

# СОДЕРЖАНИЕ

## Раздел 1

### БИОЛОГИЯ КАК НАУКА.

#### МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

1.1. Биология как наука, ее достижения, методы познания живой природы. Роль биологии в формировании современной естественнонаучной картины мира . . . . . 8

1.2. Уровневая организация и эволюция. Основные уровни организации живой природы: клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический, биосферный. Биологические системы. Общие признаки биологических систем: клеточное строение, особенности химического состава, обмен веществ и превращения энергии, гомеостаз, раздражимость, движение, рост и развитие, воспроизведение, эволюция . . . . . 14

Примеры заданий ЕГЭ к разделу 1 . . . . . 18

## Раздел 2

### КЛЕТКА КАК БИОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

2.1. Современная клеточная теория, ее основные положения, роль в формировании современной естественнонаучной картины мира. Развитие знаний о клетке. Клеточное строение организмов — основа единства органического мира, доказательство родства живой природы . . . . . 22

2.2. Многообразие клеток. Прокариотические и эукариотические клетки. Сравнительная характеристика клеток растений, животных, бактерий, грибов . . . . . 35

2.3. Химический состав клетки. Макро- и микроэлементы. Взаимосвязь строения и функций неорганических и органических веществ (белков, нуклеиновых кислот,

углеводов, липидов, АТФ), входящих в состав клетки.

Роль химических веществ в клетке и организме человека . . . 31

2.4. Строение клетки. Взаимосвязь строения и функций частей и органоидов клетки — основа ее целостности . . . 39

2.5. Обмен веществ и превращения энергии — свойства живых организмов. Энергетический и пластический обмен, их взаимосвязь. Стадии энергетического обмена. Брожение и дыхание. Фотосинтез, его значение, космическая роль. Фазы фотосинтеза. Световые и темновые реакции фотосинтеза, их взаимосвязь. Хемосинтез. Роль хемосинтезирующих бактерий на Земле. . 49

2.6. Генетическая информация в клетке. Гены, генетический код и его свойства. Матричный характер реакций биосинтеза. Биосинтез белка и нуклеиновых кислот. . . . 55

2.7. Клетка — генетическая единица живого. Хромосомы, их строение (форма и размеры) и функции. Число хромосом и их видовое постоянство. Соматические и половые клетки. Жизненный цикл клетки: интерфаза и митоз. Митоз — деление соматических клеток. Мейоз. Фазы митоза и мейоза. Развитие половых клеток у растений и животных. Деление клетки — основа роста, развития и размножения организмов. Роль мейоза и митоза . . . . . 59

Примеры заданий ЕГЭ к разделу 2 . . . . . 68

## Раздел 3

### ОРГАНИЗМ КАК БИОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

3.1. Разнообразие организмов: одноклеточные и многоклеточные; автотрофы, гетеротрофы . . . . . 76

3.2. Воспроизведение организмов, его значение. Способы размножения, сходство и отличие полового и бесполого размножения. Оплодотворение у цветковых растений

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| и позвоночных животных. Внешнее и внутреннее<br>оплодотворение . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 78         |
| 3.3. Онтогенез и присущие ему закономерности.<br>Эмбриональное и постэмбриональное развитие<br>организмов. Причины нарушения развития организмов. . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 83         |
| 3.4. Генетика, ее задачи. Наследственность<br>и изменчивость — свойства организмов. Методы<br>генетики. Основные генетические понятия и символика.<br>Хромосомная теория наследственности. Современные<br>представления о гене и геноме . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 87         |
| 3.5. Закономерности наследственности, их цитологические<br>основы. Закономерности наследования, установленные<br>Г. Менделем, их цитологические основы (моно-<br>и дигибридное скрещивание). Законы Т. Моргана:<br>сцепленное наследование признаков, нарушение<br>сцепления генов. Генетика пола. Наследование<br>признаков, сцепленных с полом. Взаимодействие генов.<br>Генотип как целостная система. Генетика человека.<br>Методы изучения генетики человека. Решение<br>генетических задач. Составление схем<br>скрещивания . . . . . | 92         |
| 3.6. Закономерности изменчивости. Ненаследственная<br>(модификационная) изменчивость. Норма реакции.<br>Наследственная изменчивость: мутационная,<br>комбинативная. Виды мутаций и их причины.<br>Значение изменчивости в жизни организмов<br>и в эволюции . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                        | 106        |
| 3.7. Значение генетики для медицины. Наследственные<br>болезни человека, их причины, профилактика. Вредное<br>влияние мутагенов, алкоголя, наркотиков, никотина<br>на генетический аппарат клетки. Защита среды от<br>загрязнения мутагенами. Выявление источников<br>мутагенов в окружающей среде (косвенно) и оценка<br>возможных последствий их влияния на собственный<br>организм . . . . .                                                                                                                                             | 111        |
| 3.8. Селекция, ее задачи и практическое значение. Вклад<br>Н. И. Вавилова в развитие селекции: учение о центрах<br>многообразия и происхождения культурных растений;<br>закон гомологических рядов в наследственной<br>изменчивости. Методы селекции и их генетические<br>основы. Методы выведения новых сортов растений,<br>пород животных, штаммов микроорганизмов.<br>Значение генетики для селекции. Биологические основы<br>выращивания культурных растений и домашних<br>животных . . . . .                                           | 114        |
| 3.9. Биотехнология, ее направления. Клеточная и генная<br>инженерия, клонирование. Роль клеточной теории<br>в становлении и развитии биотехнологии. Значение<br>биотехнологии для развития селекции, сельского<br>хозяйства, микробиологической промышленности,<br>сохранения генофонда планеты. Этические аспекты<br>развития некоторых исследований в биотехнологии<br>(клонирование человека, направленные изменения<br>генома). . . . .                                                                                                 | 120        |
| <b>Примеры заданий ЕГЭ к разделу 3 . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>124</b> |
| <b>Раздел 4</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |
| <b>СИСТЕМА И МНОГООБРАЗИЕ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |
| <b>ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |            |
| 4.1. Многообразие организмов. Значение работ К. Линнея<br>и Ж. Б. Ламарка. Основные систематические<br>(таксономические) категории: вид, род, семейство,<br>отряд (порядок), класс, тип (отдел), царство; их<br>соподчиненность. Вирусы — неклеточные формы<br>жизни. Меры профилактики вирусных заболеваний. . .                                                                                                                                                                                                                           | 133        |
| 4.2. Царство бактерий, строение, жизнедеятельность,<br>размножение, роль в природе. Бактерии —<br>возбудители заболеваний растений, животных,<br>человека. Профилактика заболеваний, вызываемых<br>бактериями . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 139        |
| 4.3. Царство грибов, строение, жизнедеятельность,<br>размножение. Использование грибов для<br>получения продуктов питания и лекарств.<br>Распознавание съедобных и ядовитых грибов.<br>Лишайники, их разнообразие, особенности строения<br>и жизнедеятельности. Роль в природе грибов<br>и лишайников . . . . .                                                                                                                                                                                                                             | 144        |
| 4.4. Царство растений. Строение (ткани, клетки, органы),<br>жизнедеятельность и размножение растительного<br>организма (на примере покрытосеменных растений).<br>Распознавание (на рисунках) органов растений . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 151        |
| 4.5. Многообразие растений. Основные отделы растений.<br>Классы покрытосеменных, роль растений в природе<br>и жизни человека . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 178        |
| 4.6. Царство животных. Одноклеточные и многоклеточные<br>животные. Характеристика основных типов<br>беспозвоночных, классов членистоногих. Особенности<br>строения, жизнедеятельности, размножения, роль<br>в природе и жизни человека . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 197        |

- 4.7. Хордовые животные. Характеристика основных классов.  
Роль в природе и жизни человека. Распознавание  
(на рисунках) органов и систем органов у животных. . . . .222

**Примеры заданий ЕГЭ к разделу 4 . . . . .243**

## **Раздел 5 ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА И ЕГО ЗДОРОВЬЕ**

- 5.1. Ткани. Строение и жизнедеятельность органов  
и систем органов: пищеварения, дыхания, выделения.  
Распознавание (на рисунках) тканей, органов, систем  
органов . . . . .250

- 5.2. Строение и жизнедеятельность органов и систем  
органов: опорно-двигательной, покровной,  
кровообращения, лимфообращения. Размножение  
и развитие человека. Распознавание (на рисунках)  
органов и систем органов . . . . .260

- 5.3. Внутренняя среда организма человека. Группы крови.  
Переливание крови. Иммуитет. Обмен веществ  
и превращение энергии в организме человека.  
Витамины . . . . .271

- 5.4. Нервная и эндокринная системы. Нейрогуморальная  
регуляция процессов жизнедеятельности организма как  
основа его целостности, связи со средой . . . . .278

- 5.5. Анализаторы. Органы чувств, их роль в организме.  
Строение и функции. Высшая нервная деятельность.  
Сон, его значение. Сознание, память, эмоции, речь,  
мышление. Особенности психики человека . . . . .283

- 5.6. Личная и общественная гигиена, здоровый образ  
жизни. Профилактика инфекционных заболеваний  
(вирусных, бактериальных, грибковых, вызываемых  
животными). Предупреждение травматизма, приемы  
оказания первой помощи. Психическое и физическое  
здоровье человека. Факторы здоровья (аутотренинг,  
закаливание, двигательная активность). Факторы  
риска (стрессы, гиподинамия, переутомление,  
переохлаждение). Вредные и полезные привычки.  
Зависимость здоровья человека от состояния  
окружающей среды. Соблюдение санитарно-  
гигиенических норм и правил здорового образа жизни.  
Репродуктивное здоровье человека. Последствия  
влияния алкоголя, никотина, наркотических веществ на  
развитие зародыша человека. . . . .294

**Примеры заданий ЕГЭ к разделу 5 . . . . .303**

## **Раздел 6 ЭВОЛЮЦИЯ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ**

- 6.1. Вид, его критерии. Популяция — структурная  
единица вида и элементарная единица эволюции.  
Микроэволюция. Образование новых видов. Способы  
видообразования. Сохранение многообразия видов как  
основа устойчивости биосферы. . . . .311

- 6.2. Развитие эволюционных идей. Значение эволюционной  
теории Ч. Дарвина. Взаимосвязь движущих сил  
эволюции. Формы естественного отбора, виды  
борьбы за существование. Синтетическая теория  
эволюции. Элементарные факторы эволюции.  
Исследования С. С. Четверикова. Роль эволюционной  
теории в формировании современной  
естественнонаучной картины мира . . . . .318

- 6.3. Доказательства эволюции живой природы. Результаты  
эволюции: приспособленность организмов к среде  
обитания, многообразие видов. . . . .328

- 6.4. Макроэволюция. Направления и пути эволюции  
(А. Н. Северцов, И. И. Шмальгаузен). Биологический  
прогресс и регресс, ароморфоз, идиоадаптация,  
дегенерация. Причины биологического прогресса  
и регресса. Гипотезы возникновения жизни на  
Земле. Основные ароморфозы в эволюции растений  
и животных. Усложнение живых организмов в процессе  
эволюции . . . . .335

- 6.5. Происхождение человека. Человек как вид, его  
место в системе органического мира. Гипотезы  
происхождения человека. Движущие силы  
и этапы эволюции человека. Человеческие расы,  
их генетическое родство. Биосоциальная природа  
человека. Социальная и природная среда, адаптации  
к ней человека . . . . .346

**Примеры заданий ЕГЭ к разделу 6 . . . . .353**

## **Раздел 7 ЭКОСИСТЕМЫ И ПРИСУЩЕ ИМ ЗАКОНОМЕРНОСТИ**

- 7.1. Среда обитания организмов. Экологические  
факторы: абиотические, биотические, их значение.  
Антропогенный фактор. . . . .361

- 7.2. Экосистема (биогеоценоз), ее компоненты:  
продуценты, консументы, редуценты, их роль. Видовая  
и пространственная структура экосистемы. Трофические  
уровни. Цепи и сети питания, их звенья. Правила

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| экологической пирамиды. Составление схем передачи веществ и энергии (цепей и сетей питания) . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 369        |
| 7.3. Разнообразие экосистем (биогеоценозов). Саморазвитие и смена экосистем. Устойчивость и динамика экосистем. Биологическое разнообразие, саморегуляция и круговорот веществ — основа устойчивого развития экосистем. Причины устойчивости и смены экосистем. Изменения в экосистемах под влиянием деятельности человека. Агроэкосистемы, основные отличия от природных экосистем. . . . . | 376        |
| 7.4. Биосфера — глобальная экосистема. Учение В. И. Вернадского о биосфере. Живое вещество, его функции. Особенности распределения биомассы на Земле. Биологический круговорот и превращение энергии в биосфере, роль в нем организмов разных царств. Эволюция биосферы . . . . .                                                                                                            | 384        |
| 7.5. Глобальные изменения в биосфере, вызванные деятельностью человека (нарушение озонового экрана, кислотные дожди, парниковый эффект и др.). Проблемы устойчивого развития биосферы. Правила поведения в природной среде . . . . .                                                                                                                                                         | 390        |
| <b>Примеры заданий ЕГЭ к разделу 7 . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>394</b> |
| <b>Ответы к примерам заданий ЕГЭ . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>403</b> |
| <b>Тренировочное тестовое задание. . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>406</b> |
| <b>Ответы к тренировочному тесту. . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>416</b> |

---

# БИОЛОГИЯ

---

Теоретический курс с примерами заданий ЕГЭ



Биология как наука  
Методы научного познания



Клетка как биологическая  
система



Организм как биологическая  
система



Система и многообразие  
органического мира



Организм человека  
и его здоровье



Эволюция живой природы



Экосистемы и присущие  
им закономерности





## Раздел 1

# Биология как наука. Методы научного познания

### 1.1. Биология как наука, ее достижения, методы познания живой природы. Роль биологии в формировании современной естественнонаучной картины мира

#### Биология как наука

**Биология** (от греч. *биос* — жизнь, *логос* — слово, наука) — это комплекс наук о живой природе.

Предметом биологии являются все проявления жизни: строение и функции живых существ, их разнообразие, происхождение и развитие, а также взаимодействие с окружающей средой. Основная задача биологии как науки состоит в истолковании всех явлений живой природы на научной основе, учитывая при этом, что целостному организму присущи свойства, в корне отличающиеся от его составляющих.

Термин «биология» встречается в трудах немецких анатомов Т. Роозе (1779) и К. Ф. Бурдаха (1800), однако только в 1802 году он был впервые употреблен независимо друг от друга Ж. Б. Ламарком и Г. Р. Тревиранусом для обозначения науки, изучающей живые организмы.

#### Биологические науки

В настоящее время в состав биологии включают целый ряд наук, которые можно систематизировать по таким критериям: по предмету и преобладающим методам исследования и по изучаемому уровню организации живой природы. По предмету исследования биологические науки делят на бактериологию, ботанику, вирусологию, зоологию, микологию.

*Ботаника* — это биологическая наука, комплексно изучающая растения и растительный покров Земли. *Зоология* — раздел биологии, наука о многообразии, строении, жизнедеятельности, распространении и взаимосвязи животных со средой обитания, их происхождении и развитии. *Бактериология* — биологическая наука, изучающая строение и жизнедеятельность бактерий, а также их роль в природе. *Вирусология* — биологическая наука, изучающая вирусы. Основным объектом *микологии* являются грибы, их строение и особенности жизнедеятельности. *Лихенология* — биологическая наука, изучающая лишайники. Бактериология, вирусология и некоторые аспекты микологии часто рассматриваются в составе *микробиологии* — раздела биологии, науке

о микроорганизмах (бактериях, вирусах и микроскопических грибах). *Систематика*, или *таксономия*, — биологическая наука, которая описывает и классифицирует по группам все живые и вымершие существа.

В свою очередь, каждая из перечисленных биологических наук подразделяется на биохимию, морфологию, анатомию, физиологию, эмбриологию, генетику и систематику (растений, животных или микроорганизмов). *Биохимия* — это наука о химическом составе живой материи, химических процессах, происходящих в живых организмах и лежащих в основе их жизнедеятельности. *Морфология* — биологическая наука, изучающая форму и строение организмов, а также закономерности их развития. В широком смысле она включает в себя цитологию, анатомию, гистологию и эмбриологию. Различают морфологию животных и растений. *Анатомия* — это раздел биологии (точнее — морфологии), наука, изучающая внутреннее строение и форму отдельных органов, систем и организма в целом. Анатомия растений рассматривается в составе ботаники, анатомия животных — в составе зоологии, а анатомия человека является отдельной наукой. *Физиология* — биологическая наука, изучающая процессы жизнедеятельности растительных и животных организмов, их отдельных систем, органов, тканей и клеток. Существуют физиология растений, животных и человека. *Эмбриология (биология развития)* — раздел биологии, наука об индивидуальном развитии организма, в том числе развитии зародыша.

Объектом *генетики* являются закономерности наследственности и изменчивости. В настоящее время это одна из наиболее динамично развивающихся биологических наук.

По изучаемому уровню организации живой природы выделяют молекулярную биологию, цитологию, гистологию, органологию, биологию организмов и надорганизменных систем. *Молекулярная биология* является одним из наиболее молодых разделов биологии, наука, изучающая, в частности, организацию наследственной информации и биосинтез белка. *Цитология*, или *клеточная биология*, — биологическая наука, объектом изучения которой являются клетки как одноклеточных, так и многоклеточных организмов. *Гистология* — биологическая наука, раздел морфологии, объектом которой является строение тканей растений и животных. К сфере *органологии* относят морфологию, анатомию и физиологию различных органов и их систем.

Биология организмов включает все науки, предметом которых являются живые организмы, например *этологию* — науку о поведении организмов.

Биология надорганизменных систем подразделяется на биогеографию и экологию. Распространение живых организмов изучает *биогеография*, тогда как *экология* — организацию и функционирование надорганизменных систем различных уровней: популяций, биоценозов (сообществ), биогеоценозов (экосистем) и биосферы.

По преобладающим методам исследования можно выделить описательную (например, морфологию), экспериментальную (например, физиологию) и теоретическую биологию.

Выявление и объяснение закономерностей строения, функционирования и развития живой природы на различных уровнях ее организации является задачей *общей биологии*. К ней относят биохимию, молекулярную биологию, цитологию, эмбриологию, генетику, экологию, эволюционное учение и антропологию. *Эволюционное учение* изучает причины, движущие силы, механизмы и общие закономерности эволюции живых организмов. Одним из его разделов является *палеонтология* — наука, предметом которой являются ископаемые останки живых организмов. *Антропология* — раздел общей биологии, наука о происхождении и развитии человека как биологического вида, а также разнообразии популяций современного человека и закономерностях их взаимодействия.

Прикладные аспекты биологии отнесены к сфере биотехнологии, селекции и других быстро развивающихся наук. *Биотехнологией* называют биологическую науку, изучающую использование живых организмов и биологических процессов в производстве. Она широко применяется в пищевой (хлебопечение, сыроделие, пивоварение и др.) и фармацевтической промышленности (получение антибиотиков, витаминов), для очистки вод и т. п. *Селекция* — наука о методах создания пород домашних животных, сортов культурных растений и штаммов микроорганизмов с нужными человеку свойствами. Под селекцией понимают и сам процесс изменения живых организмов, осуществляемый человеком для своих потребностей.

Прогресс биологии тесно связан с успехами других естественных и точных наук, таких как физика, химия, математика, информатика и др. Например, микроскопирование, ультразвуковые исследования (УЗИ), томография и другие методы биологии основываются на физических закономерностях, а изучение структуры биологических молекул и процессов, происходящих в живых системах, было бы невозможным без применения химических и физических методов. Применение математических методов позволяет, с одной стороны, выявить наличие закономерной связи между объектами или явлениями, подтвердить достоверность полученных результатов, а с другой — смоделировать явление или процесс. В последнее время все большее значение в биологии приобретают компьютерные методы, например моделирование. На стыке биологии и других наук возник целый ряд новых наук, таких как биофизика, биохимия, бионика и др.

## Достижения биологии

Наиболее важными событиями в области биологии, повлиявшими на весь ход ее дальнейшего развития, являются: установление молекулярной структуры ДНК и ее роли в передаче информации в живой материи (Ф. Крик, Дж. Уотсон, М. Уилкинс); расшифровка генетического кода (Р. Холли, Х. Г. Корана, М. Ниренберг); открытие структуры гена и генетической регуляции синтеза белков (А. М. Львов, Ф. Жакоб, Ж. Л. Моно и др.); формулировка клеточной теории (М. Шлейден, Т. Шванн, Р. Вирхов, К. Бэр); исследование закономерностей наследственности и изменчивости (Г. Мендель, Х. де Фриз, Т. Морган и др.); формулировка принципов современной систематики (К. Линней), эволюционной теории (Ч. Дарвин) и учения о биосфере (В. И. Вернадский).

Значимость открытий последних десятилетий еще предстоит оценить, однако наиболее крупными достижениями биологии были признаны: расшифровка генома человека и других организмов, определение механизмов контроля потока генетической информации в клетке и формирующемся организме, механизмов регуляции деления и гибели клеток, клонирование млекопитающих, а также открытие возбудителей «коровьего бешенства» (прионов).

Работы по программе «Геном человека», которые проводились одновременно в нескольких странах и были завершены в начале нынешнего века, привели нас к пониманию того, что у человека имеется около 25–30 тыс. генов, но информация с большей части нашей ДНК не считывается никогда, так как в ней содержится огромное количество участков и генов, кодирующих признаки, утратившие значение для человека (хвост, оволосение тела и др.). Кроме того, был расшифрован ряд генов, отвечающих за развитие наследственных заболеваний, а также генов-мишеней лекарственных препаратов. Однако практическое применение результатов, полученных в ходе реализации данной программы, откладывается до тех пор, пока не будут расшифрованы геномы значительного количества людей, и тогда станет понятно, в чем же все-таки их различие. Эти цели поставлены перед целым рядом ведущих лабораторий всего мира, работающих над реализацией программы «ENCODE».

Биологические исследования являются фундаментом медицины, фармации, широко используются в сельском и лесном хозяйстве, пищевой промышленности и других отраслях человеческой деятельности.

Хорошо известно, что только «зеленая революция» 1950-х годов позволила хотя бы частично решить проблему обеспечения быстро растущего населения Земли продуктами питания, а животноводство — кормами за счет внедрения новых сортов растений и прогрессивных технологий их выращивания. В связи с тем, что генетически запрограммированные свойства сельскохозяйственных культур уже почти исчерпаны, дальнейшее решение продовольственной проблемы связывают с широким введением в производство генетически модифицированных организмов.

Производство многих продуктов питания, таких как сыры, йогурты, колбасы, хлебобулочные изделия и др., также невозможно без использования бактерий и грибов, что является предметом биотехнологии.

Познание природы возбудителей, процессов течения многих заболеваний, механизмов иммунитета, закономерностей наследственности и изменчивости позволили существенно снизить смертность и даже полностью искоренить ряд болезней, таких, например, как черная оспа. С помощью новейших достижений биологической науки решается и проблема репродукции человека. Значительная часть современных лекарственных препаратов производится на основе природного сырья, а также благодаря успехам генной инженерии, как, например, инсулин, столь необходимый больным сахарным диабетом, в основном синтезируется бактериями, которым перенесен соответствующий ген.

Не менее значимы биологические исследования для сохранения окружающей среды и разнообразия живых организмов, угроза исчезновения которых ставит под сомнение существование человечества.

Наибольшее значение среди достижений биологии имеет тот факт, что они лежат даже в основе построения нейронных сетей и генетического кода в компьютерных технологиях, а также широко используются в архитектуре и других отраслях. Вне всякого сомнения, наступивший XXI век является веком биологии.

## Методы познания живой природы

Как и любая другая наука, биология имеет свой арсенал методов. Помимо научного метода познания, применяемого в других отраслях, в биологии широко используются такие методы, как исторический, сравнительно-описательный и др.

**Научный метод** познания включает в себя наблюдение, формулировку гипотез, эксперимент, моделирование, анализ результатов и выведение общих закономерностей (рис. 1.1).

*Наблюдение* — это целенаправленное восприятие объектов и явлений с помощью органов чувств или приборов, обусловленное задачей деятельности. Основным условием научного наблюдения является его объективность, т. е. возможность проверки полученных данных путем повторного наблюдения или применения иных методов исследования, например эксперимента. Полученные в результате наблюдения факты называются *данными*. Они могут быть как *качественными* (описывающими запах, вкус, цвет, форму и т. д.), так и *количественными*, причем количественные данные являются более точными, чем качественные.



**Рис. 1.1.** Схематическое изображение научного метода исследования

На основе данных наблюдений формулируется *гипотеза* — предположительное суждение о закономерной связи явлений. Гипотеза подвергается проверке в серии экспериментов. *Экспериментом* называется научно поставленный опыт, наблюдение исследуемого явления в контролируемых условиях, позволяющих выявить характеристики данного объекта или явления. Высшей формой эксперимента является *моделирование* — исследование каких-либо явлений, процессов или систем объектов путем построения и изучения их моделей. По существу это одна из основных категорий теории познания: на идее моделирования базируется любой метод научного исследования — как теоретический, так и экспериментальный.

Результаты эксперимента и моделирования подвергаются тщательному анализу. *Анализом* называют метод научного исследования путем разложения предмета на составные части или мысленного расчленения объекта путем логической абстракции. Анализ неразрывно связан с синтезом. *Синтез* — это метод изучения предмета в его целостности, в единстве и взаимной связи его частей. В результате анализа и синтеза наиболее удачная гипотеза исследования становится *рабочей гипотезой*, и если она способна устоять при попытках ее опровержения и по-прежнему удачно предсказывает ранее необъясненные факты и взаимосвязи, то она может стать теорией.

Под *теорией* понимают такую форму научного знания, которая дает целостное представление о закономерностях и существенных связях действительности. Общее направление научного исследования состоит в достижении более высоких уровней предсказуемости. Если теорию не способны изменить никакие факты, а встречающиеся отклонения от нее регулярны и предсказуемы, то ее можно возвести в ранг *закона* — необходимого, существенного, устойчивого, повторяющегося отношения между явлениями в природе.

По мере увеличения совокупности знаний и совершенствования методов исследования гипотезы и прочно укоренившиеся теории могут оспариваться, видоизменяться и даже отвергаться, поскольку сами научные знания по своей природе динамичны и постоянно подвергаются критическому переосмыслению.

**Исторический метод** выявляет закономерности появления и развития организмов, становления их структуры и функции. В ряде случаев с помощью этого метода новую жизнь обретают гипотезы и теории, ранее считавшиеся ложными. Так, например, произошло с предположениями Ч. Дарвина о природе передачи сигналов по растению в ответ на воздействия окружающей среды.

**Сравнительно-описательный метод** предусматривает проведение анатомо-морфологического анализа объектов исследования. Он лежит в основе классификации организмов, выявления закономерностей возникновения и развития различных форм жизни.

**Мониторинг** — это система мероприятий по наблюдению, оценке и прогнозу изменения состояния исследуемого объекта, в частности биосферы.

Проведение наблюдений и экспериментов требует зачастую применения специального оборудования, такого как микроскопы, центрифуги, спектрофотометры и др.

**Микроскопия** широко применяется в зоологии, ботанике, анатомии человека, гистологии, цитологии, генетике, эмбриологии, палеонтологии, экологии и других разделах биологии. Она позволяет изучить тонкое строение объектов с использованием световых, электронных, рентгеновских и других типов микроскопов.

**Устройство светового микроскопа.** Световой микроскоп состоит из оптических и механических частей. К первым относятся окуляр, объективы и зеркало, а ко вторым — тубус, штатив, основание, предметный столик и винт (рис. 1.2).

Общее увеличение микроскопа определяется по формуле:

увеличение объектива  $\times$  увеличение окуляра = увеличение микроскопа.

Например, если объектив увеличивает объект в 8 раз, а окуляр — в 7, то общее увеличение микроскопа равно 56.

**Дифференциальное центрифугирование**, или *фракционирование*, позволяет разделить частицы по их размерам и плотности под дейст-

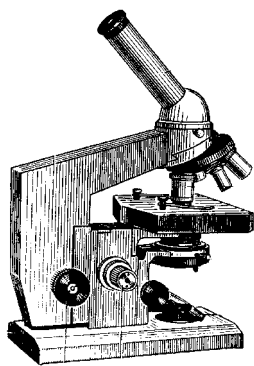


Рис. 1.2. Внешний вид светового микроскопа

вием центробежной силы, что активно используется при изучении строения биологических молекул и клеток.

Арсенал методов биологии постоянно обновляется, и в настоящее время охватить его полностью практически невозможно. Поэтому некоторые методы, используемые в отдельных биологических науках, будут рассмотрены далее.

## Роль биологии в формировании современной естественнонаучной картины мира

На этапе становления биология еще не существовала отдельно от других естественных наук и ограничивалась лишь наблюдением, изучением, описанием и классификацией представителей животного и растительного мира, т. е. была описательной наукой. Однако это не помешало античным естествоиспытателям Гиппократу (ок. 460–377 гг. до н. э.), Аристотелю (384–322 гг. до н. э.) и Теофрасту (настоящее имя Тиртам, 372–287 гг. до н. э.) внести значительный вклад в развитие представлений о строении тела человека и животных, а также о биологическом разнообразии животных и растений, заложив тем самым основы анатомии и физиологии человека, зоологии и ботаники.

Углубление познаний о живой природе и систематизация ранее накопленных фактов, происходившие в XVI–XVIII веках, увенчались введением бинарной номенклатуры и созданием стройной систематики растений (К. Линней) и животных (Ж. Б. Ламарк).

Описание значительного числа видов со сходными морфологическими признаками, а также палеонтологические находки стали предпосылками к развитию представлений о происхождении видов и путях исторического развития органического мира. Так, опыты Ф. Реди, Л. Спалланцани и Л. Пастера в XVII–XIX веках опровергли гипотезу спонтанного самозарождения, выдвинутую еще Аристотелем и бытовавшую в Средние века, а теория биохимической эволюции А. И. Опарина и Дж. Холдейна, блестяще подтвержденная С. Миллером и Г. Юри, позволила дать ответ на вопрос о происхождении всего живого.

Если процесс возникновения живого из неживых компонентов и его эволюция сами по себе уже не вызывают сомнений, то механизмы, пути и направления исторического развития органического мира все еще до конца не выяснены, поскольку ни одна из двух основных соперничающих между собой теорий эволюции (синтетическая теория эволюции, созданная на основе теории Ч. Дарвина, и теория Ж. Б. Ламарка) все еще не могут предъявить исчерпывающих доказательств.

Применение микроскопии и других методов смежных наук, обусловленное прогрессом в области других естественных наук, а также внедрение практики эксперимента позволило немецким ученым Т. Шванну и М. Шлейдену еще в XIX веке сформулировать клеточную теорию, позднее дополненную Р. Вирховым и К. Бэрм. Она стала важнейшим обобщением в биологии, которое краеугольным камнем легло в основу современных представлений о единстве органического мира.

Открытие закономерностей передачи наследственной информации чешским монахом Г. Менделем послужило толчком к дальнейшему бурному развитию биологии в XX–XXI веках и привело не только к открытию универсального носителя наследственности — ДНК, но и генетического кода, а также фундаментальных механизмов контроля, считывания и изменчивости наследственной информации.

Развитие представлений об окружающей среде привело к возникновению такой науки, как *экология*, и формулировке *учения о биосфере* как о сложной многокомпонентной планетарной системе связанных между собой огромных биологических комплексов, а также химических и геологических процессов, происходящих на Земле (В. И. Вернадский), что в конечном итоге позволяет хотя бы в небольшой степени уменьшить негативные последствия хозяйственной деятельности человека.

Таким образом, биология сыграла немаловажную роль в становлении современной естественнонаучной картины мира.

## 1.2. Уровневая организация и эволюция. Основные уровни организации живой природы: клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический, биосферный. Биологические системы. Общие признаки биологических систем: клеточное строение, особенности химического состава, обмен веществ и превращения энергии, гомеостаз, раздражимость, движение, рост и развитие, воспроизведение, эволюция

### Уровневая организация и эволюция

Живая природа — не однородное образование, подобное кристаллу, она представлена бесконечным разнообразием составляющих ее объектов (одних только видов организмов в настоящее время описано около 2 млн). Вместе с тем это разнообразие не является и свидетельством хаоса, царящего в ней, поскольку организмы имеют клеточное строение, организмы одного вида образуют популяции, все популяции, обитающие на одном участке суши или воды, образуют сообщества, а во взаимодействии с телами неживой природы формируют биогеоценозы, в свою очередь составляющие биосферу.

Таким образом, живая природа является системой, компоненты которой можно расположить в строгом порядке: от низших к высшим. Данный принцип организации позволяет выделить в живой природе отдельные *уровни* и дает комплексное представление о жизни как о природном явлении. На каждом из уровней организации определяют элементарную единицу и элементарное явление. В качестве *элементарной единицы* рассматривают структуру или объект, изменения которых составляют специфический для соответствующего уровня вклад в процесс сохранения и развития жизни, тогда как само это изменение является *элементарным явлением*.

Формирование такой многоуровневой структуры не могло произойти мгновенно — это результат миллиардов лет исторического развития, в процессе которого происходило прогрессивное усложнение форм жизни: от комплексов органических молекул к клеткам, от клеток — к организмам и т. д. Однажды возникнув, эта структура поддерживает свое существование за счет сложной системы регуляции и продолжает развиваться, причем на каждом из уровней организации живой материи происходят соответствующие эволюционные преобразования.

### Основные уровни организации живой природы: клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический, биосферный

В настоящее время выделяют несколько основных уровней организации живой материи: клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический и биосферный.

#### Клеточный уровень

Хотя проявления некоторых свойств живого обусловлены уже взаимодействием биологических макромолекул (белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов и др.), все же единицей строения, функций и развития живого является клетка, способная осуществлять и сопрягать процессы реализации и передачи наследственной информации с обменом веществ и превращения энергии, обеспечивая тем самым функционирование более высоких уровней организации. Элементарной единицей клеточного уровня организации является клетка, а элементарным явлением — реакции клеточного метаболизма.

#### Организменный уровень

**Организм** — это целостная система, способная к самостоятельному существованию.

По количеству клеток, входящих в состав организмов, их делят на одноклеточные и многоклеточные. Клеточный уровень организации у одноклеточных организмов (амебы обыкновенной,

эвглены зеленой и др.) совпадает с организменным. В истории Земли был период, когда все организмы были представлены только одноклеточными формами, но они обеспечивали функционирование как биогеоценозов, так и биосферы в целом. Большинство многоклеточных организмов представлено совокупностью тканей и органов, в свою очередь также имеющих клеточное строение. Органы и ткани приспособлены для выполнения определенных функций. Элементарной единицей данного уровня является особь в ее индивидуальном развитии, или онтогенезе, поэтому организменный уровень также называют *онтогенетическим*. Элементарным явлением данного уровня являются изменения организма в его индивидуальном развитии.

### **Популяционно-видовой уровень**

**Популяция** — это совокупность особей одного вида, свободно скрещивающихся между собой и проживающих обособленно от других таких же групп особей.

В популяциях происходит свободный обмен наследственной информацией и ее передача потомкам. Популяция является элементарной единицей популяционно-видового уровня, а элементарным явлением в данном случае являются эволюционные преобразования, например мутации и естественный отбор.

### **Биогеоценотический уровень**

**Биогеоценоз** представляет собой исторически сложившееся сообщество популяций разных видов, взаимосвязанных между собой и окружающей средой обменом веществ и энергии.

Биогеоценозы являются элементарными системами, в которых осуществляется вещественно-энергетический круговорот, обусловленный жизнедеятельностью организмов. Сами биогеоценозы — это элементарные единицы данного уровня, тогда как элементарные явления — это потоки энергии и круговороты веществ в них. Биогеоценозы составляют биосферу и обуславливают все процессы, протекающие в ней.

### **Биосферный уровень**

**Биосфера** — оболочка Земли, населенная живыми организмами и преобразуемая ими.

Биосфера является самым высоким уровнем организации жизни на планете. Эта оболочка охватывает нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхний слой литосферы. Биосфера, как и все другие биологические системы, динамична и активно преобразуется живыми существами. Она сама является элементарной единицей биосферного уровня, а в качестве элементарного явления рассматривают процессы круговорота веществ и энергии, происходящие при участии живых организмов.

Как уже было сказано выше, каждый из уровней организации живой материи вносит свою лепту в единый эволюционный процесс: в клетке не только воспроизводится заложенная наследственная информация, но и происходит ее изменение, что приводит к возникновению новых сочетаний признаков и свойств организма, в свою очередь подвергающихся действию естественного отбора на популяционно-видовом уровне и т. д.

### **Биологические системы**

Биологические объекты различной степени сложности (клетки, организмы, популяции и виды, биогеоценозы и саму биосферу) рассматривают в настоящее время в качестве *биологических систем*.

**Система** — это единство структурных компонентов, взаимодействие которых порождает новые свойства по сравнению с их механической совокупностью. Так, организмы состоят из органов, органы образованы тканями, а ткани формируют клетки.

Характерными чертами биологических систем являются их целостность, уровневый принцип организации, о чем говорилось выше, и открытость. Целостность биологических систем в значительной степени достигается за счет саморегуляции, функционирующей по принципу обратной связи.

К *открытым системам* относят системы, между которыми и окружающей средой происходит обмен веществ, энергии и информации, например, растения в процессе фотосинтеза улавливают солнечный свет и поглощают воду и углекислый газ, выделяя кислород.

**Общие признаки биологических систем: клеточное строение, особенности химического состава, обмен веществ и превращения энергии, гомеостаз, раздражимость, движение, рост и развитие, воспроизведение, эволюция**

Биологические системы отличаются от тел неживой природы совокупностью признаков и свойств, среди которых основными являются клеточное строение, особенности химического состава, обмен веществ и превращения энергии, гомеостаз, раздражимость, движение, рост и развитие, воспроизведение и эволюция.

Элементарной структурно-функциональной единицей живого является клетка. Даже вирусы, относящиеся к неклеточным формам жизни, неспособны к самовоспроизведению вне клеток.

Различают два типа строения клеток: *прокариотические* и *эукариотические*. Прокариотические клетки не имеют сформированного ядра, их генетическая информация сосредоточена в цитоплазме. К прокариотам относят прежде всего бактерии. Генетическая информация в эукариотических клетках хранится в особой структуре — ядре. Эукариотами являются растения, животные и грибы. Если в одноклеточных организмах клетке присущи все проявления живого, то у многоклеточных происходит специализация клеток.

В живых организмах не встречается ни одного химического элемента, которого бы не было в неживой природе, однако их концентрации существенно различаются в первом и во втором случаях. Преобладают в живой природе такие элементы, как углерод, водород и кислород, которые входят в состав органических соединений, тогда как для неживой природы в основном характерны неорганические вещества. Важнейшими органическими соединениями являются нуклеиновые кислоты и белки, которые обеспечивают функции самовоспроизведения и самоподдержания, но ни одно из этих веществ не является носителем жизни, поскольку ни по отдельности, ни в группе они не способны к самовоспроизведению — для этого необходим целостный комплекс молекул и структур, которым и является клетка.

Все живые системы, в том числе клетки и организмы, являются открытыми системами. Однако, в отличие от неживой природы, где в основном происходит перенос веществ с одного места в другое или изменение их агрегатного состояния, живые существа способны к химическому превращению потребляемых веществ и использованию энергии. Обмен веществ и превращения энергии связаны с такими процессами, как питание, дыхание и выделение.

Под **питанием** обычно понимают поступление в организм, переваривание и усвоение им веществ, необходимых для пополнения энергетических запасов и построения тела организма. По способу питания все организмы делят на *автотрофов* и *гетеротрофов*.

**Автотрофы** — это организмы, которые способны сами синтезировать органические вещества из неорганических.

**Гетеротрофы** — это организмы, которые потребляют в пищу готовые органические вещества.

Автотрофы делятся на фотоавтотрофов и хемоавтотрофов. *Фотоавтотрофы* используют для синтеза органических веществ энергию солнечного света. Процесс преобразования энергии света в энергию химических связей органических соединений называется *фотосинтезом*. К фотоавтотрофам относится подавляющее большинство растений и некоторые бактерии (например, цианобактерии). В целом фотосинтез не слишком продуктивный процесс, вследствие чего большинство растений вынуждено вести прикрепленный образ жизни. *Хемоавтотрофы* извлекают энергию для синтеза органических соединений из неорганических соединений. Этот процесс называется *хемосинтезом*. Типичными хемоавтотрофами являются некоторые бактерии, в том числе серобактерии и железобактерии.

Остальные организмы — животные, грибы и подавляющее большинство бактерий — относятся к гетеротрофам.

**Дыханием** называют процесс расщепления органических веществ до более простых, при котором выделяется энергия, необходимая для поддержания жизнедеятельности организмов.

Различают *аэробное дыхание*, требующее кислорода, и *анаэробное*, протекающее без участия кислорода. Большинство организмов является аэробами, хотя среди бактерий, грибов и животных

встречаются и анаэробы. При кислородном дыхании сложные органические вещества могут расщепляться до воды и углекислого газа.

Под **выделением** обычно понимают выведение из организма конечных продуктов метаболизма и избытка различных веществ (воды, солей и др.), поступивших с пищей или образовавшихся в нем. Особенно интенсивно процессы выделения протекают у животных, тогда как растения чрезвычайно экономны.

Благодаря обмену веществ и энергии обеспечивается взаимосвязь организма с окружающей средой и поддерживается гомеостаз.

**Гомеостаз** — это способность биологических систем противостоять изменениям и поддерживать относительное постоянство химического состава, строения и свойств, а также обеспечивать постоянство функционирования в изменяющихся условиях окружающей среды. Приспособление же к изменяющимся условиям среды называется **адаптацией**.

**Раздражимость** — это универсальное свойство живого реагировать на внешние и внутренние воздействия, которое лежит в основе приспособления организма к условиям окружающей среды и их выживания. Реакция растений на изменения внешних условий заключается, например, в повороте листовых пластинок к свету, а у большинства животных она имеет более сложные формы, имеющие рефлекторный характер.

**Движение** — неотъемлемое свойство биологических систем. Оно проявляется не только в виде перемещения тел и их частей в пространстве, например, в ответ на раздражение, но и в процессе роста и развития.

Новые организмы, появляющиеся в результате репродукции, получают от родителей не готовые признаки, а определенные генетические программы, возможность развития тех или иных признаков. Эта наследственная информация реализуется во время индивидуального развития. Индивидуальное развитие выражается, как правило, в количественных и качественных изменениях организма. Количественные изменения организма называются **ростом**. Они проявляются, например, в виде увеличения массы и линейных размеров организма, что основано на воспроизведении молекул, клеток и других биологических структур.

**Развитие организма** — это появление качественных различий в структуре, усложнение функций и т. д., что базируется на дифференцировании клеток.

Рост организмов может продолжаться всю жизнь или заканчиваться на каком-то определенном ее этапе. В первом случае говорят о *неограниченном*, или *открытом*, *росте*. Он характерен для растений и грибов. Во втором случае мы имеем дело с *ограниченным*, или *закрытым*, *ростом*, присущим животным и бактериям.

Продолжительность существования отдельной клетки, организма, вида и других биологических систем ограничена во времени в основном из-за воздействия факторов окружающей среды, поэтому требуется постоянное воспроизведение этих систем. В основе воспроизведения клеток и организмов лежит процесс самоудвоения молекул ДНК. Размножение организмов обеспечивает существование вида, а размножение всех видов, населяющих Землю, обеспечивает существование биосферы.

**Наследственностью** называют передачу признаков родительских форм в ряду поколений.

Однако, если бы при воспроизведении признаки сохранялись, приспособление к меняющимся условиям окружающей среды было бы невозможным. В связи с этим появилось противоположное наследственности свойство — *изменчивость*.

**Изменчивость** — это возможность приобретения в течение жизни новых признаков и свойств, которое обеспечивает эволюцию и выживание наиболее приспособленных видов.

**Эволюция** — это необратимый процесс исторического развития живого.

Она базируется на *прогрессивном размножении*, *наследственной изменчивости*, *борьбе за существование* и *естественном отборе*. Действие этих факторов привело к огромному разнообразию форм жизни, приспособленных к различным условиям среды обитания. Прогрессивная эволюция прошла ряд ступеней: доклеточных форм, одноклеточных организмов, все усложняющихся многоклеточных вплоть до человека.