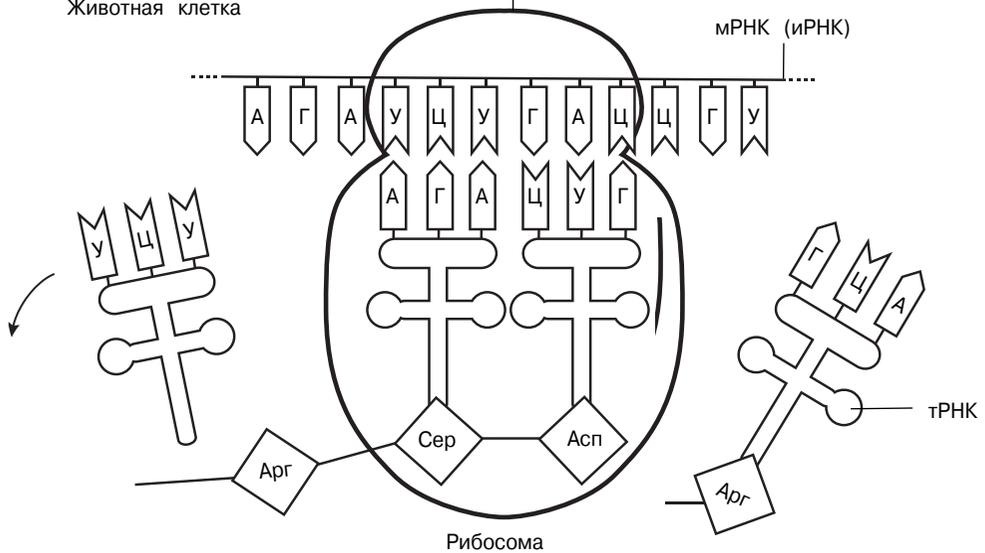
лоту доставляет тРНК. В процессе второго этапа — **трансляции (передачи)** — по принципу комплементарности антикодон связывается со своим кодоном. При их соответствии аминокислота в активном центре рибосомы присоединяется к предыдущей аминокислоте. Далее тРНК освобождается от аминокислоты, а рибосома продвигается по иРНК на один триплет вперёд. Белок приобретает определённую пространственную конфигурацию. При участии ферментов происходит отщепление лишних аминокислотных остатков, введение фосфатных, карбоксильных и других групп. После этих процессов белок становится функционально активным.

Репликация, транскрипция, трансляция — реакции матричного синтеза.

### СХЕМА СИНТЕЗА БЕЛКА



Животная клетка





### Практические задания

**15** Используя таблицу генетического кода, переведите последовательность нуклеотидов в последовательность аминокислот.

УУА УАЦ ЦАЦ ААЦ ЦЦЦ ГЦА ГАА

**Ответ:** Лей Тир Гис Асн Про Ала Глу.

**16** Установите правильную последовательность процессов биосинтеза белка.

- 1) Аминокислота в активном центре рибосомы присоединяется к предыдущей аминокислоте.
- 2) Присоединение иРНК к рибосоме.
- 3) тРНК освобождается от аминокислоты.
- 4) Списывание информации о структуре белка с ДНК на иРНК.
- 5) Рибосома продвигается по иРНК на один триплет вперёд.
- 6) Активация тРНК, присоединение к ней определённой аминокислоты и транспорт её в рибосому.
- 7) Белок, в результате последовательных ферментативных воздействий, приобретает законченную пространственную конфигурацию.
- 8) Антикодон тРНК по принципу комплементарности связывается со своим кодоном.

**Ответ:** 4, 2, 6, 8, 1, 3, 5, 7.

## КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ

**Клеточный цикл** — время существования клетки от начала одного деления до начала следующего деления, состоит из интерфазы и собственно процесса деления.

**Интерфаза** — период между делениями, в котором происходят процессы роста и развития клетки, удвоения ДНК, синтеза белков и органических соединений.

### ■ Митоз и амитоз

**Митоз (непрямое деление клетки)** — процесс равномерного распределения между дочерними клетками ядерного наследственного материала.

В результате митоза из одной материнской клетки с диплоидным (двойным) набором хромосом обра-

зуются две диплоидные дочерние клетки, содержащие полную генетическую информацию в том же объёме, что и родительская.

Митоз обеспечивает сохранность наследственных признаков и увеличение количества клеток или одно-клеточных организмов.

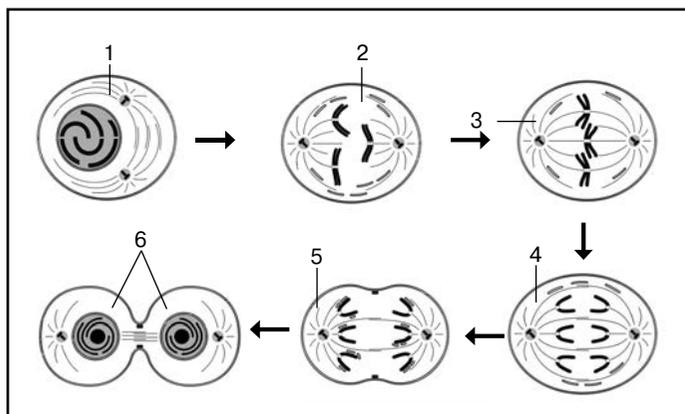
### Стадии митоза

**Профаза** — спирализация хромосом, уменьшение их функциональной активности; репликация практически не идёт; разрушение оболочки ядра; образование веретена деления; прикрепление хромосом к нитям веретена деления.

**Метафаза** — спирализация хромосом достигает максимума; хромосомы утрачивают свою функциональную активность, образуют экваториальную пластинку.

**Анафаза** — деление центромер; расхождение по нитям веретена сестринских хромосом. Анафаза заканчивается, когда центромеры достигают полюсов клетки.

**Телофаза** — деспирализация хромосом; образование ядерной оболочки; деление цитоплазмы; между дочерними клетками формируется клеточная стенка.



### [ Стадии митоза ]

- 1 — профаза
- 2 — прометафаза
- 3 — метафаза
- 4 — анафаза
- 5 — телофаза
- 6 — цитокинез

**Амитоз** — прямое деление клетки, при котором ядро делится путём перешнуровки без предшествующей перестройки: хромосомы не проходят цикла спирализации; не образуется веретено деления; клетка делится сразу после репликации ДНК; ДНК между дочерними клетками распределяется неравномерно. Амитоз проходит быстрее, чем митоз. В результате амитоза увеличивается количество дочерних клеток, но одновременно могут появляться двух- и многоядерные клетки. Амитоз характерен для одноклеточных и некоторых клеток многоклеточных организмов (клетки при патологических состояниях).

## ■ Мейоз

**Мейоз** — способ деления эукариотических клеток, в результате которого из одной материнской клетки образуются четыре дочерние с уменьшенным в два раза набором хромосом. На этапе **интерфазы** (предшествует мейозу) происходит репликация ДНК с последующим удвоением хромосом. Клетки с диплоидным набором хромосом, каждая состоит из одной хромосомной нити (**хромонемы**). После интерфазы хромосомы становятся удвоенными, а их диплоидное число  $2n$  сохраняется. Центриоли в клеточном центре удваиваются.

### Стадии мейоза I (редукционное деление)

**Профаза I** — спирализация хромосом; конъюгация; кроссинговер; хроматиды начинают расходиться; биваленты обособляются и располагаются по периферии ядра; ядрышко исчезает.

**Метафаза I** — начинается с момента разрушения ядерной оболочки; биваленты располагаются в экваториальной плоскости, прикрепленные к нитям веретена деления.

**Анафаза I** — центромеры каждой пары гомологичных хромосом разъединяются, и к полюсам клетки отходят гомологичные хромосомы, состоящие из двух хроматид.

**Телофаза I** — начинается с достижения хромосомами полюсов клетки (у каждого полюса —  $n$  хромосом): происходит редукция числа хромосом; образуется ядерная оболочка; делится цитоплазма; формируется клеточная стенка.

Завершение мейоза I сопровождается образованием двух дочерних клеток, содержащих гаплоидный набор хромосом, которые в свою очередь остаются удвоенными.

Во время кратковременной **интерфазы (интеркинеза)** не происходит репликация ДНК, нет удваения хромосомы, две дочерние клетки вступают во второе деление мейоза.

### Стадии мейоза II (по типу митоза — равное деление)

**Профаза II** — непродолжительная, так как хроматиды спирализованы.

**Метафаза II** — образуются экваториальная пластинка, хромосомы, состоящие из двух хроматид, центромерными участками прикрепляются к нитям веретена деления.

**Анафаза II** — хроматиды расходятся к полюсам клетки.

**Телофаза II** — образуется ядерная оболочка; делится цитоплазма; формируется клеточная стенка. Образуются четыре гаплоидные клетки.

Мейоз II проходит по типу митоза. В результате мейоза из одной клетки с диплоидным набором хромосом после двух последовательных делений образуются 4n клетки.

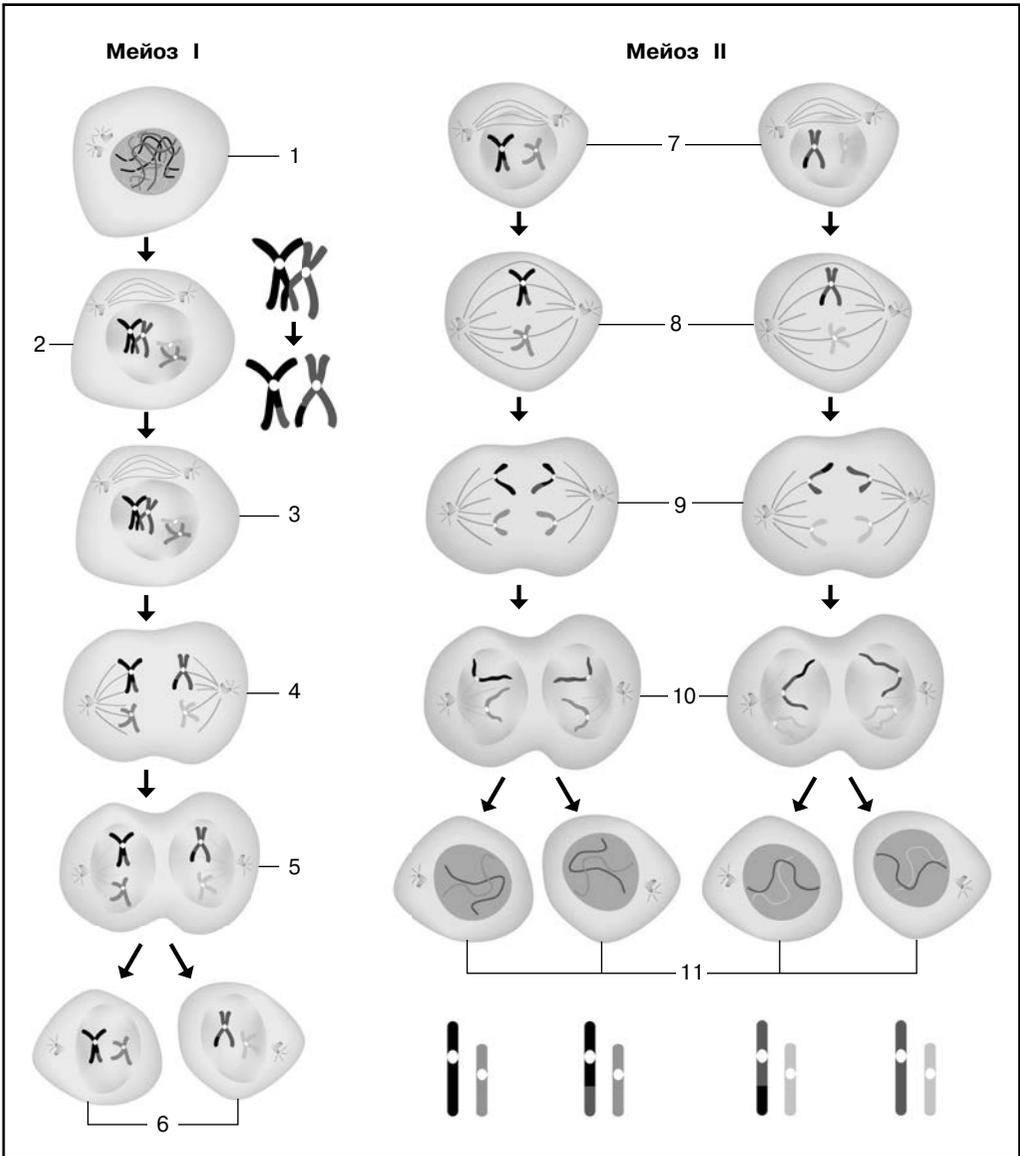
#### Черты мейоза

▲ Редукция числа хромосом (если бы не было уменьшения числа хромосом при образовании половых клеток, то из поколения в поколение их количество возрастало бы и был бы утрачен один из важнейших признаков каждого вида — постоянство числа хромосом).

▲ Конъюгация (сближение и переплетение) гомологичных хромосом.

▲ Рекомбинация генетического материала, обусловленная случайным расхождением материнских и отцовских гомологичных хромосом в дочерние клетки, а также кроссинговером (процессом обмена участками гомологичных хромосом).

Таким образом, мейоз — непрерывный процесс, состоящий из двух последовательных делений ядра и цитоплазмы, перед которыми репликация происходит только один раз. Энергия и вещества, необходимые для обоих делений мейоза, накапливаются во время интерфазы I.



**[ Стадии мейоза ]**

- |                |                     |                      |
|----------------|---------------------|----------------------|
| 1 — клетка     | 5 — телофаза I      | 9 — анафаза II       |
| 2 — профазы I  | 6 — дочерние клетки | 10 — телофаза II     |
| 3 — метафаза I | 7 — профазы II      | 11 — дочерние клетки |
| 4 — анафаза I  | 8 — метафаза II     |                      |



### Практические задания

**17** Установите соответствие между высказываниями и терминами: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

#### ВЫСКАЗЫВАНИЕ

#### ТЕРМИН

- |   |  |
|---|--|
| <p>А) В результате деления из одной материнской клетки образуются четыре дочерние.</p> <p>Б) ДНК между дочерними клетками распределяется неравномерно.</p> <p>В) Из одной клетки образуются две новые, генетически идентичные материнской клетке.</p> <p>Г) В результате деления происходит уменьшение пloidности: из диплоидной клетки образуются гаплоидные.</p> <p>Д) Деление клеток, при котором могут образовываться двух- и многоядерные клетки.</p> <p>Е) Деление клеток, в котором выделяют по одной профазе, метафазе, анафазе и телофазе.</p> | <p>1) митоз</p> <p>2) мейоз</p> <p>3) амитоз</p> |
|---|--|

**Ответ:** А — 2; Б — 3; В — 1; Г — 2; Д — 3; Е — 1.

**18** На какой стадии митоза проходит деление центромер и расхождение сестринских хромосом по нитям веретена деления?

- 1) профаза
- 2) метафаза
- 3) анафаза
- 4) телофаза

**Ответ:** 3.

**19** Выберите три верных утверждения, которые характеризуют интерфазу.

- 1) Происходит репликация ДНК с последующим удвоением хромосом.
- 2) Из одной клетки с диплоидным набором хромосом в результате последовательных делений образуются четыре гаплоидные клетки.
- 3) Спирализация хромосом достигает максимума.

- 4) Репликация органелл, в частности рибосом.
- 5) Происходит удвоение центриолей.
- 6) Конъюгация гомологичных хромосом.

**Ответ:** 1, 4, 5.

**20** На какой стадии мейоза происходит разрушение ядерной оболочки и биваленты выстраиваются в экваториальной плоскости?

- 1) профаза I
- 2) метафаза I
- 3) анафаза I
- 4) метафаза II

**Ответ:** 2.

**21** Найдите ошибки в текстах и исправьте их.

- 1) После интерфазы хромосомы становятся удвоенными, а их гаплоидное число сохраняется.
- 2) Если бы не было увеличения числа хромосом при образовании половых клеток, то из поколения в поколение возрастало бы число хромосом и был бы утрачен один из важнейших признаков каждого вида — постоянство числа хромосом.
- 3) Благодаря кроссинговеру, направленному расхождению негомологичных хромосом, в анафазе первого деления и дочерних хроматид в анафазе второго деления создаются возможности для возникновения в гаметах новых комбинаций генов.

**Ответ:**

- 1) После интерфазы хромосомы становятся удвоенными, а их **гаплоидное** (правильный ответ — диплоидное) число сохраняется.
- 2) Если бы не было **увеличения** (правильный ответ — уменьшения) числа хромосом при образовании половых клеток, то из поколения в поколение их количество возрастало и был бы утрачен один из важнейших признаков каждого вида — постоянство числа хромосом.
- 3) Благодаря кроссинговеру, **направленному расхождению негомологичных хромосом** (правильный ответ — обмену участками гомологичных хромосом), в анафазе первого деления и дочерних хроматид в анафазе второго деления создаются возможности для возникновения в гаметах новых комбинаций генов.

# ОРГАНИЗМ КАК БИОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА



## РАЗНООБРАЗИЕ ОРГАНИЗМОВ

На Земле к настоящему времени описано около 10 млн видов живых организмов, поражающих разнообразием, но вместе с тем обладающих общими чертами. Первыми в процессе эволюции образовались организмы, состоящие из одной клетки (**одноклеточные**). Одни из них имеют явное сходство с растениями, другие — с животными, третьи несут признаки обоих царств, четвёртые не похожи ни на кого. Одноклеточные организмы могут образовывать колонии (вольвокс). Дальнейшее развитие шло по пути усложнения и формирования живых организмов, состоящих из множества клеток (**многоклеточных**).



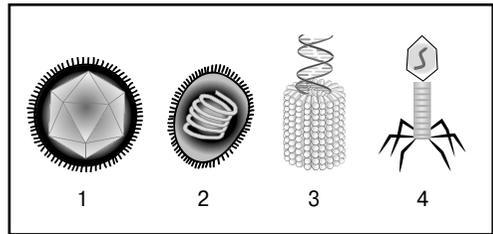
## ВИРУСЫ

**Вирусы** — неклеточная инфекционная форма жизни, которая может воспроизводиться только внутри живых клеток. Вирусы являются автономными генетическими системами, которые представляют собой об-

лигатных паразитов. Они поражают все типы организмов: от растений и животных до бактерий и архей (вирусы бактерий — **бактериофаги**). Обнаружены также вирусы, поражающие другие вирусы.

Вирусы занимают промежуточное положение между неживой и живой природой. От живых организмов они отличаются геномом (может быть представлен как молекулой ДНК, так и РНК), способностью формировать кристаллы внутри клеток (некоторые из вирусов), отсутствием собственной системы синтеза белка, клеточного строения. У вирусов различают две жизненные формы: покоящаяся внеклеточная — вирион; активно репродуцирующаяся внутриклеточная — вегетативная. Вирусы, подобно живым организмам, способны размножаться, наследовать признаки, адаптироваться к условиям окружающей среды. Им присуща генотипическая и фенотипическая изменчивость. Вирусные частицы (вирионы) состоят из двух

или трёх компонентов: генетического материала в виде ДНК или РНК; белковой оболочки (капсида), защищающей эти молекулы, в некоторых случаях — дополнительных липидных оболочек.



#### [ Разнообразие вирусов ]

- 1 — вирус герпеса
- 2 — вирус гриппа
- 3 — вирус табачной мозаики
- 4 — бактериофаг



## ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ

**Воспроизведение** — способность производить новое поколение особей того же вида, одно из обязательных и важнейших свойств живых организмов.



### ■ Бесполое размножение

**Бесполое размножение** — форма размножения, при которой организм воспроизводит себя самостоятельно, без всякого участия другой особи

(гаметы не образуются). При любой форме бесполого размножения наблюдается увеличение численности вида без повышения его генетического разнообразия: все дочерние организмы являются точной копией

материнского. Новые признаки возникают только в результате мутаций. **Преимущества бесполого размножения:** простота и эффективность (не нужно искать партнёра); потомство может оставить любая особь в любом месте; удач-

ные сочетания генов не теряются. **Недостатки бесполого размножения:** если в определённом местобитании возникают изменения, вызывающие гибель отдельных особей, то погибнут все организмы, так как они генетически сходны.

### Способы бесполого размножения

#### Простое деление (деление надвое)

Характерно для одноклеточных эукариот. В результате такого типа размножения из одной клетки образуются две дочерние, каждая из которых становится новым организмом.

#### Почкование

Характерно для кишечнорастворимых, растений, одноклеточных грибов (дрожжей). В результате почкования от родительской особи отделяется небольшой вырост (почка), и из группы клеток исходного организма образуется дочерний.

#### Спорообразование

Встречается у водорослей, простейших (споровики) и некоторых групп бактерий, служит как для переживания неблагоприятных условий, так и для расселения: попав в подходящую среду, спора прорастает, превращаясь в вегетативную (делящуюся) клетку.

#### Вегетативное размножение

Чаще всего встречается у растений и представляет собой размножение отдельными органами, частями органов или тела (побегами, черенками, луковицами или клубнями). В его основе лежит способность организмов к регенерации.

## ■ Половое размножение

**Половое размножение** характеризуется наличием полового процесса, который обеспечивает обмен наследственной информацией и создаёт условия для возникновения наследственной изменчивости. В нём, как правило, участвуют две особи — женская и мужская, которые образуют гаплоидные половые клетки — **гаметы**.

### Формы полового процесса

▲ **Конъюгация** — форма полового процесса, при которой осуществляется взаимообмен мигрирующими ядрами, перемещающимися из одной клетки в другую по цитоплазматическому мостику, образуемому двумя особями. При конъюгации обычно не происходит увеличения количества особей, но осуществляется обмен генетическим материалом между клетками, что обеспечивает рекомбинацию наследственных свойств.

▲ **Копуляция (гаметогамия)** — слияние двух одинаковых или разных по форме, подвижности и размерам половых клеток. Выделяют следующие формы гаметогамии.

- **Изогамия.** Образуются подвижные, морфологически одинаковые гаметы, различающиеся физиологически. Характерна для водорослей.
- **Анизогамия.** Формируются подвижные гаметы, различающиеся морфологически и физиологически. Характерна для водорослей.
- **Оогамия.** Гаметы сильно отличаются друг от друга, по строению и физиологическим свойствам

делятся на мужские (подвижные — сперматозоиды, неподвижные — спермии) и женские (яйцеклетки). Характерна для животных, высших растений и многих грибов.

▲ **Партеногенез (девственное развитие)** — половой процесс, при котором оплодотворение не происходит, новый организм формируется из неоплодотворённой яйцеклетки. Встречается у дафний, пчёл, тараканов, некоторых ящериц, ряда растений.

**Гаметогенез** — последовательный процесс образования половых клеток. Центральное событие гаметогенеза — редукция диплоидного набора хромосом (в ходе мейоза) и формирование гаплоидных гамет. У человека и животных развитие яйцеклеток (**оогенез**) и сперматозоидов (**сперматогенез**) осуществляется в гонадах, или половых железах, — яичниках и семенниках соответственно.

Сперматогенез заканчивается **стадией формирования сперматозоидов**. В результате этого процесса каждая незрелая сперматίδα превращается в зрелый сперматозоид, приобретая все свойственные ему структуры.

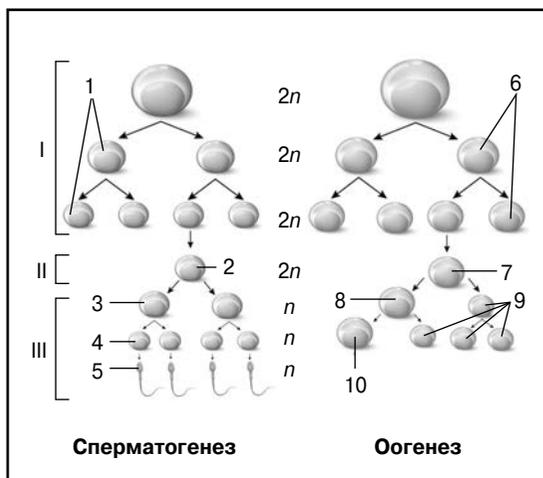
При оогенезе из каждой последующей клетки оогония образуются одна крупная яйцеклетка с  $n$  набором хромосом и три редукционных тельца, которые не участвуют в оплодотворении, а служат для равномерного распределения хромосом в мейозе.

## Стадии гаметогенеза

**Стадия размножения.** Клетки, из которых в последующем образуются мужские и женские гаметы, называются **сперматогониями** и **оогониями** соответственно. Они несут  $2n$  набор хромосом. На этой стадии первичные половые клетки многократно делятся митозом, в результате чего их количество возрастает. Сперматогонии размножаются в течение всего репродуктивного периода в мужском организме, оогонии — главным образом в эмбриональном периоде.

**Стадия роста.** Клетки увеличиваются в размерах и превращаются в сперматоциты и ооциты I порядка (достигают особенно больших размеров в связи с накоплением питательных веществ в виде желтка и белковых гранул). Соответствует интерфазе I мейоза.

**Стадия созревания.** Происходят два последовательных деления — редукционное (мейоз I) и равное (мейоз II), которые вместе составляют мейоз. В результате этого один сперматоцит I порядка (мейоз I) даёт два сперматоцита II порядка (мейоз II) → четыре сперматиды; один ооцит I порядка (мейоз I) даёт два ооцита II порядка (мейоз II) → одна зрелая яйцеклетка (с большим количеством питательных веществ) и три редукционных тельца.



### [ Гаметогенез у животных ]

- 1 — сперматогоний
- 2 — сперматоцит первого порядка
- 3 — сперматоцит второго порядка
- 4 — сперматид
- 5 — сперматозоид
- 6 — оогоний
- 7 — ооцит первого порядка
- 8 — ооцит второго порядка
- 9 — направительные тельца
- 10 — яйцеклетка
- I — зона размножения
- II — зона роста
- III — зона созревания