

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

КУРЧАТОВСКИЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР



**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ  
НБИКС-ПРИРОДОПОДОБНЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ**

РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА  
ОБУЧАЮЩИХСЯ В СФЕРЕ ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
В ОБЛАСТИ НБИКС-ПРИРОДОПОДОБНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ

**ОСНОВНОЙ УРОВЕНЬ**

ISBN 978-5-00004-093-5



9 785000 040935 >

Москва  
2024

# **МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ НБИКС-ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА  
ОБУЧАЮЩИХСЯ В СФЕРЕ ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
В ОБЛАСТИ НБИКС-ПРИРОДОПОДОБНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

**ОСНОВНОЙ УРОВЕНЬ  
ПЕРВЫЙ ГОД ОБУЧЕНИЯ**

Москва

2024

**Междисциплинарные НБИКС-природоподобные технологии:** «Развитие научно-технического творчества обучающихся в сфере общего образования в области НБИКС-природоподобных технологий. Основной уровень. Первый год обучения» / Под общей ред. М.В. Ковальчука — Отпечатано в типографии ООО «Полиграфический комплекс», Москва, 3-я Хорошевская ул., д. 18, корп. 1, 2024. 108 с. 2-е изд., доп., испр.

**Авторский коллектив:** Н.В. Бычков, К.Г. Гаев, Л.И. Демидова, А.А. Захаревич, Е.А. Куликов, Е.В. Лаптенкова, А.С. Медведева, А.Д. Московский, Д.А. Мустафин, Я.Э. Сергеева, Ф.В. Субач, О.М. Субач, Д.Г. Чжао

**Рабочая группа проекта:** А.В. Карпухин, В.А. Демин, З.Н. Чернышева, Л.А. Амелина, Л.И. Асанова, Р.Г. Васильев, Н.Н. Губанова, Л.П. Дидур, А.В. Желеева, В.С. Карагашкин, М.Г. Лисичкина, Е.М. Мессинева, Е.Л. Овсянникова, А.В. Огнев, Ю.Н. Орлов, М.Ю. Осипова, М.А. Сиделкин, О.И. Тимаева

**Редакторский совет:** Е.А. Толстикова, Е.Б. Яцишина, Л.И. Асанова, К.Е. Борисов, А.А. Воронов, П.К. Кашкаров, Н.А. Киселева, С.А. Козубняк, Б.Н. Коробец

**Рецензенты:** *Караваев И.А.*, кандидат химических наук, преподаватель кафедры неорганической химии ИТХТ имени М.В. Ломоносова РТУ МИРЭА; *Мылова И.Б.*, доктор педагогических наук, профессор кафедры естественнонаучного, математического образования и информатики СПб АППО; *Недошивина Ю.С.*, исполнительный директор Научного центра когнитивных исследований АНО ВО Университет «Сириус»; *Павлова Г.А.*, кандидат педагогических наук, доцент кафедры естественнонаучного, математического образования и информатики СПб АППО; *Савинкина Е.В.*, доктор химических наук, профессор кафедры неорганической химии ИТХТ имени М.В. Ломоносова РТУ МИРЭА; *Сазанов А.Э.*, доктор медицинских наук, исполнительный директор Научного центра генетики и наук о жизни АНО ВО Университет «Сириус»; *Ширяев М.В.*, доктор экономических наук, руководитель проекта ИТ и ИИ АНО ВО Университет «Сириус»; *Яников М.В.*, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики ПсковГУ.

**Верстка:** П.А. Аркатов, Е.В. Бегунова

**Художник:** А.А. Кирилина

Настоящее пособие разработано для детей 12–14 лет, обучающихся по программе дополнительного образования детей «Развитие научно-технического творчества обучающихся в сфере общего образования в области НБИКС-природоподобных технологий. Основной уровень. Первый год обучения». Данное пособие является частью курса «Междисциплинарные НБИКС-природоподобные технологии».

В пособии в общем виде представлены ключевые положения НБИКС-конвергенции в области биоэнергетики, материаловедения, в изучении функций головного мозга человека и основ робототехники.

Освоение курса должно способствовать расширению кругозора обучающихся, росту их познавательной активности, приобщению к научным исследованиям, ранней профориентации и определению будущей образовательной и жизненной траектории.

Авторы пособия – научные сотрудники Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» и ведущих научных организаций России.

# Оглавление

<b>Предисловие</b> .....	4
<b>Памятка. Как работать с пособием</b> .....	6
<b>Карта курса</b> .....	7
<b>Глава 1. Биоэнергетика</b> .....	8
§ 1. Фотосинтез и биосфера .....	8
§ 2. Биомасса — концентрированная солнечная энергия .....	14
§ 3. Дыхание — важнейший биоэнергетический процесс .....	19
§ 4. Молекулы — носители энергии .....	23
§ 5. Биоэлектричество .....	26
§ 6. Билюминесценция .....	30
§ 7. Нутриенты и витамины — регуляторы биоэнергетики .....	35
<b>Глава 2. Материалы</b> .....	41
§ 8. Разнообразие материалов вокруг нас. Органические и неорганические материалы .....	41
§ 9. Низкомолекулярные и высокомолекулярные материалы .....	46
§ 10. Аморфные и кристаллические материалы .....	50
<b>Глава 3. Мозг</b> .....	54
§ 11. Нервная система. Органы чувств .....	54
§ 12. Структура и функции человеческого мозга .....	59
§ 13. Строение и функции нервных клеток .....	63
§ 14. Строение сенсорных систем .....	66
§ 15. Контроль движения .....	70
§ 16. Обучение и память .....	74
§ 17. «Заглянуть» в мозг через взгляд .....	79
§ 18. Электрическая активность мозга .....	84
<b>Глава 4. Робототехника</b> .....	88
§ 19. Введение в робототехнику .....	88
§ 20. Определения и понятия .....	94
§ 21. Актуальные проблемы робототехники .....	101
<b>Заключение</b> .....	107

## Михаил Валентинович Ковальчук

Президент Национального  
исследовательского центра  
«Курчатовский институт»,  
доктор физико-математических наук,  
профессор, член-корреспондент  
Российской академии наук



## Дорогие ребята!

Вы уже начали изучать физику, биологию, математику, историю, литературу. Возможно, познакомились с информатикой и химией. Знание основ этих наук необходимо для понимания многих явлений и процессов, которые происходят в природе и обществе.

Но в мире все переплетено и взаимосвязано. Иногда бывает сложно объяснить некоторые явления, опираясь на знания из области только одной науки, например физики или химии. Требуется, как говорят, междисциплинарный подход, учитывающий разнообразные воздействия, которые оказывают влияние на изучаемое явление. А для этого необходимо владеть знаниями из разных научных областей, уметь объединять их и использовать, поэтому нельзя представить изучение современной физики без математики и химии, равно как химии — без физики, математики, биологии, а литературы без истории и т. д.

Неслучайно еще в XIX веке возникли науки, которые развивались и продолжают развиваться на стыке нескольких дисциплин: биохимия, биофизика, геохимия, физическая химия. Вы можете сами продолжить этот список.

Процесс взаимопроникновения и слияния наук продолжается. В результате возникли области знания, которые соединили науки о природе с науками о человеке, например бионика и кибернетика. Сегодня бурно развиваются геновая инженерия, молекулярная генетика, нано- и биотехнологии. В нашу жизнь и во все сферы наук, включая гуманитарные, проникли информационные технологии. Они помогают ученым не только обрабатывать информацию, но и изучать законы природы, находить ответы на такие вопросы, которые ранее казались неразрешимыми.

Яркий пример междисциплинарных исследований — изучение мозга человека. Мозг — самый сложный объект научного познания, для его исследования ученым требуется применить и соединить достижения многих наук. Гуманитарные науки — психология, социология и лингвистика необходимы для того, чтобы понять, как происходит процесс познания. Такие исследования называются когнитивными.

Но процесс познания, оказывается, можно изучать и с помощью современных физических методов и приборов. Эти методы позволяют проникнуть вглубь мозга, увидеть его структуру и изучить процессы, которые в нем происходят. А результаты исследований могут помочь в диагностике некоторых заболеваний, таких как эпилепсия, болезни Паркинсона и Альцгеймера.

Итак, мы подошли к тому, как расшифровывается НБИКС: нано- (Н), био- (Б), информационные (И), когнитивные (К) и социогуманитарные технологии (С).

Именно единство НБИКС-технологий составляет основу современных междисциплинарных исследований для развития природоподобных технологий. Их смысл заключается в воспроизведении процессов живой природы, которые не наносят вреда окружающей среде, для создания современных технических систем.

Сегодня только учитывая достижения многих наук, соединяя естественно-научное и гуманитарное знание, можно изучать и воспринимать природу как единое целое, создать единую картину мира на новом уровне знаний и совершать важные открытия.

Надеемся, что изучение курса поможет вам в этом.

**Желаю вам успехов!**

## Памятка. Как работать с пособием

Материал пособия разделен на тематические главы, которые состоят из параграфов. Текст каждого параграфа начинается с краткого введения, из которого вы узнаете, что вас ждет при изучении темы.

В каждой статье используются обозначения «Почему?». Так мы выделили вопросы для дискуссии в классе.

Параграф заканчивается словарем терминов, которые использовались автором в тексте. Для удобства слова в переводе с греческого или латинского языка выделены зеленым цветом, символы химических элементов и формулы веществ — полужирным шрифтом зеленого цвета, а цитаты ученых или авторов — курсивом синего цвета.

Мы стремились указывать химические формулы веществ, чтобы вы знали, из каких элементов они состоят. Старайтесь запомнить их — это поможет вам в учебе.

Возможно, литература к параграфу вам покажется слишком сложной, но это научная литература, и она может заинтересовать вас еще больше. Обратите внимание, что авторы подготовили рекомендуемые книги — это книги, которые они сами любят читать и советуют прочитать вам. Надеемся, что ваша библиотека пополнится ими, и одна из них станет и вашей любимой книгой. Помните — читать очень интересно и полезно!

Для повторения и закрепления изученной темы в параграфе есть раздел «Вопросы и задания». С этим разделом можно работать как в конце занятия, так и дома.

Авторы статей постоянно трудятся над решением важных и сложных научных задач, и они поделились ими с вами. Мы предлагаем вам выбрать одну из научных задач и начать работать над ней. Так вы станете одной командой с ведущими учеными России.

Домашние задания структурированы по нескольким категориям: выступление, кроссворд, логическая задача, рисунок, схема, таблица, эксперимент, эссе.

### **Выступление**

Для выполнения задания необходимо подготовить развернутый ответ на заданный

вопрос (небольшое сообщение на предложенную тему), аргументировать его и быть готовыми отстаивать свою позицию во время выступления на занятии. Для более качественной подготовки рекомендуем сделать короткие записи.

### **Кроссворд**

Для выполнения данного типа задания необходимо составить самый настоящий кроссворд из 10–12 слов. Загаданные слова должны быть именами существительными в единственном числе. Кроссворд можно выполнить в рукописном или в печатном виде. Вероятно, при подготовке кроссворда вы будете работать с рекомендуемым к статье списком литературы.

Придерживайтесь следующего порядка действий:

- определите тему кроссворда;
- составьте список слов по теме кроссворда;
- сгруппируйте слова в сетку кроссворда;
- для каждого из слов придумайте загадку или предложите определение.

Ответы на кроссворд необходимо написать (распечатать) на отдельном листе.

### **Логическая задача**

Логические задачи от обычных отличаются тем, что не требуют вычислений, а решаются с помощью рассуждений. При выполнении данного типа заданий необходимо найти оптимальный способ решения, используя логику. Полученный ответ и ход рассуждений нужно записать в тетрадь.

### **Рисунок**

Это творческое задание предусматривает выполнение изображения карандашами, красками или с использованием компьютерной программы. Рисунок может быть любого размера.

### **Схема**

Схема — это изображение, на котором в виде условных обозначений показаны составные части какого-либо процесса, объекта, информации. Составьте схему, озаглавьте ее. Не забудьте указать значение придуманных символов и обозначений (легенда).

### **Таблица**

Ответ на задание необходимо оформить в виде таблицы из нескольких строк и столбцов. Подпишите названия строк и столбцов в соответствии с заданием.

Строки располагаются горизонтально, столбцы — вертикально. Укажите название таблицы.

### **Эксперимент**

Выполнение эксперимента включает несколько этапов:

- установите цель эксперимента;
- опишите условия проведения эксперимента
- и укажите перечень используемого оборудования;

запишите план проведения эксперимента;  
проведите эксперимент по плану;  
запишите или зарисуйте наблюдения;  
опишите результаты и сделайте выводы, к которым вы пришли в результате выполнения эксперимента.

### **Эссе**

Данный тип задания предполагает написание небольшого (не более одной страницы) сочинения в свободной форме, в котором необходимо выразить свои мысли и рассуждения на заданную тему. Не забудьте озаглавить эссе.

## **Карта курса**

### **Развитие научно-технического творчества обучающихся в сфере общего образования в области НБИКС-природоподобных технологий**

#### **НАЧАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ (6–8 ЛЕТ)**

Первый год обучения

Второй год обучения

Третий год обучения

#### **БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ (9–11 ЛЕТ)**

Первый год обучения

Второй год обучения

Третий год обучения

#### **ОСНОВНОЙ УРОВЕНЬ (12–14 ЛЕТ)**

##### **Первый год обучения**

Второй год обучения

Третий год обучения

#### **ПРОДВИНУТЫЙ УРОВЕНЬ (15–17 ЛЕТ)**

Первый год обучения

Второй год обучения

# ГЛАВА 1. БИОЭНЕРГЕТИКА

В главе «Биоэнергетика» вы познакомитесь с важнейшими биоэнергетическими процессами — фотосинтезом и дыханием. Вам станет понятно, почему благодаря фотосинтезу сохраняется и развивается биосфера, а биомасса является концентрированным источником энергии на Земле. Вы выясните, молекулы каких веществ регулируют процессы биоэнергетики в организме и почему необходимо правильно питаться. Узнаете, почему в клетках любого живого организма постоянно происходят электрические явления, а некоторые организмы способны светиться без использования солнечного света.



## § 1. Фотосинтез и биосфера



**Гаев Климент Геннадьевич,**  
лаборант-исследователь отдела  
биотехнологий и биоэнергетики  
Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»

*«Учитесь мыслить не как обычный человек,  
а как ученый, который видит не только  
результат каких-либо процессов,  
но и анализирует их»*

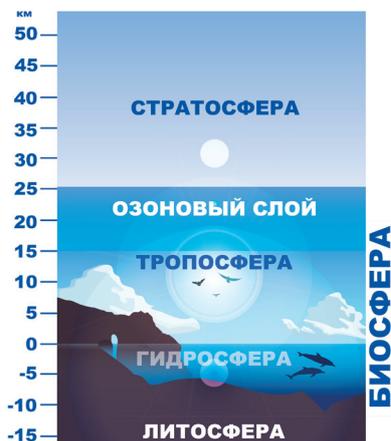


Рис. 1. Границы оболочки биосферы

*Изучив материалы параграфа, вы узнаете  
о роли фотосинтеза в существовании  
и развитии биосферы.*

**Биосфера** (от др. -греч. **βίος** — жизнь и **σφαῖρα** — шар, сфера) — это уникальная структура, оболочка Земли, заселенная живыми организмами и находящаяся под их воздействием (рис. 1). Все организмы, населяющие нашу планету, и их жизнедеятельность превратили Землю из шара раскаленной магмы в цветущий оазис среди мрака безжизненного космоса.

В 1926 году российский ученый и мыслитель В.И. Вернадский создал целостное учение о биосфере, объединив под этим понятием не только обитаемые живыми существами участки на нашей планете, но и определенные части других оболочек Земли, в которых обнаруживаются следы жизнедеятельности

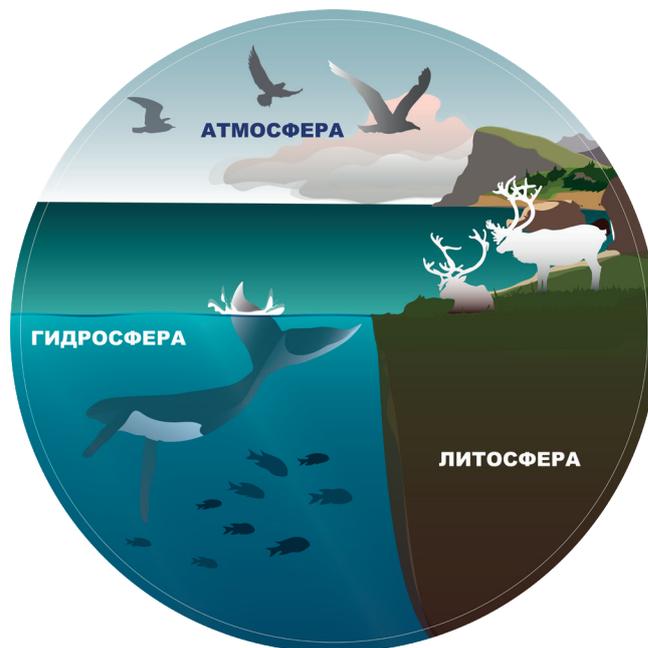


Рис. 2. Оболочки Земли, в которых существует жизнь

живых организмов (рис. 2). Таким образом, биосфера охватывает часть твердой оболочки Земли — литосферы (на 2–3 км ниже уровня суши и на 1–2 км ниже дна океана), часть газовой оболочки — атмосферы (до 15–20 км от поверхности Земли) и всю водную среду — гидросферу. Совокупность всех живых организмов биосферы (животных, растений, микроорганизмов, грибов) В.И. Вернадский назвал **живым веществом**.

Между живым веществом и окружающей средой постоянно происходит обмен энергией и необходимыми для жизни питательными веществами и химическими элементами — углеродом **C**, азотом **N**, фосфором **P**, серой **S** и др., которые называются **биогенными**. Этот биологический круговорот лежит в основе функционирования биосферы.

Первоначальным источником энергии для осуществления всех процессов, происходящих в биосфере, является солнечный свет. Преобразование лучистой энергии Солнца в энергию, доступную для использования живыми организмами, происходит в главном биосферном цикле, который называется **фотосинтезом**.

**Фотосинтез** (от греч. *φῶς* — свет и *σύνθεσις* — соединение, связывание) — это сложный процесс образования органических веществ в растениях под действием света

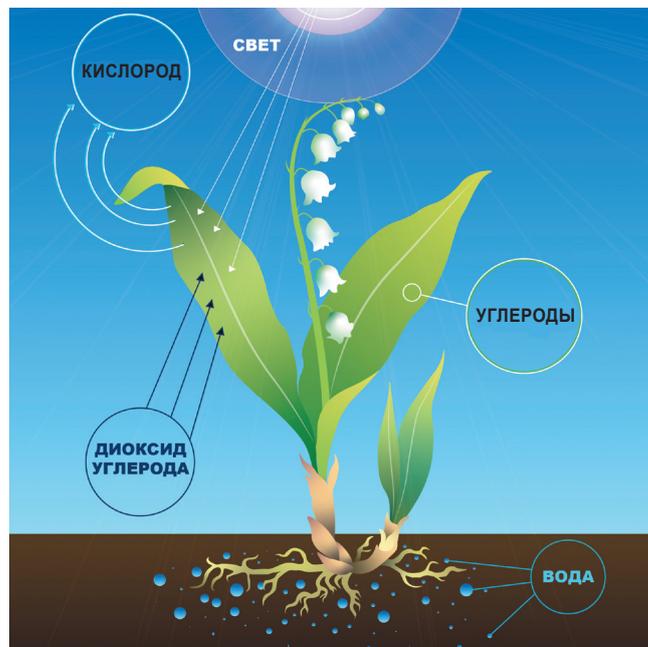


Рис. 3. Условия, необходимые для прохождения фотосинтеза и образования углеводов у растений

из углекислого газа  $CO_2$  и воды  $H_2O$ , который проходит с выделением кислорода  $O_2$  (рис. 3).

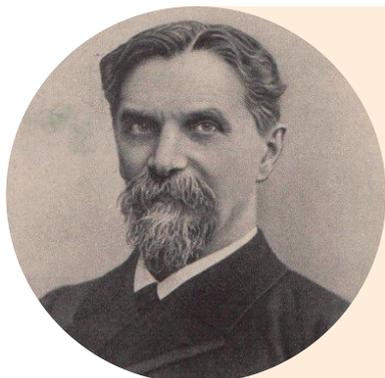
Фотосинтез — это основной процесс питания зеленых растений. Главное органическое вещество, которое образуется при фотосинтезе, — глюкоза  $C_6H_{12}O_6$ . Глюкозу растения расходуют для своего роста и частично запасают в виде крахмала. Русский ученый К.А. Тимирязев назвал лист растения фабрикой жизни, углекислый газ  $CO_2$  и воду  $H_2O$  — сырьем для нее, а свет — двигателем.

Без фотосинтеза было бы невозможно образование и дальнейшее существование биосферы. Предполагают, что около 4 млрд лет назад появились первые автотрофные микроорганизмы, которые образуют органические вещества из неорганических, то есть способные к фотосинтезу. Ими оказались простейшие одноклеточные **цианобактерии** (от греч. *κυανός* — сине-зеленый), называемые также сине-зелеными водорослями (рис. 4).



**Владимир Иванович Вернадский (1863–1945)** выдающийся российский минералог, кристаллограф, биохимик, геолог, историк науки, философ. Заложил основы радиогеологии. Разработал учение о биосфере и ноосфере

Портрет В.И. Вернадского работы А.Е. Елецкого, 1949 г.



**Климент Аркадьевич Тимирязев (1843–1920)** выдающийся русский ученый-естествоиспытатель, специалист в области физиологии растений, исследователь фотосинтеза

Фотография К.А. Тимирязева из собрания Государственного биологического музея имени К.А. Тимирязева

Спустя длительное время появились растительные и животные клетки. Произошло значительное увеличение массы живого вещества и объемов вырабатываемого кислорода  $O_2$ .





Рис. 4. Цианобактерии, или сине-зеленые водоросли  
(фото с оптического микроскопа НИЦ «Курчатовский институт»)

Постепенно около 1,85–0,85 млрд лет назад благодаря фотосинтезу вокруг нашей планеты из кислорода сформировался озоновый слой, который защищает Землю от избытка солнечного излучения и действия космической радиации (рис. 5).

Стало возможным появление высокоразвитых форм жизни, включая

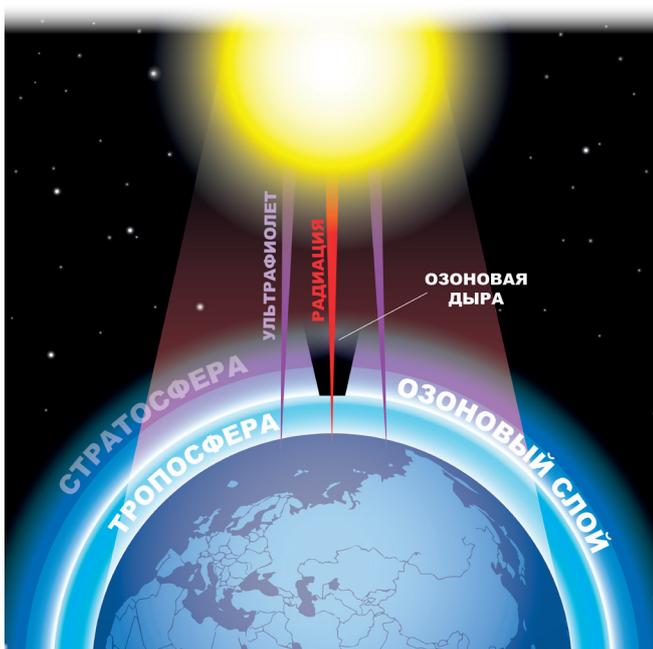


Рис. 5. Озоновый слой защищает Землю от избытка солнечной радиации и избытка космического излучения

многоклеточные растения, животных и человека. В настоящее время в составе живого вещества биосферы растения составляют около 97 % (рис. 6), они обеспечивают содержание свободного кислорода в атмосфере нашей планеты на уровне 21 %.

К фотосинтезу способны только те организмы, в клетках которых имеются так называемые *фотосинтетические пигменты*. Они являются своего рода антеннами, улавливающими солнечное излучение. У растений эти пигменты представлены в основном веществом, которое называется *хлорофилл* (от греч. *χλωρός* — зеленый и *φύλλον* — лист). Он содержится в особых «хранилищах» — *хлоропластах*

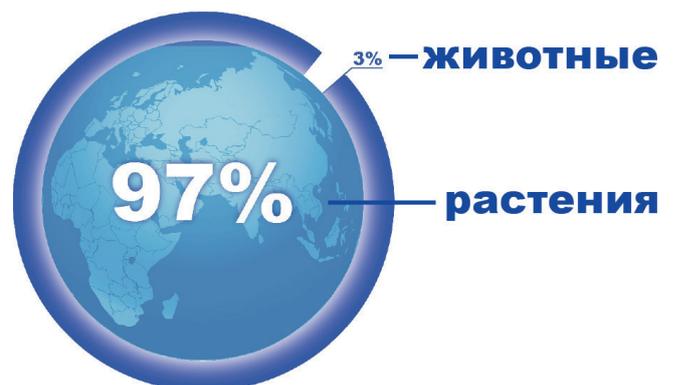


Рис. 6. Состав живого вещества биосферы

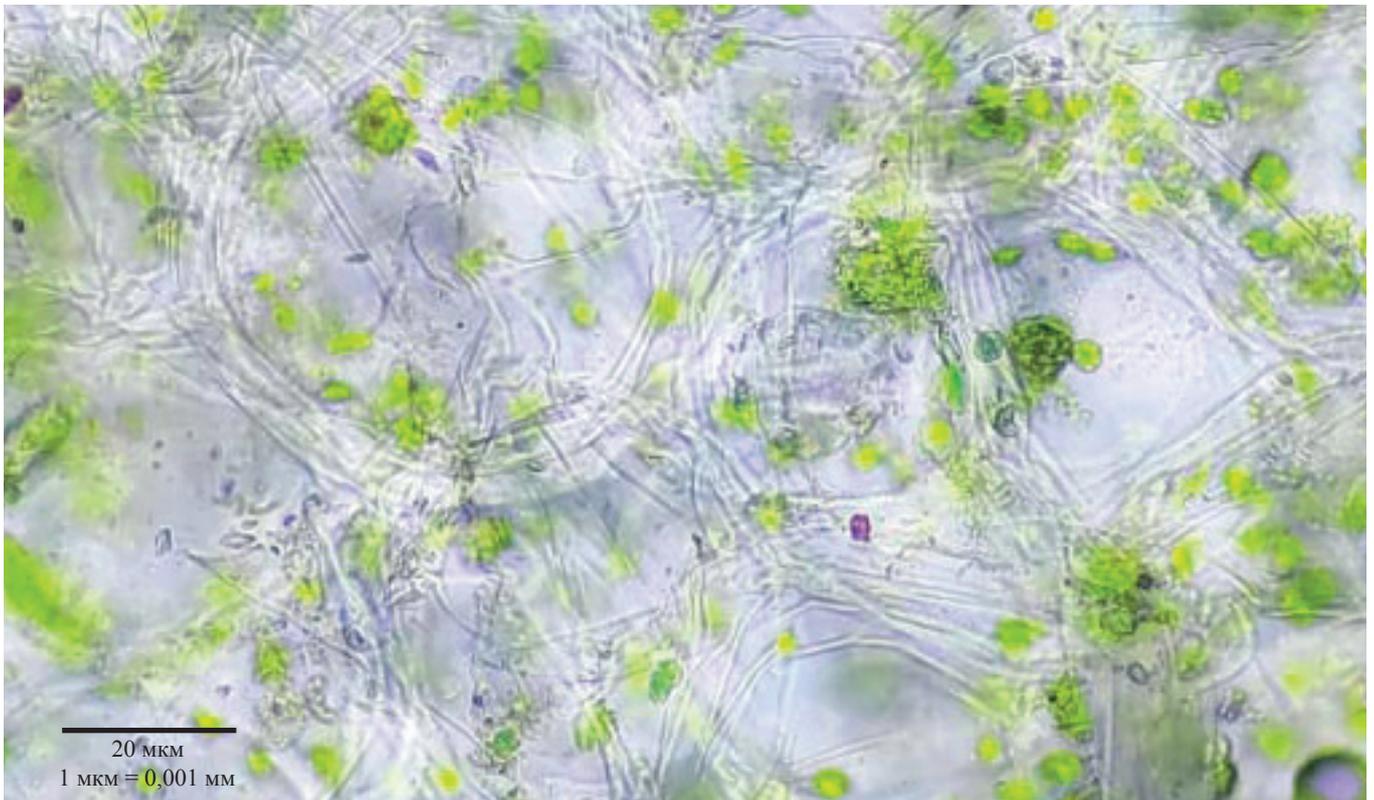


Рис. 7. Хлорофилл в хлоропластах  
(фото с оптического микроскопа НИЦ «Курчатовский институт»)

(от греч. *χλωρός* — зеленый и *πλαστός* — вылепленный) (рис. 7) и придает зеленую окраску листьям и стеблям растений, а также водорослям и мхам. *Хлоропласты* — одна из разновидностей пластид — органелл, характерных для клеток фотосинтезирующих водорослей и растений.

В ходе фотосинтеза различают две последовательные фазы: световую и темновую (рис. 8). *Световая фаза* проходит только на свету при участии воды  $H_2O$ . В наземные растения вода  $H_2O$  поступает из почвы, а водоросли поглощают ее всей поверхностью. В результате образуется кислород  $O_2$ , а также молекула АТФ (аденозинтрифосфат), которая является источником энергии всех живых организмов. Об этом мы более подробно поговорим в параграфе «Молекулы — носители энергии». Молекулы АТФ участвуют в следующей — *темновой фазе* фотосинтеза. В этой фазе происходит преобразование углекислого газа  $CO_2$ , поглощенного листьями растения, в глюкозу  $C_6H_{12}O_6$ .

Благодаря фотосинтезу сохраняется и развивается биосфера. Поглощая углекислый газ  $CO_2$ , растения не только очищают атмосферу и выделяют в нее кислород  $O_2$ , необходимый для дыхания большинства живых организмов и человека, но и препятствуют повышению температуры и изменению климата на Земле.

*Фотосинтез имеет непосредственную связь с биосферой, ее зарождением, дальнейшим*

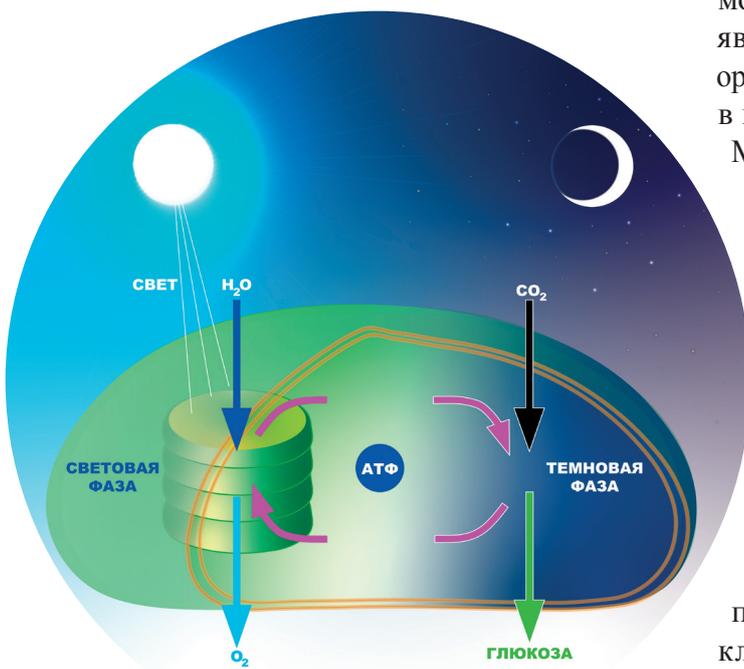


Рис. 8. Две фазы фотосинтеза

развитием и поддержанием в устойчивом, сбалансированном состоянии. Понимание роли фотосинтеза в существовании и развитии

биосферы повышает нашу ответственность за сохранение окружающей природной среды и жизни на Земле.

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Биосфера** — оболочка Земли, заселенная живыми организмами (подробнее: Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. — М.: Наука, 1987).

**Фотосинтез** — процесс, в результате которого в растениях из углекислого газа и воды под действием света образуется органическое вещество глюкоза и выделяется кислород (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Хлоропласты** — одна из разновидностей пластид — органелл, характерных для клеток фотосинтезирующих водорослей и растений (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2009).

**Хлорофиллы** — универсальные зеленые пигменты фотосинтезирующих растений, водорослей и бактерий (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2009).

**Цианобактерии (сине-зеленые водоросли)** — бактерии, способные к фотосинтезу (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Полеты над Арктикой. Как российские ученые исследуют атмосферу // В мире науки. 2021. № 10. С. 46–54.
2. Хужина Я. Окно в карбон: тропические леса и коралловые рифы Подмоскovie // В мире науки. 2022. № 4. С. 22–30.
3. Главные легкие нашей планеты — это болота // В мире науки. 2022. № 3. С. 64–72.
4. Джунипер Т. Как спасти планету. Наглядные факты о состоянии Земли: пер. с англ. — М.: Издательство Манн, Иванов и Фербер, 2019.

### Дополнительная:

1. Почва как основа жизни // В мире науки. 2021. № 10. С. 54–62.
2. Хандельсман Д. Как земля может помочь спасти Землю // В мире науки. 2021. № 8. С. 155–158.
3. Мокронос А.Т. Фотосинтез. — М.: Академия, 2006.

### Автор рекомендует:

Твен М. Янки из Коннектикута при дворе короля Артура. — М.: Азбука, 2022.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что такое биосфера?
2. Какова структура биосферы? Как происходило формирование и развитие биосферы?
3. Что такое фотосинтез?
4. Охарактеризуйте две стадии процесса фотосинтеза.
5. Как связаны биосфера и фотосинтез?

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Схема:** Модель фотосинтезирующей установки для замкнутых пространств. Подпишите элементы.
2. **Выступление:** Тимирязев Климент Аркадьевич.

## НАУЧНАЯ ЗАДАЧА

### Методы повышения поглощения углекислого газа из атмосферы

В основе устойчивого развития биосферы лежит фотосинтез. Однако ученые отмечают, что с 2001 года скорость протекания этого процесса у растений начала снижаться, а уровень

парниковых газов в атмосфере — возрастать. Над вопросами стабилизации их концентрации работают ученые НИЦ «Курчатовский институт». Ими разрабатываются методы повышения поглощения углекислого газа  $CO_2$  и его последующей переработки в ценные для промышленности соединения при помощи специальных микроорганизмов и растений.

### **Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?**

#### ***Источники информации:***

1. Васильев Р.Г., Намсараев З.Б. Вполне глобальная задача // В мире науки. — 2014. — № 4
2. В России могут появиться системы, перерабатывающие углекислый газ в ценное сырье // ТАСС : [сайт]. — 2021. — URL: <https://tass.ru/ekonomika/12952167> (дата обращения: 05.08.2024).
3. M. Papanatsiou. Optogenetic manipulation of stomatal kinetics improves carbon assimilation, water use, and growth // M. Papanatsiou, J. Petersen // Science. — 2019. — URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aaw0046> (дата обращения: 05.08.2024).
4. Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата 2020 г. Парижское соглашение [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://unfccc.int/process-andmeetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement> (дата обращения: 05.08.2024).

## § 2. Биомасса — концентрированная солнечная энергия



**Гаев Климент Геннадьевич,**  
лаборант-исследователь отдела  
биотехнологий и биоэнергетики  
Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»

*«В природе все логично и взаимосвязано.  
Не бойтесь трудностей – они лишь  
прокладывают путь к новым вершинам»*

**Изучив материалы параграфа, вы узнаете,  
что такое биомасса и как связаны биомасса  
и источники энергии.**

Биомасса — это совокупность всех живых организмов на Земле, от крохотных бактерий до растений и животных. Биомасса является основой биосферы, составляя ее живое вещество.

В зависимости от пути образования различают первичную и вторичную биомассу.

Первичная биомасса образуется в результате фотосинтеза и включает биомассу различных видов растений и фотосинтезирующих микроорганизмов. Под вторичной понимают биомассу, включающую все виды отходов и остатков растений, лесной и деревообрабатывающей, сельскохозяйственной, пищевой и перерабатывающей промышленности, большинство бытовых отходов и др.

Биомасса содержит белки, жиры, углеводы, витамины, минералы, то есть является пищей для животных и человека и источником энергии для поддержания их жизнедеятельности.

Как мы уже знаем, в процессе фотосинтеза энергия солнечного света преобразуется в органическое вещество — глюкозу  $C_6H_{12}O_6$ , которая запасается в растениях в виде крахмала  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , а также частично идет на построение собственной ткани растений, образование вещества клеточных стенок — целлюлозы  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Далее содержащаяся в биомассе энергия вместе с органическими веществами проходит ряд преобразований, составляющих важнейший циклический процесс — круговорот веществ и энергии в биосфере (рис. 9).

Энергетическую функцию в этом процессе биомасса осуществляет благодаря наличию в ее составе углерода **C**. Именно этот химический элемент вместе с водородом **H**, кислородом **O** и азотом **N** составляют основу жизни на нашей планете (рис. 10). Подсчитано, что на растения и зеленые водоросли приходится около 97 % всех запасов углерода **C**, содержащегося в живых организмах.

Заклученную в биомассе энергию многие живые организмы получают через пищевые цепи: растения употребляются в пищу

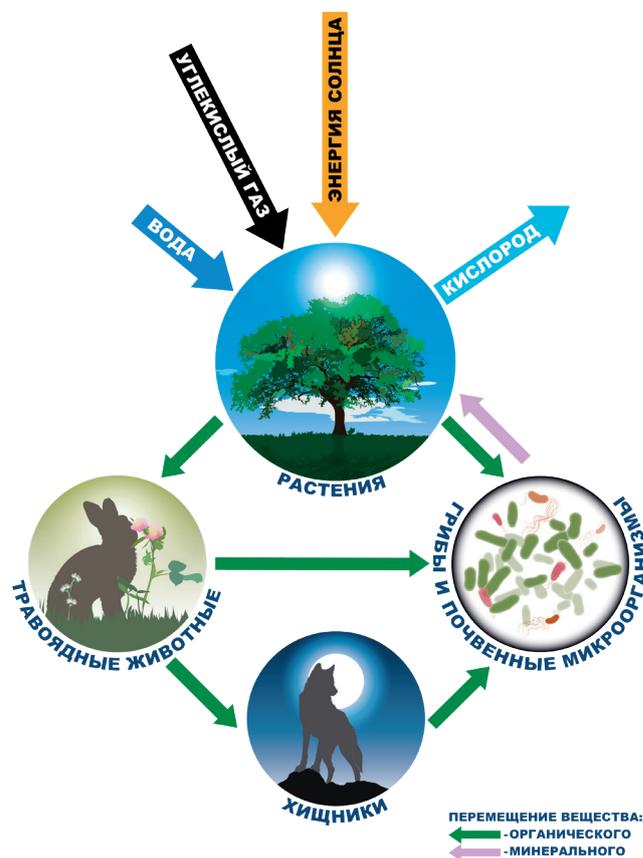


Рис. 9. Круговорот веществ в биосфере



Рис. 10. Химические элементы, составляющие основу жизни

травоядными животными, которые, в свою очередь, становятся добычей для хищников и плотоядных животных (рис. 11).

В результате через пищу происходит передача концентрированной энергии Солнца животным и человеку.

После гибели живые организмы попадают в почву, где под действием микроорганизмов превращаются в минеральные вещества, воду  $H_2O$  и углекислый газ  $CO_2$ . Другой путь возвращения углерода  $C$  в атмосферу — выделение углекислого газа  $CO_2$  в результате горения. Углекислый газ  $CO_2$  выделяется в атмосферу и участвует в фотосинтезе. Весь этот путь преобразований называется углеродным циклом (круговоротом углерода  $C$ ) (рис. 12). Он является важнейшей, неотъемлемой частью общего круговорота веществ и энергии, имеющего непрерывный и бесконечный характер.

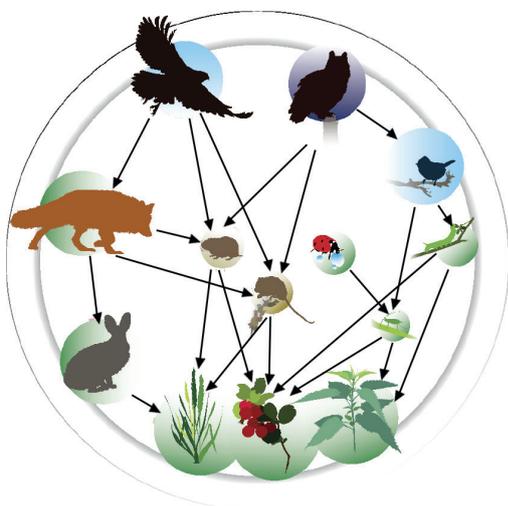


Рис. 11. Пищевая цепь

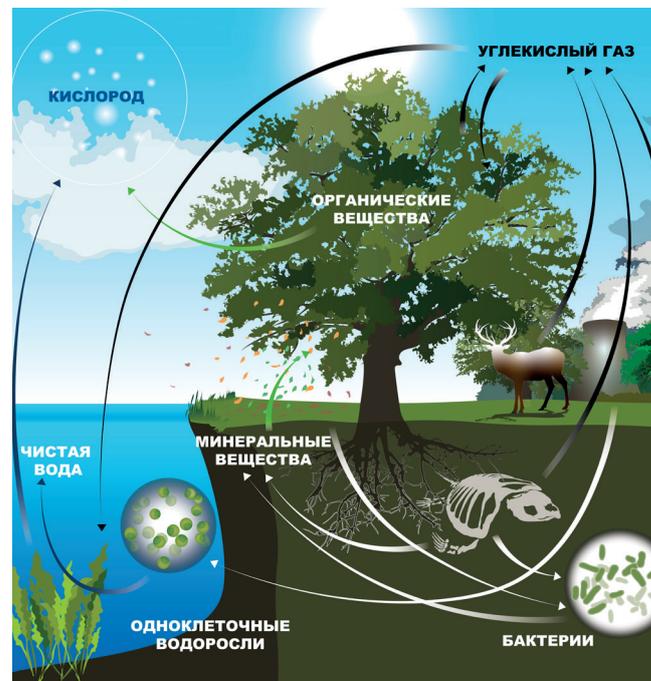
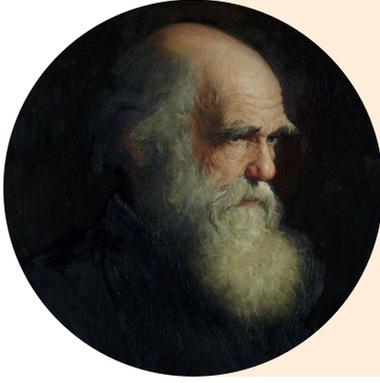


Рис. 12. Схема углеродного цикла

Колоссальными запасами углерода  $C$  обладают главные источники энергии на Земле — уголь, нефть, природный газ. Они образовались из останков древних организмов, которые в период своей жизни накопили энергию Солнца в результате фотосинтеза. Находясь миллионы лет в недрах Земли в особых условиях, без доступа воздуха, они изменили свой внешний вид и состав, но содержащийся в них углерод  $C$  сохранился. Сжиганием угля и природного газа получают тепловую энергию для обогрева жилья и производства электроэнергии, а продукты переработки нефти используют как жидкое и газообразное топливо, необходимое для работы автомобилей и другой техники. При горении топлива выделяется запасенная в результате фотосинтеза солнечная энергия.

Важно помнить, что запасы ископаемых ресурсов не бесконечны, к тому же при их использовании выделяется огромное количество углекислого газа  $CO_2$ , загрязняющего атмосферу, что отрицательно влияет на здоровье человека, а также способствует глобальному потеплению и изменению климата на планете.

Чарльз Дарвин писал: *«Выживает не самый сильный и не самый умный, а тот, кто лучше всех приспосабливается к изменениям»*. Сейчас человечество ищет способы перейти от использования так называемых невозобновляемых ископаемых источников энергии к возобновляемым.



**Чарльз Роберт Дарвин  
(1809–1882)**

автор классической теории эволюции, автор книг «Происхождение видов» (1859) и «Происхождение человека» (1871)

Портрет Уолтера Уильяма Улесса (1848–1933). Колледж Христа Кембриджского университета

*энергией, которая может извлекаться и использоваться различными путями. Биомасса, обладая высоким содержанием углерода С, представляет собой ценный возобновляемый энергетический ресурс для производства различных видов биотоплива и других полезных продуктов. Ее использование создает благоприятные условия для промышленного развития и успешной хозяйственной деятельности без нанесения ущерба окружающей среде.*

Одним из таких способов является использование возобновляемой биомассы, из которой можно производить так называемое биотопливо: **биоэтанол, биокеросин, биогаз**. Сегодня для получения промышленных объемов биомассы даже выращивают огромные плантации зерновых и масличных культур и других растений, которые называются энергетическими культурами.

Другим способом промышленного производства биомассы является выращивание быстрорастущих и неприхотливых фотосинтезирующих микроорганизмов, например цианобактерий, которые относятся к группе бактерий, осуществляющих фотосинтез с выделением кислорода  $O_2$ . Их производят в специальных прудах или искусственных условиях с помощью промышленных установок, которые называются фотобиореакторами (рис. 13).

*Промышленный фотобиореактор может производить тонны биомассы при использовании минимума ресурсов.*



Небольшие биореакторы в качестве источника кислорода  $O_2$  и многих необходимых для жизни продуктов можно применять в городских зданиях и даже на космических станциях.

*Таким образом, биомасса растений и микроорганизмов благодаря фотосинтезу является концентрированной солнечной*



Рис. 13. Фотобиореактор (опытно-экспериментальный образец, НИЦ «Курчатовский институт», выставлен на Московском урбанистическом форуме – 2023)

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Биогаз** — газообразное топливо, состоящее преимущественно из метана  $CH_4$ , а также углекислого газа  $CO_2$ , водорода  $H_2$ , сероводорода  $H_2S$  и других веществ. Производится из органических отходов пищевой промышленности, сельского хозяйства путем брожения с помощью бактерий. Из биогаза вырабатывают электроэнергию, тепло и используют его в качестве автомобильного топлива с уменьшенным количеством токсичных выбросов в атмосферу (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Биокеросин** — вид авиационного топлива. Он представляет собой смесь жидких углеводородов (т. е. органических веществ, состоящих только из атомов углерода  $C$  и водорода  $H$ ), поэтому не имеет определенной химической формулы. Изготавливается из водорослей или растительных масел, таких как рапсовое, пальмовое и пр. Биокеросин, как и другие виды авиационного топлива, обладает меньшей вязкостью (в сравнении с обычным керосином) и сохраняет ее в условиях пониженной температуры во время движения самолетов на высоте 9–12 км (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Биомасса** — общая масса живого вещества в биосфере (подробнее: Биология. Современная иллюстрированная энциклопедия. Гл. ред. А.П. Горкин. — М.: Росмэн, 2006).

**Биотопливо (биогаз, биоэтанол, биокеросин)** — топливо, получаемое из биомассы (подробнее: Экологический словарь. — Алма-Ата: Наука, 1983).

**Биоэтанол** — один из экологически чистых видов автомобильного топлива, этанола. Имеет химическую формулу  $C_2H_5OH$ , то есть состоит из углерода  $C$ , водорода  $H$  и кислорода  $O$  в пропорции 2:6:1. Производится из растительного сырья, содержащего большое количество сахарозы или крахмала — кукурузы, сахарного тростника и пр. (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Биотехнология: природоподобие на благо человека // В мире науки. 2019. № 10. С. 79–85.
2. От генетики микроба к устройству мира // В мире науки. 2018. № 10. С. 42–48.
3. Рогачева А. Аптека из океана // В мире науки. 2022. № 4. С. 30–38.
4. Когда океан «зацветает» // В мире науки. 2022. № 3. С. 32–40.
5. Поль де Крюи. Охотники за микробами: пер. с англ. — М.: AST Publishers, 2017.

### Дополнительная:

1. Денк С.О. Энергетические источники и ресурсы близкого будущего. — Пермь: Пресстайм, 2007.
2. Гэррити Д., Тоенсмейер Э. Проблема биомассы // В мире науки. 2020. № 10. С. 90–99.
3. Мехра М., Фришман Ч. Больше пицци, меньше отходов // В мире науки. 2022. № 1–2. С. 116–126.

### Автор рекомендует:

Уэллс Г. Война миров. — М.: Эксмо, 2021.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что такое биомасса? Поясните, что такое первичная и вторичная биомасса.
2. Опишите круговорот углерода в природе.
3. Что такое биотопливо? Что может служить сырьем для его получения?

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Эссе:** О возобновляемых источниках энергии. В чем состоит их главное отличие от невозобновляемых источников энергии?
2. **Таблица:** Сходство и различие между ископаемым топливом и возобновляемым биотопливом. Проведите сравнение по источнику происхождения, возможному применению и воздействию на окружающую среду.

## НАУЧНАЯ ЗАДАЧА

### *Применение биомассы для получения энергии*

Биомасса является распространенным и доступным возобновляемым ресурсом, и наша страна занимает лидирующее место в мире по ее количеству. Поиском методов получения энергии и тепла из биомассы занимаются ученые всего мира. Они считают, что это предоставит дополнительные мощности для промышленности, сельского хозяйства. Например, НИЦ «Курчатовский институт» ведет разработки автономных энергосистем, которые будут использоваться на отдаленных и труднодоступных территориях.

### **Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?**

#### *Источники информации:*

1. Р. Василев. Как забрать у растений энергию солнечного света / Р. Василев // Курчатовский институт. — 2018. — № 6. URL: <http://nrcki.ru/files/pdf/201804120381-1.pdf?ysclid=lzb33c4tur139814096> (дата обращения: 05.08.2024).
2. Биомасса как источник энергии / [Л. Диас, К. Голуек, П. Риссер и др.]; Под ред. С. Соуфера, О. Заборски; Пер. с англ. А.П. Чочиа; Под ред. Я.Б. Черткова. — Москва: Мир, 1985.
3. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / В.Ю. Соколов, С.В. Митрофанов, С.А. Наумов, А.В. Садчиков, Оренбургский гос. ун-т. — Оренбург: ОГУ, 2019. — 145 с.

### § 3. Дыхание – важнейший биоэнергетический процесс



**Мустафин Денис Айратович,**  
лаборант-исследователь отдела  
биотехнологий и биоэнергетики  
Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»  
*«Не бойтесь знать больше!»*

*Ознакомившись с материалами параграфа, вы узнаете, почему дыхание является важнейшим биоэнергетическим процессом.*

Все мы с вами дышим, а без дыхания не можем жить. Что же такое дыхание? Ведь было бы гораздо проще, если бы дыхание не было обязательным! К примеру, водолазам не нужны были бы большие баллоны с кислородом  $O_2$  для погружения, да и без дыхательных путей нельзя было бы поперхнуться.

Дышат практически все живые организмы, но способ дыхания бывает разным. Так, у многих животных есть легкие (рис. 14), у рыб — жабры (рис. 15), у растений — устьица на поверхности листьев (рис. 16). В этом процессе организм поглощает

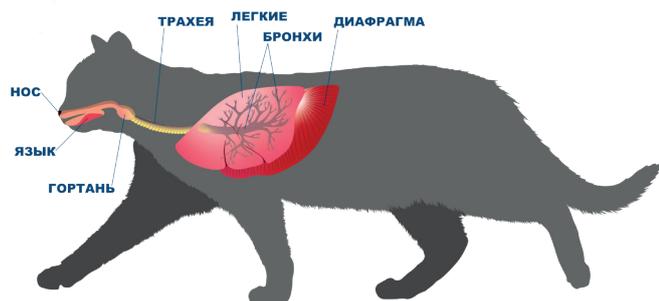


Рис. 14. Дыхательная система кошки

кислород  $O_2$  и выделяет углекислый газ  $CO_2$ . В итоге вырабатывается энергия для жизни. Дыхание — важнейший способ получения организмом энергии.

Какие же процессы происходят в организме человека при дыхании? Вдох воздуха — самый первый этап дыхания.

*Кислород  $O_2$  попадает в легкие, имеющие древообразное внутреннее строение, где в качестве «листьев» выступают гроздь альвеол — крошечных пузырьков, густо оплетенных капиллярами (рис. 17). В легких человека содержится свыше 700 млн альвеол.*



Проникая сквозь тонкие стенки альвеол, кислород  $O_2$  попадает в капилляры, по которым кровь переносится по всем клеткам организма.



Рис. 15. Жабры зебровидной акулы  
(фото: Приморский океанариум — филиал ННЦМБ ДВО РАН)

В крови есть так называемые красные кровяные тельца — эритроциты, содержащие внутри белок гемоглобин. Именно к нему присоединяется кислород  $O_2$  в крови и затем доставляется по артериям в нужную клетку. Достигнув места назначения, кислород  $O_2$  участвует в химических реакциях внутри клетки. Эритроциты выполняют еще одну важную функцию — переносят обратно в легкие углекислый газ  $CO_2$ , который образуется в результате этих реакций.

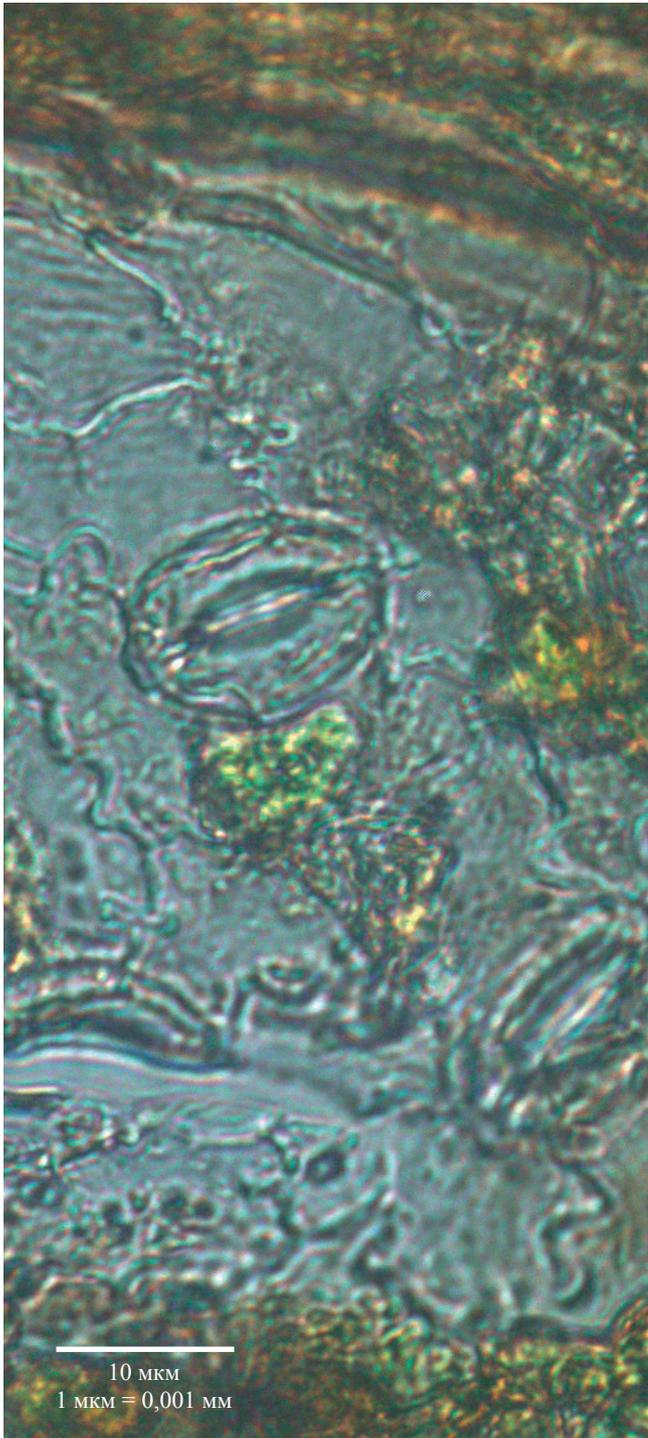


Рис. 16. Устьица пузыреплодника калинолистного в открытом состоянии (фото с оптического микроскопа НИЦ «Курчатовский институт»)

В клетках животных есть множество постоянных компонентов — органоидов, каждый из которых выполняет свои функции. Для получения энергии у клеток есть особые составляющие — митохондрии. Их называют «энергетическими станциями» клетки.

В каком виде существует энергия в клетке? На электростанциях происходит превращение энергии сгорания топлива в электричество. Топливом для митохондрий является глюкоза  $C_6H_{12}O_6$ . В митохондриях происходит «сжигание»

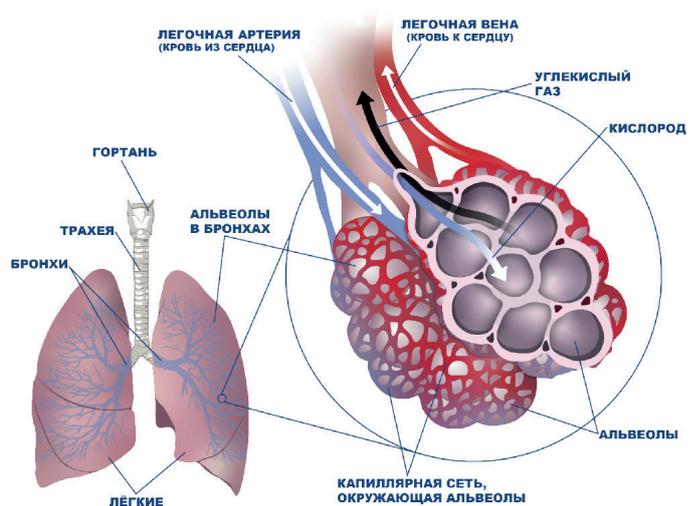


Рис. 17. Альвеолы в легких

глюкозы  $C_6H_{12}O_6$ , в результате чего образуются молекулы АТФ. Как вам уже известно, именно молекулы аденозинтрифосфата (АТФ) являются универсальной формой химической энергии в любой клетке живого организма.

Как же устроены митохондрии? Митохондрии имеют овальную форму и состоят из двух мембран (рис. 18). Наружная мембрана — гладкая, а внутренняя имеет много выростов, которые называются кристами. На кристах и происходит образование АТФ. Процесс образования АТФ непрерывный. Есть расчеты, согласно которым в сутки в организме человека производится около 40 кг АТФ. Но АТФ непрерывно и расходуется: весь накопленный запас АТФ в организме может быть потрачен за несколько минут, если вдруг новый прекратит создаваться.

Большинство организмов живут за счет кислородного дыхания как наиболее выгодного с энергетической точки зрения. Давайте сравним цифры.



Рис. 18. Строение митохондрии

В случае бескислородного получения АТФ из одной молекулы глюкозы получается всего 2 молекулы АТФ, при участии кислорода — 38, то есть в 19 раз больше!



Итак, дыхание — важнейший биоэнергетический процесс. При дыхании из окружающей среды в легкие поступает кислород  $O_2$ , который превращает органические вещества в углекислый газ  $CO_2$  и воду  $H_2O$  и обеспечивает накопление химической энергии в виде молекул АТФ.

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**АТФ** — молекулы, являющиеся универсальной формой химической энергии в клетках живого организма (подробнее: Биология. Современная иллюстрированная энциклопедия / Гл. ред. А.П. Горкин. — М.: Росмэн, 2006).

**Дыхание** — совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода и удаление углекислого газа, а также использование кислорода клетками и тканями для химических реакций с органическими веществами с освобождением энергии, необходимой для жизнедеятельности организма (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Митохондрии** — круглые или овальные органеллы, в которых происходят химические реакции, обеспечивающие организм энергией (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Органоиды** — постоянные компоненты в клетках животных и растений, каждый из которых выполняет свои функции (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Реголит** — сыпучий обломочно-пылевой грунт, возникающий на планетах и космических телах в результате воздействия радиации, выветривания, а также вследствие падения метеоритов. Состоит из минералов, стекла, изверженных пород и пр. В химическом составе можно встретить серу **S**, алюминий **Al**, кальций **Ca**, железо **Fe**, кислород **O** и другие элементы. Примечательно, что в лунном реголите встречаются частицы каплевидной или шарообразной формы размером всего в несколько микрометров, которые не наблюдаются в грунтах Земли.

**Эритроциты** — клетки, которые переносят кислород из легких к тканям тела и углекислый газ в обратном направлении (подробнее: Биология. Современная иллюстрированная энциклопедия / Гл. ред. А.П. Горкин. — М.: Росмэн, 2006).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Девяткин В.В. Химия для любознательных, или о чем не узнаешь на уроке. — Ярославль: Академия, Ко, Академия Холдинг, 2018.
2. Зверев И.Д. Человек: организм и здоровье: пособие для учащихся общеобразовательной школы, 8–9. — М.: Вентана-Графф, 2000.
3. Иванова В.В. Для чего человек дышит? — М.: АСТ, 2016.

### Дополнительная:

1. Масахару Т. Занимательная биохимия. Манга. — М.: ДМК Пресс, 2016.
2. Зильбернагель С., Деспопулос А. Наглядная физиология. — М.: Лаборатория знаний, 2021.

### Автор рекомендует:

Грин А. Бегущая по волнам. — М.: АСТ, 2018.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что такое дыхание? Опишите процессы, которые происходят в организме при дыхании.
2. Опишите строение митохондрии. Какие функции выполняют митохондрии?

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Эссе:** Дыхание. Происходящие при дыхании процессы в организме.
2. **Схема:** Какие функции выполняют митохондрии?

## НАУЧНАЯ ЗАДАЧА

### *Получение кислорода для длительных космических экспедиций*

На Международной космической станции кислород  $O_2$  сегодня получают из воды путем электролиза — электрический ток расщепляет воду на кислород  $O_2$  и водород  $H_2$ . Однако путешествия к планетам, о которых уже давно грезят фантасты, ставят перед исследователями задачи получения кислорода  $O_2$  для длительных экспедиций на космические тела.

У ученых есть уже первые успехи в этом направлении. В 2020 году марсоход Perseverance использовал атмосферу планеты для получения кислорода  $O_2$ . Другая идея — выработка из лунного и марсианского реголита, который представляет собой мелкозернистый материал из минералов, содержащих кислород  $O_2$ . НИЦ «Курчатовский институт» развивает направление фотобиореакторов, позволяющих выращивать фототрофные организмы.

Исследователям еще предстоит совершенствовать эти и многие другие технологии, чтобы обеспечить экипажи необходимым количеством кислорода  $O_2$  для дыхания и в качестве ракетного топлива.

### **Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?**

#### ***Источники информации:***

1. Водоросли для космоса // НИЦ Курчатовский институт : [<http://nrcki.ru/>]. — 2023. — URL: <http://nrcki.ru/product/press-nrcki/-47691.shtml?ysclid=lzi70jisew837155786> (дата обращения 05.06.2024).
2. Vishnevskaya, M.V., Parunova, Y.M., Reshetilov, A.N. et al. On the Stable Operation of a Membraneless Microbial Fuel Cell for More Than One Hundred Days. *Nanotechnol Russia* 18, 28–32 (2023).
3. Лабораторный реголит разложили на металл и газообразный кислород // <https://nplus1.ru/> . — 2019. — URL: <https://nplus1.ru/news/2019/10/10/regolith-oxygen-alloys?ysclid=lzi5ekww71880740860> (дата обращения 05.08.2024).

## § 4. Молекулы — носители энергии



**Сергеева Яна Эдуардовна,**  
старший научный сотрудник отдела  
биотехнологий и биоэнергетики  
Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»,  
кандидат химических наук

*«Бороться и искать, найти и не сдаваться!»*

*Изучив материалы параграфа, вы узнаете о процессах накопления и выделения энергии в живых организмах, роли клеточного дыхания в их жизнедеятельности.*

Внутри нас происходит множество разнообразных одновременно протекающих процессов, они никогда не останавливаются, а для их осуществления нужна энергия, ее постоянный приток и возобновление запасов.



Живые организмы получают энергию, необходимую для жизнедеятельности, главным образом из пищи. Чтобы высвободить энергию, в которой они так нуждаются, организмы расщепляют содержащиеся в пище питательные вещества — белки, жиры и углеводы. В молекулах химическая энергия запасена в связях между атомами, при разрыве которых и происходит высвобождение энергии.

Представьте, что перед вами тарелка с кашей, бутерброд или шоколадка. Вы начинаете есть и через некоторое время ощущаете прилив сил. Происходит это потому, что организм



Рис. 19. Пища — источник полезных веществ.  
Фото НИЦ «Курчатовский институт»

начинает медленно расщеплять питательные вещества, поступающие с пищей, чтобы обеспечить вас энергией (рис. 19).

Как же происходит этот процесс? Напомним, что растения и некоторые микроорганизмы способны к фотосинтезу: они улавливают энергию солнечного света, превращают и запасают ее в виде химической энергии молекул питательных веществ.

Молекулы углекислого газа  $CO_2$  из воздуха и молекулы воды  $H_2O$  поглощаются зелеными листьями растений и под действием солнечного света (энергии Солнца) превращаются в молекулы глюкозы  $C_6H_{12}O_6$  и кислорода  $O_2$ .



Затем глюкоза  $C_6H_{12}O_6$  перемещается по всему растению и используется для его роста.

Все процессы, происходящие в организме, взаимосвязаны, и молекула глюкозы  $C_6H_{12}O_6$  дает начало синтезу углеводов, белков, жиров — питательных веществ. Чаще всего избыток питательных веществ запасается в виде жиров и углеводов, например, крахмала  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Эти запасы можно сравнить с аккумуляторными батареями, которые хранят запасы энергии для дальнейшего использования. Жиры и углеводы — главные источники энергии.

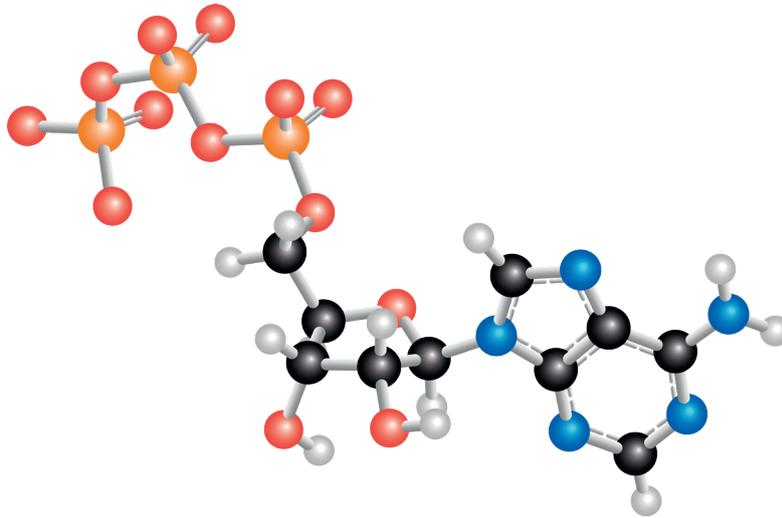
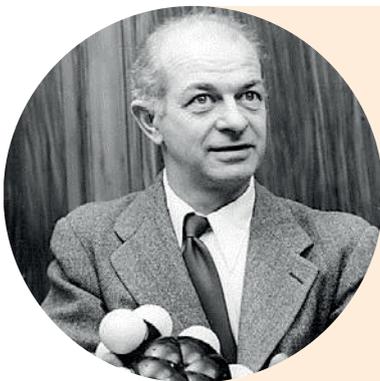


Рис. 20. Модель молекулы АТФ



*«Необходимым условием хорошего здоровья является наличие нужных молекул в нужном количестве, в нужном месте человеческого тела, в нужное время.»*

**Лайнус Полинг (1901–1994)**

американский химик, кристаллограф, лауреат двух Нобелевских премий (по химии и премии мира), а также Международной Ленинской премии «За укрепление мира между народами»

Фото из библиотеки Университета штата Орегон

В живых организмах происходит клеточное (тканевое) дыхание — сложные биохимические процессы, в результате которых органические вещества превращаются в углекислый газ  $CO_2$  и воду  $H_2O$  и происходит выделение энергии, необходимой для поддержания жизнедеятельности организма. Эти органические вещества содержатся в пище, которую мы едим. Выделяемая энергия запасается в молекуле АТФ (рис. 20).

Глюкоза — основное соединение, расщепляемое в процессе клеточного дыхания. Именно глюкоза в первую очередь используется для выработки АТФ.

Таков процесс превращения энергии Солнца в энергию молекул АТФ у растений и некоторых микроорганизмов, способных к фотосинтезу (рис. 21).

Энергия, выделяемая молекулой АТФ, используется для различных реакций и процессов, происходящих в организме. АТФ — универсальный источник энергии для всех биохимических процессов.

*АТФ играет основную роль в обмене энергии в клетках, ее часто сравнивают*

*с аккумулятором или батареей: в результате определенных превращений она способна как выделять, так и накапливать энергию.*

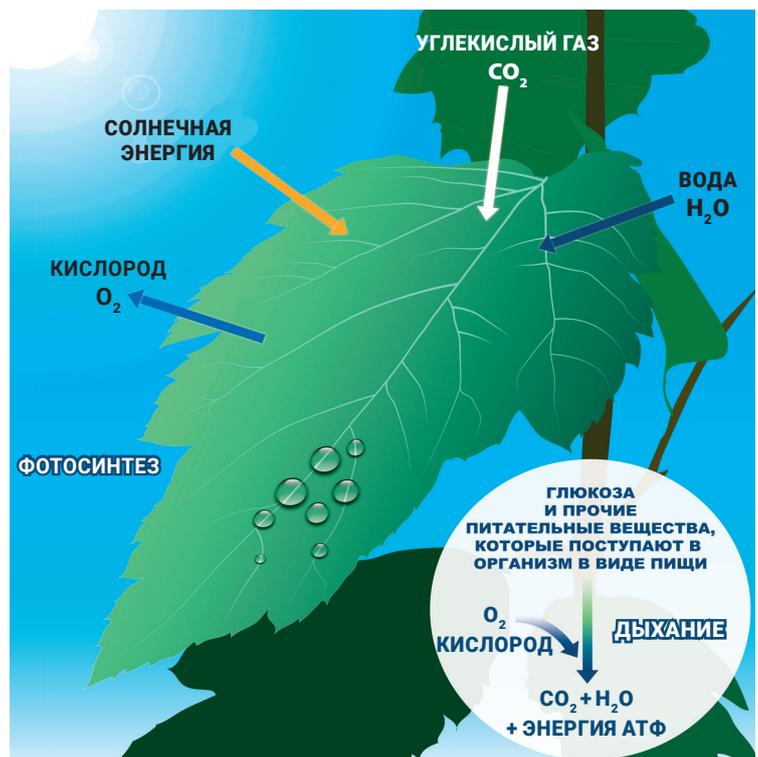


Рис. 21. Схема превращения солнечной энергии в энергию АТФ

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Клеточное (тканевое) дыхание** — совокупность биохимических процессов в тканях организма, в результате которых высвобождается энергия, необходимая для поддержания жизнедеятельности организма (подробнее: Малая медицинская энциклопедия. — М.: Медицинская энциклопедия, 1991).

**Углеводы (сахара)**, группа органических соединений, химическая структура которых часто отвечает общей формуле  $C_m(H_2O)_n$ . В природе углеводы образуются зелеными растениями из неорганических предшественников (углерода  $CO_2$  и воды  $H_2O$ ) в процессе фотосинтеза, присутствуют во всех организмах и по массе превосходят другие органические соединения в биосфере Земли (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Росс. энцикл., 2001)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология: в 3 т. — М.: Лаборатория знаний, 2022.
2. Потапова Т. Энергетика живой клетки // В мире науки. 2006. №3.
3. Такэмура Масахару. Занимательная биохимия. Манга. — М.: ДМК Пресс, 2016.

### Дополнительная:

1. Чиркин А.А. Практикум по биохимии. — Минск: Новое знание, 2002.

### Автор рекомендует:

Брэдбери Р. Марсианские хроники. — М.: Эксмо, 2023.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как вы считаете, почему Солнце — основной источник энергии для всего живого на Земле? Аргументируйте свою точку зрения.
2. Каким образом организм получает энергию для своей жизнедеятельности?
3. Назовите основные питательные вещества, содержащиеся в пище.
4. Почему молекулу АТФ называют универсальным источником энергии?

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Эссе:** Играет ли важную роль АТФ в энергетическом балансе клетки?
2. **Таблица:** Сравнение процессов фотосинтеза и дыхания.
3. **Эссе:** Сбалансированное питание для здоровья человека — это миф или необходимость?

## НАУЧНАЯ ЗАДАЧА

### Использование фототрофных бактерий для получения энергии

Фототрофные, или фотосинтезирующие, бактерии — типично водные организмы, способные преобразовать солнечную энергию в энергию химических связей и в дальнейшем использовать ее для осуществления клеточного метаболизма и роста. Перед учеными стоят вопросы исследования процессов культивирования фототрофных микроорганизмов, комплексной переработки биомассы, получения ценных биологически активных соединений широкого спектра действия и их практического применения. Научные сотрудники НИЦ «Курчатовский институт» проводят работы над созданием высокоэффективных фотобиореакторов, изучают возможности получения энергии с помощью микробных топливных элементов, стоимость которых существенно ниже аналогов.

### Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?

#### Источники информации:

1. Ученые Курчатовского института и МГУ получили новые данные о строении внутриклеточных митохондрий: Сайт Атомная энергия 2.0 (15.06.2021) <https://news.myseldon.com/ru/news/index/256994830>.
2. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология: в 3 т. — М.: Лаборатория знаний, 2022.
3. Такэмура Масахару. Занимательная биохимия. Манга. — М.: ДМК Пресс, 2016.
4. Чиркин А.А. Практикум по биохимии. — Минск: Новое знание, 2002.

## § 5. Биоэлектричество



**Лаптенкова Екатерина Вячеславовна,**  
лаборант-исследователь отдела  
биотехнологий и биоэнергетики  
Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»

*«Чем усерднее вы учитесь  
и стараетесь сейчас, тем шире у вас будет  
выбор деятельности в будущем»*

**Ознакомившись с материалами параграфа,  
вы узнаете о том, что жизнь любого живого  
организма основана на электрических явлениях,  
непрерывно происходящих в его клетках.**

Вам, конечно, уже знакомы слова «биология» и «электричество» по отдельности, но доводилось ли вам слышать объединяющее их слово — **«биоэлектричество»**? Этим термином описывают электричество, которое возникает в живых организмах.

Скорее всего, вы сразу же вспомните некоторых живых организмов, производящих электричество, например, электрических скатов



Рис. 22. Электрический скат  
(фото: Приморский океанариум — филиал ННЦМБ ДВО РАН)

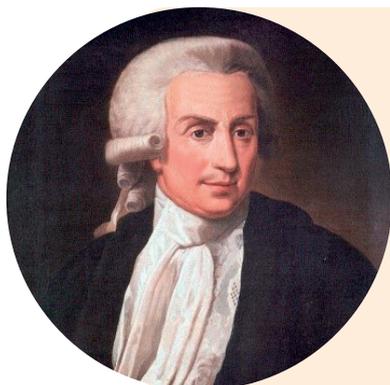
и угрей (рис. 22). Эти рыбы являются хищниками и могут поразить добычу или врага ударом электрического тока, который вырабатывается у них в особых электрических органах.

Электрические скаты и угри отличаются очень слабым зрением, но это не мешает им обнаруживать в воде свою добычу. На поверхности их тел есть особые клетки — электрорецепторы, благодаря которым эти рыбы замечают изменения электрических сигналов в окружающем пространстве, и могут без труда ориентироваться в нем и обнаруживать других морских жителей. Это умение называется электрорецепцией.

Еще лучше чувствуют электрические сигналы обычные акулы. Они могут благодаря электрорецепторам заметить слабый сигнал на большом расстоянии, который ни скат, ни угорь не ощутят. Это происходит благодаря электрорецепторам, которые позволяют акулам замечать других рыб на большом расстоянии.

Что же это за электрические сигналы, которые «выдают» спрятавшихся жертв хищникам? Обратимся к истории науки. В XVIII веке итальянский ученый Луиджи Гальвани обнаружил, что если подать электрический сигнал на лапку мертвой лягушки, конечность начнет двигаться. Гальвани установил, что электрические сигналы воздействуют на мышечную ткань, вызывая ее сокращение (рис. 23).

Этот эксперимент и последующие работы других ученых привели к появлению электрофизиологии — науки, которая исследует взаимодействие электричества с биологическими системами.



**Луиджи Гальвани  
(1737–1798)**

итальянский врач, физиолог и физик, один из основателей электрофизиологии и учения об электричестве, основоположник экспериментальной электрофизиологии

Портрет работы неизвестного художника, Италия, Болонья, Музей Палаццо Поджи

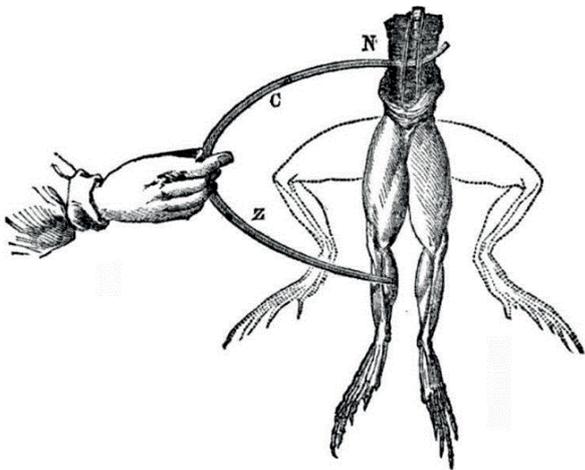


Рис. 23. Опыт Гальвани: электрические сигналы воздействуют на мышечную ткань, вызывая ее сокращение

Вскоре стало известно, что именно электрические сигналы заставляют наши мышцы двигаться. Когда мы хотим сделать какое-то движение, например, поднять руку, наш мозг вырабатывает слабый электрический сигнал. Он проходит по нервам и заставляет мышцы руки сокращаться именно так, как нам необходимо.

Работа сердца также обусловлена сокращением сердечной мышцы и контролируется нашим мозгом. С каждым ударом сердца по сердечной мышце проходит электрический импульс, который заставляет орган сокращаться и перекачивать кровь по артериям. Именно эти импульсы регистрирует доктор, когда снимает показания электрокардиограммы на медосмотре (рис. 24).

Роль электричества в живых организмах не ограничивается передачей сигналов и возможностью атаки разрядом электрического тока, как у некоторых рыб. Обмен веществ также во многом зависит от биоэлектричества. Чтобы лучше разобраться в этом, рассмотрим живой организм с точки зрения химии. В состав живых организмов входят молекулы. Молекулы могут переходить в особое состояние — быть электрически заряженными. Такие частицы называются ионами. Живой организм можно считать системой, состоящей из разных молекул и ионов. Заряженные частицы могут реагировать на различные электрические явления.

*Оказывается, многие биологические процессы (особенно те из них, что относятся к обмену веществ) связаны с перемещением и перераспределением ионов.*



А перемещения электрически заряженных частиц в живом организме — это тоже биоэлектричество. Поэтому смело можно утверждать, что любой акт жизнедеятельности сопровождается возникновением какой-либо формы биоэлектрической активности.

*Если у животного или даже крохотной бактерии не наблюдается никаких электрических явлений на уровне клеток, то, скорее всего, это существо уже мертво.*



Теперь можно легко ответить на вопрос о том, как именно электрорецепторы позволяют некоторым рыбам обнаруживать добычу. Даже если акула не услышит сердцебиение камбалы, она сможет почувствовать сопровождающие ее электрические сигналы и безошибочно определить местоположение жертвы.

Жизнь всех известных организмов основана на электрических явлениях, что может быть использовано для различных практических целей. Так, в медицине регистрация электрических сигналов организма позволяет обнаруживать заболевания мозга или проблемы в сердце. Изучение электрорецепции рыб помогает ученым узнать новую информацию об их поведении, а инженерам — почерпнуть идеи для развития технологий. Биоэлектричество можно даже использовать для получения энергии. Например, если поместить бактерии в специальную камеру — так называемый биотопливный элемент — то микроорганизмы будут вырабатывать электроэнергию.

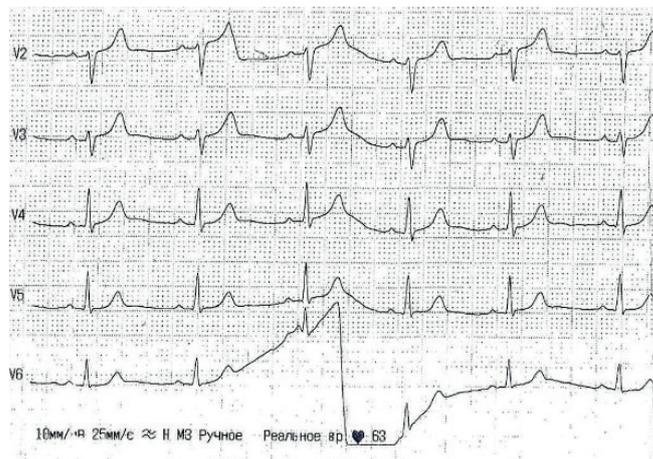


Рис. 24. Электрокардиограмма

*Итак, без биоэлектричества привычная нам жизнь была бы невозможна. И хотя некоторые биоэлектрические процессы уже изучены, многое*

*еще остается тайной и ждет достаточно любопытного и старательного исследователя, которым может стать каждый из вас.*

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Биоэлектричество** — электричество, вырабатываемое в организмах растений и животных (подробнее: Плонси Р., Барр Р. Биоэлектричество. Количественный подход. — М.: Мир, 1992).

**Заряженная частица** — частица, обладающая положительным или отрицательным зарядом, определяющим характер ее взаимодействия с окружающей средой. Если частица не заряжена, то говорят, что она является нейтральной частицей или имеет нулевой заряд. Заряженными могут быть как элементарные частицы, так и атомы, молекулы, многоатомные комплексы (пылинки, капли). Заряд частиц имеет целочисленное значение (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Росс. энцикл., 2001).

**Электрофизиология** — наука, которая исследует взаимодействие электричества с биологическими системами (подробнее: Плонси Р., Барр Р. Биоэлектричество. Количественный подход. — М.: Мир, 1992).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Основная:**

1. Азимов А. Краткая история биологии. От алхимии до генетики. — М.: ЗАО Изд-во Центрполиграф, 2002.
2. Филдс Д. Электрическое чувство у акул // В мире науки. 2008. № 1. С. 74–81.

**Дополнительная:**

1. Еськов Е.К. Физиологические эффекты электромагнитных полей и их использование животными в системе пространственной ориентации и связи // Фундаментальные исследования. 2005. № 10. С. 31–32.
2. Иваницкий А.М., Лебедев А.Н. Разгадывая тайны ритмов мозга // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2007. № 5. С. 636–640.
3. Кусачева С. А. и др. Фундаментальные и прикладные аспекты производства биоэлектрической энергии // Фундаментальные исследования. 2015. № 6. С. 479–484.
4. Плонси Р. Биоэлектричество. Количественный подход. — М.: Мир, 1992.
5. Рыбальченко В.И., Конотопец Н.И. Живое электричество. — Киев: Рад. шк., 1990.
6. Шалабодов А.Д. Биологические мембраны и мембранный транспорт. — Тюмень.: Изд-во Тюмен. гос. ун-та, 1999.

**Автор рекомендует:**

Сент-Экзюпери А. де. Цитадель. — М.: Neoclassic, 2023.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что такое биоэлектричество?
2. Назовите известных вам животных, имеющих электрорецепторы. С какой целью эти животные их используют?
3. Как биоэлектрические явления применяют в медицине?
4. Можно ли получать электричество из живых организмов? Обоснуйте свою точку зрения.

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Таблица:** Используя различные источники информации, опишите биоэлектрические явления, о которых не упоминается в материалах параграфа.
2. **Выступление:** Луиджи Гальвани.

## НАУЧНАЯ ЗАДАЧА

### *Развитие технологии использования биологических материалов в электронике*

В НИЦ «Курчатовский институт» проводят исследования в области биоэлектроники, включая изучение свойств биологических материалов и разработку новых методов их использования в электронике. Одним из направлений работ является создание биоэлектронных устройств, которые могут взаимодействовать с живыми организмами. Ученые исследуют, как можно использовать биологические материалы, такие как клетка, ткани и органы, для создания электронных компонентов. Например, научные сотрудники занимаются вопросом применения клеток в структуре биоэлектронных датчиков, которые могут обнаруживать определенные вещества в организме.

### **Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?**

#### ***Источники информации:***

1. Павел Готовцев: Энергия из человеческой крови. В Российской Федерации создан имплантируемый в тело электрогенератор // Газета Труд, 19 Мая 2022.
2. Основы электрокардиостимуляции: учебное пособие / Р.Е. Калинин, И.А. Сучков, Н.Д. Мжаванадзе и др. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. — 112 с. — ISBN 978-5-9704-5487-9.
3. Биоэлектричество. Количественный подход [Текст] / Р. Плонси, Р. Барр; пер. с англ. под ред. Л. М. Чайлахяна, Л. И. Титомира. — Москва: Мир, 1992. — 366 с.: ил.; 22 см.; ISBN 5-03-001841-7.

## § 6. Биolumинесценция



**Куликов Евгений Александрович**,  
младший научный сотрудник отдела  
биотехнологий и биоэнергетики  
Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»,  
кандидат биологических наук  
*«Каждый раз, когда я думаю, что ничего  
лучше уже не увижу, человечество  
придумывает новый шедевр»*

*Изучив материалы параграфа, вы узнаете  
о способности некоторых живых организмов  
светиться даже без солнечного света  
и о причинах этого явления.*

Доводилось ли вам когда-нибудь видеть светлячка? В дневное время вы, скорее всего, не обратили бы на него внимания или приняли бы за обычного жука.

Но ночью спутать светлячка с кем-то другим просто невозможно — ведь он светится! Испускаемый светлячками желто-зеленый свет даже в кустарнике можно увидеть за десятки метров.



**Константин Георгиевич  
Паустовский  
(1892–1968)**  
русский советский прозаик  
и драматург

Фонды Музея К.Г. Паустовского



Рис. 25. Светящиеся морские организмы:  
светящийся планктон  
([https://prioda.club](https://priroda.club))

Возможно, вы наблюдали, как в вечернее время суток начинают светиться морские волны? Это явление можно обнаружить даже на Черном море, хотя оно более типично для тропических морей. Вот как описывал это К.Г. Паустовский: *«Море горело. Казалось, его дно состояло из хрусталя, освещенного снизу лунным огнем. Свет разливался до горизонта, и там, где всегда сгущается тьма, небо сверкало, как бы затянутое серебряным туманом. Широкий свет медленно мерк. Но после недолгой темноты море опять превращалось в незнакомое звездное небо, брошенное к нашим ногам. Мириады звезд, сотни Млечных Путей плавали под водой. Они то погружались, потухая, на самое дно, то разгорались, всплывая на поверхность воды».*

Так что или кто заставляет море светиться? Ответ прост: это микроскопические организмы, образующие планктон (рис. 25)! Однако не только планктон может светиться — святятся медузы, водоросли и глубоководные рыбы! Сегодня



Рис. 26. Светящиеся морские организмы  
(фото: Приморский океанариум — филиал ННЦМБ ДВО РАН)

известно более 800 видов организмов, которые полностью или частично светятся, и большинство из них обитает в морях. В мировом океане насчитывается порядка 180 видов морских организмов, способных к излучению света (рис. 26).

Что объединяет все эти живые существа?

Они способны светиться в отсутствие солнечного света. В природе это явление называется биолуминесценцией.

**Биолуминесценция** — один из видов процесса, который называют общим термином — «люминесценция». **Люминесценция** — это свечение вещества, вызванное преобразованием поглощаемой энергии в световое излучение.

Существуют различные виды свечения: связанные с действием электричества, света, с химическими реакциями, трением и т. п.

*«Все знают, что такое свет, но рассказать, что такое свет, — нелегко», — писал британский литературовед Сэмюэль Джонсон в XVIII веке.*

С тех пор человечество шагнуло далеко вперед, изучило природу света и научилось управлять этим явлением.

Когда мы говорим о свете, то обычно, в первую очередь, представляем себе Солнце, которое освещает окружающие нас объекты. Но возникает вопрос: почему, например, мы видим перед собой кружку с чаем? Дело в том, что когда свет падает на предмет, он отражается от его поверхности, и отраженные лучи попадают на сетчатку глаза.

А если солнечного света не будет — мы окажемся в полной темноте! Так ли это? Можно ли заставить светиться объекты в отсутствие солнечного света?

Возможно, вы сразу же вспомните об электрической

лампе накаливания — ведь она тоже светится. Ее тоненькая вольфрамовая нить при сильном нагреве излучает свет, подобно Солнцу. И современные лампы дневного света под действием электричества способны самостоятельно излучать свет.

Еще один способ заставить вещество светиться — провести химическую реакцию, так как при превращении одних веществ в другие может выделяться световая энергия. Такое явление называется **хемилюминесценцией**, то есть «химическим свечением». Этот эффект мы наблюдаем в осветительных палочках (рис. 27), внутри которых как раз и происходит химическая реакция.

Другим примером хемилюминесценции является свечение белого фосфора, который



Рис. 27. Осветительные палочки  
(<https://svetosmotr.ru>)

при взаимодействии с кислородом излучает зеленоватый свет.

Вы, конечно, читали роман Артура Конан Дойла «Собака Баскервильей»:

*«Но такой собаки еще никто из нас, смертных, не видывал. Из ее отверстой пасти вырывалось пламя, глаза метали искры, по морде и загривку переливался мерцающий огонь».*

Вы понимаете, что вызвало ужас у героев романа. Шерлок Холмс при осмотре обнаружил, что морда собаки была обработана ядовитым белым фосфором, который и вызвал свечение.

У большинства живых организмов это явление связано именно с протекающими внутри них химическими превращениями. Такая хемилюминесценция называется биолюминесценцией.

Помимо уже приведенных примеров природного свечения (у светлячков, некоторых обитателей моря), можно назвать также излучение света мицелием грибов на пне давно спиленного дерева, а также гниющим мясом и рыбой. Известны черви, свечение которых является реакцией на раздражители.

Живые организмы способны испускать свет всем телом или его специализированными органами, которые расположены на голове, спине, по бокам тела, вокруг глаз и рта, на различных выростах тела, усиках и т. п. Так, у самок глубоководных рыб-удильщиков первый луч спинного плавника похож на удочку, конец которой светится. А у рыбы из семейства светящихся анчоусов органы, испускающие свет, находятся за глазами и вдоль туловища.

Вспомним еще раз о свечении планктона. Оказывается, оно является результатом

не только хемилюминесценции отдельных микроорганизмов, но и следствием электрического разряда, возникающего при трении планктона о воду — в спокойной воде свечение пропадает.

Одним из самых известных видов люминесценции является **фотолюминесценция** — способность некоторых веществ и организмов светиться при поглощении световой энергии. Примером фотолюминесценции является **флуоресценция** —

кратковременное свечение объекта в процессе его облучения. Известны флуоресцирующие микроорганизмы и флуоресцентные минералы.

Наблюдая за природой, человек берет на вооружение ее идеи и стремится использовать их в своих целях.

*Например, измерение биолюминесценции некоторых видов бактерий можно применять для определения низких концентраций кислорода  $O_2$ .*



Этот метод основан на том, что без этого газа фотобактерии перестают испускать свет, но их свечение усиливается пропорционально повышению концентрации кислорода  $O_2$ .

Флуоресцентные краски, светящиеся при ультрафиолетовом облучении, используются не только для декорирования, освещения или защиты денег от подделки. Область их применения гораздо шире, чем может показаться на первый взгляд. Такие краски используются в биологических исследованиях. Окрашивая определенные участки клеток, например, ядра или мембраны, можно увидеть происходящие в них процессы с помощью специального флуоресцентного микроскопа.

*Явление биолюминесценции сложно, многообразно и до конца не изучено. Многие уже известно, но немало и того, о чем еще никто не знает. Быть может, однажды и вы откроете новое применение такому явлению, как биолюминесценция.*

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Биоимиджинг** — медицинская процедура, позволяющая визуализировать строение человеческого тела, биологических процессов в реальном времени (подробнее: Большой энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Большая Российская энциклопедия; Санкт-Петербург : Норинт, 1997, 1999, 2001, 2004).

**Биолюминесценция** — видимое свечение некоторых живых организмов (подробнее: Сравнительная физиология животных. Т. 3. — М.: Мир, 1978).

**Люминесценция** — свечение вещества, связанное с преобразованием поглощаемой энергии в световое излучение (подробнее: Иллюстрированный энциклопедический словарь / под ред. В.И. Бородулина и др. — М.: Большая рос. энцикл., 1998).

**Люциферин** — органические вещества, позволяющие некоторым организмам вырабатывать свет (подробнее: «Микробиология: словарь терминов», Фирсов Н.Н., М: Дрофа, 2006 г.)

**Флуоресценция** — кратковременное свечение объекта в процессе его облучения (подробнее: Физическая энциклопедия. — М.: Сов. энцикл., 1988).

**Фотолюминесценция** — способность некоторых веществ и организмов светиться при поглощении световой энергии (подробнее: Физическая энциклопедия — М.: Сов. энцикл., 1988).

**Хемилюминесценция** — свечение, возникающее в результате химических реакций (Большая советская энциклопедия. — М.: Сов. энцикл., 1969–1978).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Волцит П. Как светлячки светят? // Квантик. 2017. № 2. С. 18–20.
2. Лабас Ю. А., Гордеева А.В. Свет и цвет живых организмов: Неразгаданная Дарвином биолюминесценция // Природа. 2003. №. 2. С. 25–31.

### Дополнительная:

1. Волькенштейн М.В. Биофизика. — СПб.: Лань, 2008. Гительзон И.И., Каратасюк В.А., Лопатин В.Н. Экологическая биофизика. Т. 1. Фотобиофизика. — М.: Логос, 2002.
2. Гительзон И.И., Левин Л.А., Утюшев Р.Н. и др. Биолюминесценция в океане. — СПб: Гидрометеоиздат, 1992.
3. Дерябин Д.Г. Бактериальная биолюминесценция. Фундаментальные и прикладные аспекты. — М.: Наука, 2009.
4. Долженко А.В. Биолюминесценция // Физика и медицина: создавая будущее: сборник материалов. — Самара: Издательство НИЦ LJournal, 2018. С. 40–43.

### Автор рекомендует:

Дойл А. Собака Баскервилей. — М.: Лабиринт, 2022.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что такое люминесценция?
2. Что такое биолюминесценция? К какому виду люминесценции она относится?
3. Как вы считаете, почему биолюминесценция наиболее характерна для глубоководных морских обитателей?

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Выступление:** Внимательно понаблюдайте за окружающими вас дома, на улице, в природе предметами и явлениями, в которых проявляется люминесценция. Где они используются и какое значение для безопасности людей?
2. **Таблица:** Составьте таблицу с примерами животных, способных к биолюминесценции. Уважите, какие функции выполняет биолюминесценция в их жизнедеятельности? Для выполнения задания вам понадобятся дополнительные источники информации.
3. **Эссе:** Как вы понимаете высказывание физика Альберта Эйнштейна: «Наука не является и никогда не будет являться законченной книгой. Каждый важный успех приносит новые вопросы. Всякое развитие обнаруживает со временем все новые и более глубокие трудности?»

## **НАУЧНАЯ ЗАДАЧА**

### ***Использование генов бактерий и грибов для оптического биоимиджинга***

Понимание процессов функционирования живых организмов не может быть полным без исследования органов, тканей, клеток. Для этого используются различные методы визуализации, в частности, оптический биоимиджинг. Например, неинвазивное изучение (то есть без каких-либо воздействий с помощью игл или других хирургических инструментов) биологических структур может осуществляться с помощью света, испускаемого в процессе окисления люциферина, который вводится в организм перед каждым исследованием. Но это дорогостоящее и малостабильное вещество, что осложняет процесс анализа. Ученые Института биоорганической химии имени М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН работают над возможностью переноса в организм автономных систем на основе кассет генов бактерий и грибов, способных самостоятельно синтезировать люциферин. НИЦ «Курчатовский институт» проводит исследования использования флуоресцентных белков для создания биосенсоров, разрабатывает флуоресцентные индикаторы, помогающие изучать процесс формирования долговременной памяти.

### **Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?**

#### ***Источники информации:***

1. Федор Субач: Российские ученые разработали новый генетически кодируемый зеленый кальциевый индикатор и изучили его свойства. Медиа-портал «Научная Россия» (25.06.2021) <http://nrcki.ru/product/media-portal-nauchnaya-rossiya/-44356.shtml> (дата обращения 18.09.2024).
2. Копицын Д.С. Методы оптического биоимиджинга в исследованиях онкологических заболеваний / Д.С. Копицын, Бескоровайный А.В. и др. // Башкирский химический журнал. — 2013. — № 4. — С. 64–71.
3. И. Ямпольский. Билюминесценция: возрождение / И. Ямпольский, А. Царькова и др. // Природа. — 2015. — № 7.
4. А. Борисова / Разгадать «формулу» света / А. Борисова, И. Ямпольский // Троицкий вариант. — 2020. — № 9.

## § 7. Нутриенты и витамины – регуляторы биоэнергетики



**Куликов Евгений Александрович**,  
младший научный сотрудник отдела  
биотехнологий и биоэнергетики  
Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»,  
кандидат биологических наук

*«Развивайтесь и изучайте мир, только так  
вы сможете найти любимое дело!»*

**Изучив материалы параграфа, вы узнаете,  
что такое нутриенты и почему необходимо  
питаться сбалансированно.**

Все мы знаем, что автомобиль не поедет без топлива, холодильник не будет работать без электричества, а телефон не включится, пока его не зарядишь. Но почему так? Автомобиль, холодильник и телефон являются сложными структурами, состоящими из более мелких деталей. Эти детали взаимодействуют друг с другом, и, если не работает одна, перестают работать и другие. Чтобы прибор работал, ему нужна энергия, причем эта энергия может быть различной: электрической, тепловой, механической, магнитной и др.

Можем ли мы сравнить себя с автомобилем или телефоном? Мы двигаемся, выполняем определенную работу.

*Безусловно, человеческий организм  
в миллионы раз совершеннее  
машины, но одно нас объединяет —  
всем нужна энергия.*



Автомобиль едет за счет энергии сгорания топлива в двигателе, которая затем передается колесам. В холодильнике стоит мотор-компрессор, а в телефоне — аккумулятор, который накапливает электроэнергию. Человек же берет энергию из продуктов питания. Наш желудок является своего рода двигателем, только в отличие от бензина или дизеля, мы превращаем еду в энергию.

Все необходимые для человека питательные вещества называются **нутриентами**. Нутриенты (от лат. *nutritio* — питание) — это питательные вещества, которые содержатся в пище. Нутриенты необходимы организму для построения и обновления клеток и тканей, получения энергии, которая требуется для нормальной жизнедеятельности организма.

Нутриенты попадают к нам в организм с пищей и перевариваются в желудочно-кишечном тракте. В результате большие сложные молекулы распадаются на мелкие, которые и становятся кирпичиками для строительства нашего организма. А выделившаяся при этом энергия запасается в молекулах АТФ, как в аккумуляторе.

Нутриенты разделяют на макро- и микронутриенты (рис. 28).

**Макронутриентами** (от греч. *μάκρος* — большой) необходимы организму в большом количестве. Они дают организму энергию, необходимую для выполнения всех его функций. Человек употребляет как продукты животного, так и растительного происхождения. Основными питательными веществами в них являются белки, жиры и углеводы, содержащие самые важные для нашего организма элементы — углерод **C**, кислород **O**, водород **H** и азот **N**.

Белки — важнейшие нутриенты, на основе которых построен весь наш организм (органы, мышцы, содержимое клеток). Благодаря белкам мы растем, развиваемся. Источники белка — мясо, рыба, яйца, творог, сыр, молоко (рис. 29).

Жиры, в первую очередь — важнейшие структурные элементы нашего организма, они участвуют в образовании мембран клеток.

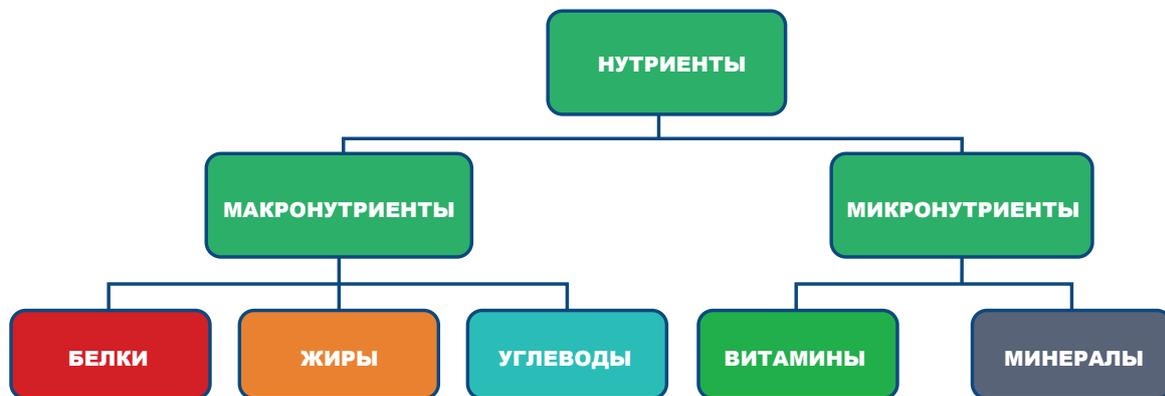


Рис. 28. Нутриенты

Жиры бывают животного и растительного происхождения. Свиной и бараний жир, сливочное масло — примеры животных жиров. Растительные жиры содержатся в подсолнечном, оливковом, кукурузном масле, орехах, семенах (рис. 30). Организму человека необходимы и те, и другие жиры, но особенно полезны растительные.

Углеводы, с одной стороны, являются главным источником энергии, с другой — их избыточное употребление приводит к ожирению и развитию многих заболеваний, например, сахарного диабета. Углеводы содержатся в таких продуктах питания как сахар, хлеб, картофель, рис, различные фрукты и овощи (рис. 31).

Каждый из макронутриентов важен и выполняет определенную функцию в организме, а избыток или недостаток одного из них может привести к развитию различных заболеваний.

Для правильной работы организма недостаточно употреблять только

макронутриенты. Организму необходимы также *микронутриенты* — (от греч. *μικρός* — маленький), которые не являются источниками энергии, но участвуют в ее усвоении и регулируют процессы роста и развития организма. К ним относятся минеральные вещества и витамины. Их отсутствие наносит непоправимый ущерб здоровью.

В минеральных веществах содержатся необходимые организму химические элементы.

*Некоторые из них (фосфор **P**, сера **S**, натрий **Na**, калий **K**, хлор **Cl**, магний **Mg** и кальций **Ca**) требуются в относительно больших количествах, другие (железо **Fe**, иод **I**, медь **Cu**, марганец **Mn**, селен **Se**, цинк **Zn**, кремний **Si** и др.) — в совсем незначительных.*



Каждый элемент выполняет свою функцию. Так, кальций **Ca** необходим для костей и зубов, железо **Fe** в крови переносит кислород **O<sub>2</sub>**,



Рис. 29. Продукты, богатые белками



Рис. 30. Продукты, богатые жирами



Рис. 31. Продукты, богатые углеводами

магний **Mg** помогает сердцу, иод **I** важен для работы щитовидной железы.

Помимо белков, жиров, углеводов и минеральных веществ человеку необходимы витамины. Чаще всего витамины называют буквами латинского алфавита: А, В, С и т. д.

Источником витаминов тоже является пища. Взаимосвязь между пищей и состоянием здоровья была обнаружена давно. Еще в Древнем Египте было замечено, что так называемую «куриную слепоту», которая проявляется в снижении остроты зрения в темноте, можно вылечить, если употреблять в пищу куриную печень. Сейчас мы знаем, что печень содержит витамин А, который в том числе отвечает за зрение. В середине XVIII века было обнаружено, что моряки, долгое время находящиеся в плавании и не употреблявшие овощей и фруктов, заболевают цингой — кровоточивостью и набуханием десен. Много позже выяснилось, что цинга развивается из-за недостатка витамина С.

Витаминами богата, в первую очередь, растительная пища (рис. 32). Так, почти все овощи, фрукты, ягоды, зелень богаты витамином С. Некоторые витамины содержатся и в животной пище. Например, яичный желток, сливочное масло, рыбий жир являются источниками витаминов А, Е и D, а печень крупного рогатого скота и свиней — витамина А и витаминов группы В.

Витамины обычно подразделяют на жиро- и водорастворимые. Витамины А, D и Е — жирорастворимые,

а С и витамины группы В — водорастворимые.

Функции витаминов разнообразны, но имеют некоторые общие свойства. Так, все они обладают высокой биологической активностью, но их количество, необходимое организму, измеряется миллиграммами. Витамины сами по себе не являются источниками энергии, но энергетические процессы без них не протекают. Как недостаток, так и избыток витаминов приводит к серьезным заболеваниям.

Для нормальной жизнедеятельности человеку необходимо сбалансированное питание, то есть определенное соотношение белков, жиров, углеводов, минеральных веществ и витаминов, содержащихся в пище.

Если представить наш организм в виде кирпичного дома, то белки в нем будут кирпичиками, жиры — крышей и фасадом, а углеводы — электричеством. Очевидно, что мы не сможем заменить кирпичи электрическими проводами, не развалив при этом весь дом. Также невозможно заменить белки углеводами, а углеводы — жирами, поскольку они не смогут выполнять все необходимые функции.

*При избытке нутриентов запасается слишком много энергетических молекул, которые не на что тратить. Это приводит к ожирению и многим другим проблемам. Именно поэтому так важно проявлять физическую активность, заниматься спортом и правильно питаться. Эти идеи нашли отражение в так называемой «пирамиде»*



Рис. 32. Продукты — источники витаминов

питания (рис. 33), которая построена на основе следующих принципов: физическая активность, умеренность, разнообразие, пропорциональность и индивидуальность. Пирамида разделена на сегменты (слева направо) — группы продуктов: злаки, овощи, фрукты, молочные продукты, мясо, бобовые. Площадь сегментов отражает рекомендации по употреблению продуктов каждой группы: чем она больше, тем больше продуктов из этой группы рекомендуется употреблять в пищу человеку. Однако человек может сам выбрать предпочитаемые им продукты питания из каждой группы, но соблюдая при этом рекомендуемые примерные пропорции. Поднимающийся вверх по ступенькам человек символизирует обязательность физической нагрузки.



Рис. 33. Пирамида питания

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Макронутриенты** — питательные вещества, которые нужны организму в относительно большом количестве каждый день; к макронутриентам относятся белки, жиры и углеводы (подробнее: Большой медицинский энциклопедический словарь: БМЭС / под ред. В.И. Бородулина. — М.: РИПОЛ классик, 2007).

**Микронутриенты** — питательные вещества, важные для организма, но необходимые ему в минимальных дозах; к микронутриентам относятся минеральные вещества и витамины (подробнее: Большой медицинский энциклопедический словарь: БМЭС / под ред. В.И. Бородулина. — М.: РИПОЛ классик, 2007).

**Нутриенты** — питательные вещества, необходимые живым организмам для обеспечения нормальной жизнедеятельности (подробнее: Большой медицинский энциклопедический словарь: БМЭС / под ред. В.И. Бородулина. — М.: РИПОЛ классик, 2007).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Агаджанян Н.А. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. — М.: Медицина, 1999.
2. Маймулов В.Г. Питание и здоровье детей. — СПб.: СПбГМА им. И.И. Сеченова, 2003.
3. Москалев А. Энциклопедия долгой и здоровой жизни. — М.: Эксмо, 2019.
4. Скурихин И.М., Нечаев А.П. Все о пище с точки зрения химика. — М.: Высшая школа, 1991.

### Дополнительная:

1. Колодязная В.С. Пищевая химия: Учеб. пособие. — СПб.: СПбГАХПТ, 1999.
2. Самсонов М.А. Справочник по диетологии. — М.: Медицина, 1992.
3. Скальный А. В. Микроэлементы для вашего здоровья. — М.: «Издательский дом «ОНИКС 21 век», 2003.
4. Скальный А.В. Биоэлементы в медицине. — М.: «ОНИКС», 2004.
5. Тутельян В.А. Микронутриенты в питании здорового и больного человека: справочное руководство по витаминам и минеральным веществам. — М.: Колос, 2002.

### Автор рекомендует:

Уэллс Г. Машина времени. — М.: Эксмо, 2023.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Зачем человеку нужна пища?
2. Что такое нутриенты?
3. Охарактеризуйте значение макро- и микронутриентов для здоровья человека.
4. Как вы считаете, можно ли отказаться от каких-то нутриентов? Аргументируйте свой ответ.
5. Как витамины влияют на здоровье человека? Какие заболевания возникают при недостатке витаминов?

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Выступление:** Значение белков, жиров и углеводов для жизнедеятельности организма.
2. **Эссе:** Как вы думаете, почему нутриенты считают регуляторами биоэнергетики нашего организма?
3. **Выступление:** История открытия витаминов.
4. **Логическая задача:** Проанализируйте свой рацион. Какие продукты, богатые белками, жирами, углеводами и витаминами, вы ели в последнее время? Как вы считаете, является ли ваше питание сбалансированным? Поясните свой ответ.

## НАУЧНАЯ ЗАДАЧА

### Создание безглютеновых сортов пшеницы

Глютен — белок, который содержится в некоторых видах злаков и вызывает заболевание под названием «целиакия». И несмотря на то, что болезнь поражает всего 1% населения Земли, интерес потребителей к безглютеновым продуктам растет. Во Всероссийском институте генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова работают над созданием пшеницы, не содержащей глютен. Это одна из многочисленных задач института, направленных на разработку продуктов питания с определенными свойствами.

### Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?

#### Источники информации:

1. Д. Гриценко / Здоровое зерно: ученые выведут сорт пшеницы «под заказ» почти втрое быстрее // НИЦ «Курчатовский институт»: [сайт]. — 2021. — URL: <http://nrcki.ru/product/mic-izvestiya/-43040.shtml?ysclid=lzh1sxope0458958368> (дата обращения: 05.08.2024).
2. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. — М.: Издательский дом «Оникс 21 век»: Мир, 2004. — 216 с.
3. Витамины и минералы в современной клинической практике. Возможности лечебных и профилактических технологий / под ред. О.А. Громовой, Л.С. Намазовой. — М., 2003. — 56 с.

## Самое важное в главе 1



Оболочка Земли, заселенная живыми организмами, называется биосферой. Все живое в биосфере образует биомассу. В растениях происходит фотосинтез: из углекислого газа и воды под действием света образуется органическое вещество глюкоза и выделяется кислород. Благодаря фотосинтезу биомасса концентрирует и хранит энергию Солнца.



Фотосинтез и дыхание — важнейшие биоэнергетические процессы. Кислород, поступающий при дыхании в легкие, превращает органические вещества в углекислый газ и воду и обеспечивает накопление химической энергии в виде молекул аденозинтрифосфата — АТФ. Молекулы АТФ способны не только накапливать, но и отдавать энергию. Поэтому АТФ — универсальная форма химической энергии в клетках живого организма.





Во всех живых существах есть биоэлектричество — электрические сигналы, возникающие в клетках организма. Регистрацию биоэлектрических сигналов используют в медицине для обнаружения заболеваний сердца и мозга.

Известны организмы, которые способны светиться в отсутствие солнечного света. Это явление называется биолюминесценцией. Ее основная причина — выделение световой энергии в результате протекания в организме некоторых химических реакций.



Человек и животные получают энергию из пищи, которая содержит питательные вещества — нутриенты. К ним относятся белки, жиры и углеводы, а также минеральные вещества и витамины. Для нормальной жизнедеятельности человеку необходимо сбалансированное питание, то есть определенное соотношение белков, жиров и углеводов, а также необходимое количество минеральных веществ и витаминов.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ

В главе «Материалы» вы получите представление о многообразии природных и искусственно созданных веществ и материалов, которые окружают нас в жизни. Узнаете, по каким признакам все вещества можно разделить на неорганические и органические, низкомолекулярные и высокомолекулярные (полимеры), а также кристаллические и аморфные. Вы познакомитесь с наиболее характерными свойствами полимерных материалов и их применением.



### § 8. Разнообразие материалов вокруг нас. Органические и неорганические материалы



**Захаревич Анастасия Анзоровна,**  
младший научный сотрудник лаборатории  
полимерных материалов  
отдела нанобиоматериалов  
и структур Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»

*«Дорогие ребята, желаю вам  
оставаться любопытными и жадными  
к знаниям в любом возрасте!»*

*Изучив материалы параграфа, вы узнаете,  
по какому признаку вещества классифицируют  
на неорганические и органические.*

Все химические вещества, существующие в природе, можно разделить на **неорганические** и **органические**. Каждое из них обладает свойствами, отличающими его от любых других веществ. Такими свойствами могут быть вкус, цвет, запах, температуры плавления и кипения, плотность.

*Долгое время считалось, что  
органические вещества  
невозможно получить  
в лаборатории, а для их синтеза  
обязательно нужен живой организм  
(растения, дрожжи и т. д.).*



Это утверждение в 1824 году опроверг выдающийся немецкий химик Фридрих Велер: ему удалось синтезировать в лаборатории органическое вещество мочевины  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$  из цианата аммония  $\text{NH}_4\text{OCN}$  — неорганической соли.

Чем же отличаются неорганические и органические вещества, и почему вокруг этих классов сформировались отдельные области химии?

Неорганическая химия изучает свойства химических элементов и построенных из них веществ. Существует 118 химических элементов, которые представлены в Периодической таблице Д.И. Менделеева (рис. 34).



**Фридрих Велер (1800–1882 гг.)**  
немецкий химик, один  
из основоположников  
органической химии

Колледж Христа Кембриджского  
университета



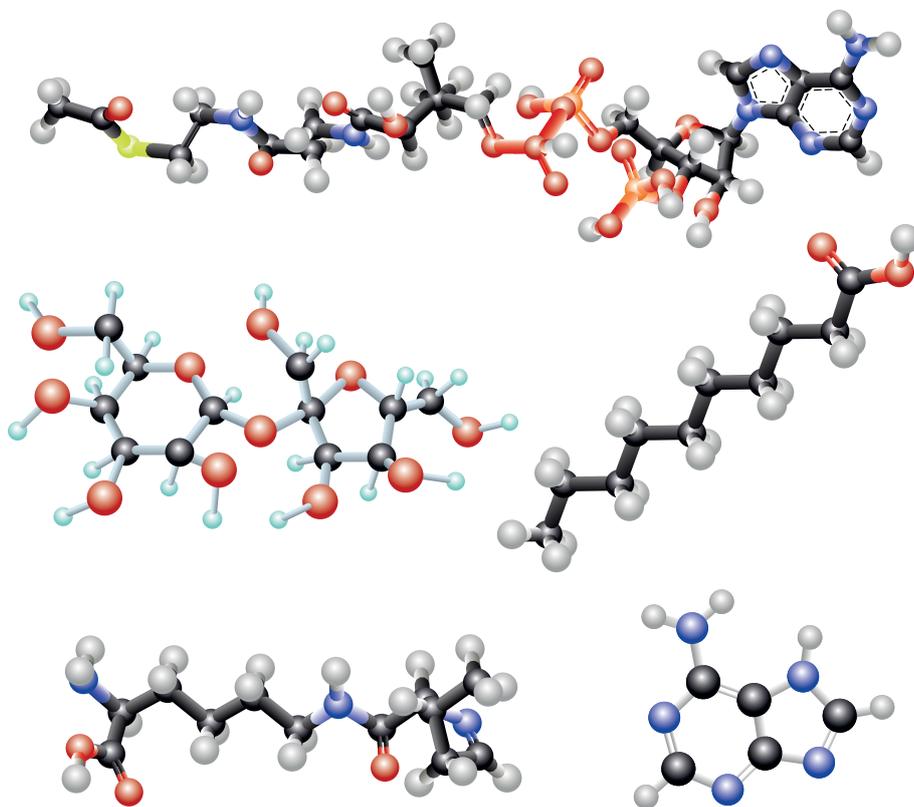


Рис. 36. Модели молекул некоторых органических веществ. Шариками черного цвета изображены атомы углерода. Другими цветами — гетероатомы (любые иные атомы, кроме углерода и водорода)

Самый простой пример соли — поваренная соль  $\text{NaCl}$ , которую мы используем при приготовлении пищи.

Органическую химию называют химией соединений углерода  $\text{C}$ , поскольку этот элемент присутствует в составе всех органических веществ.

*Чем же так уникален углерод  $\text{C}$ ? Прежде всего, это связано с тем, что атомы углерода  $\text{C}$  способны соединяться друг с другом, образуя длинные цепочки и кольца разного строения. Эти цепочки значительно более устойчивы, чем составленные из атомов других химических элементов.*



ПОЧЕМУ?

Наряду с углеродом  $\text{C}$  органические вещества содержат атомы водорода  $\text{H}$ , также в их состав могут входить атомы кислорода  $\text{O}$ , азота  $\text{N}$ , фосфора  $\text{P}$ , серы  $\text{S}$ . Модели молекул органических веществ различного состава и строения представлены на рис. 36.

Так, углеводы, например крахмал  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ , глюкоза и фруктоза  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , имеют в своем составе кроме атомов углерода  $\text{C}$  атомы водорода  $\text{H}$  и кислорода  $\text{O}$ . Углеводами богаты такие продукты питания, как картофель, крупы, сахар, хлеб. Те же химические элементы, что содержатся в углеводах, входят в состав жиров, например, подсолнечного, оливкового и сливочного масла.

Белки, входящие в состав всех живых организмов, помимо углерода  $\text{C}$ , водорода  $\text{H}$  и кислорода  $\text{O}$ , обязательно включают в себя еще и азот  $\text{N}$ , а некоторые содержат серу  $\text{S}$ . Белками богаты такие продукты питания, как мясо, яйца, молоко, сыр.

Органических веществ значительно больше, чем неорганических. Сегодня известно более 100 млн органических веществ и около 700 тыс. неорганических. Однако количество и тех и других



**Дмитрий Иванович Менделеев (1832–1907)**

великий русский ученый-энциклопедист, химик, физик, метролог, экономист, технолог, геолог, метеоролог, нефтяник, педагог

Портрет работы И.Е. Репина, 1885 г. Москва, Государственная Третьяковская галерея

увеличивается с каждым годом, потому что химики постоянно открывают и синтезируют новые вещества.

*Без неорганических веществ невозможно представить наш быт: не существовало бы каменных домов, оконных стекол и металлических дверных ручек. Неорганическая*

*химия работает над созданием новейших материалов для разных областей техники и промышленности. Органическая химия, в свою очередь, обеспечивает нас лекарствами и косметикой, занимается вопросами переработки нефти и газа.*

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Органические вещества** — почти все химические соединения, в состав которых входит химический элемент углерод (подробнее: Глинка Н.Л. Общая химия. — Ленинград: Химия, 1985).

**Простые вещества** — вещества, образованные атомами одного химического элемента (подробнее: Глинка Н.Л. Общая химия. — Ленинград: Химия, 1985).

**Сложные вещества** — вещества образованные атомами разных химических элементов (подробнее: Глинка Н.Л. Общая химия. — Ленинград: Химия, 1985).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Иванов А.Б., Гордий И.В. Химические элементы. — М.: Аванта+, 2020.
2. Левицкий М. Увлекательная химия. Просто о сложном, забавно о серьезном. — М.: Астрель, 2008.
3. Леенсон И.А. Занимательная химия для детей и взрослых. — М.: Аванта+, 2009.
4. Леенсон И.А. Тайная жизнь химических веществ. — М.: АСТ, 2017.
5. Леенсон И.А. Удивительная химия. — М.: НЦ ЭНАС, 2009.
6. Леенсон И.А. Химические элементы. Путеводитель по Периодической системе. — М.: АСТ, 2017.
7. Савина Л. Занимательная химия. — М.: АСТ, 2017.
8. Стрельникова Л. Из чего все сделано? Рассказы о веществе. — М.: Яуза-Пресс, 2011.

### Дополнительная:

1. Мартюшева А.В. Химия без преград. М.: Бомбора, 2023.
2. Образцов П. Мир, созданный химиками. От философского камня до графена. — М.: Азбука Аттикус, 2011.
3. Дмитриев И.С., Никитин К.М. Дмитрий Менделеев. Автор великого закона. — М.: АСТ-Пресс, 2023.

### Автор рекомендует:

Воннегут К. Колыбель для кошки. — М.: АСТ, 2023.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Приведите примеры неорганических и органических веществ, с которыми вы сталкиваетесь каждый день.
2. Почему углерод называют основой жизни на Земле?

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Выступление:** Менделеев Дмитрий Иванович.
2. **Таблица:** Перечислите неорганические и органические вещества, которые окружают вас дома, и охарактеризуйте их физические свойства.
3. **Эссе:** Можно ли 3D-принтеры применять в медицине?
4. **Кроссворд:** Выберите от 12 химических элементов и составьте кроссворд.

## **НАУЧНАЯ ЗАДАЧА**

### ***Разработка композитных материалов***

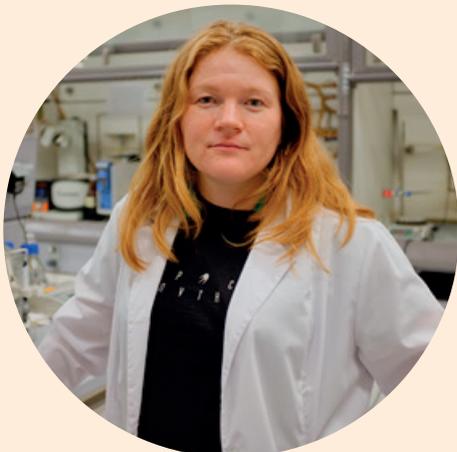
На смену традиционным веществам, используемым в промышленности приходят композитные материалы. Они обладают рядом преимуществ: повышенная прочность, жесткость при небольшой массе; устойчивость к химическим повреждениям и высоким температурам. В структуре новых материалов выделяют несколько слоев, сочетание которых позволяет получить свойства, отличные от химических и физических качеств каждого слоя. Для обеспечения технологического лидерства нашей страны будет реализован национальный проект «Новые материалы и химия». Среди его основных направлений — производство исходных элементов для композитов. Роль головного центра компетенций поручена НИЦ «Курчатовский институт». В нем ведутся разработки композитных материалов, применение которых позволит производить элементы энергоустановок и медицинских приборов, технологий трехмерной печати.

### **Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?**

#### ***Источники информации:***

1. Захаревич А.А., Григорьев Т.Е. Новые возможности создания материалов для регенеративной медицины на основе органорастворимого хитозана // Гены и клетки. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-vozmozhnosti-sozdaniya-materialov-dlya-regenerativnoy-meditsiny-na-osnove-organorastvorimogo-hitozana> (дата обращения: 30.08.2024).
2. Ф. Сенатов / От кирпичей до наноматериалов: эволюция композитов // Ф. Сенатов, И. Комаров, А. Кузнецов // Постнаука. — 2019. — URL: <https://postnauka.org/longreads/99577> (дата обращения: 05.08.2024).
3. Ю.Д. Третьяков / Неорганическая химия — основа новых материалов // Ю.Д. Третьяков // Химия и жизнь. — 2007. — № 5.
4. Кузина, А.А. Композиционные материалы: учеб. пособие / А.А. Кузина; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Самар. нац. исслед. ун-т им. С.П. Королева (Самар. ун-т). — Самара : Изд-во Самар. ун-та, 2023. — 1 файл (1,2 Мб). — ISBN = 978-5-7883-2008-3. — Текст : электронный.

## § 9. Низкомолекулярные и высокомолекулярные материалы



**Медведева Анастасия Сергеевна,**  
инженер-исследователь лаборатории  
полимерных материалов  
отдела нанобиоматериалов и структур  
Курчатовского комплекса

НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»

*«Мы состоим из полимеров, едим полимеры,  
одеваемся в полимерные материалы  
и строим из них свои дома»*

*Изучив содержание параграфа, вы узнаете, что такое низкомолекулярные и высокомолекулярные материалы, и какими особыми свойствами обладают последние.*

Вам, наверно, известны такие вещества, как уксусная кислота, глюкоза, целлюлоза, полиэтилен. Первые два из них — уксусная кислота  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и глюкоза  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  (рис. 37) имеют сравнительно небольшие размеры и массу молекул. Такие вещества называются низкомолекулярными.

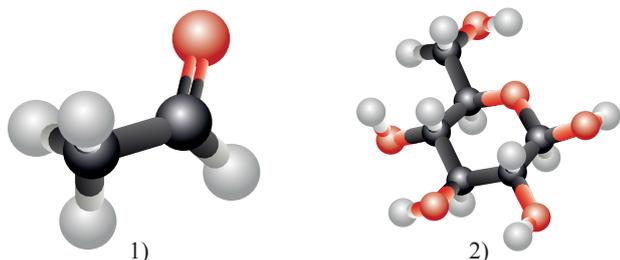


Рис. 37. Модели молекул низкомолекулярных веществ: 1 — уксусной кислоты; 2 — глюкозы

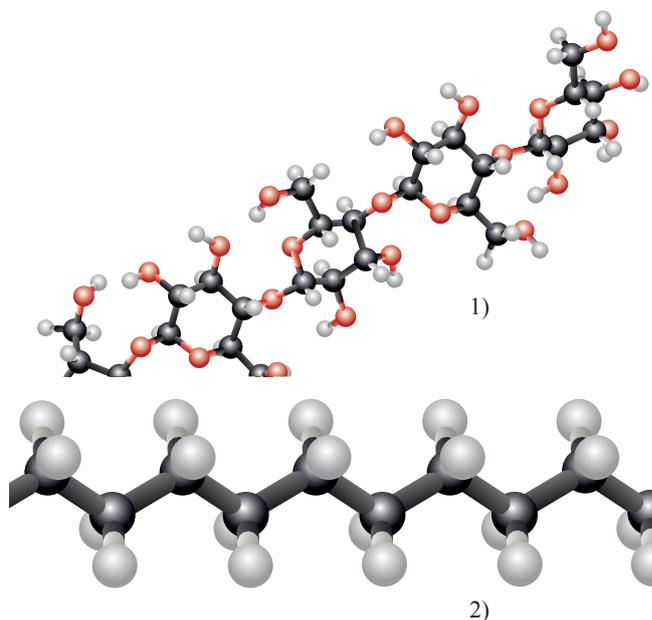


Рис. 38. Модели фрагментов молекул высокомолекулярных веществ: 1 — целлюлозы; 2 — полиэтилена

Размеры и масса молекул двух других веществ — целлюлозы  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$  и полиэтилена  $(\text{C}_2\text{H}_4)_n$  (рис. 38) — чрезвычайно велики. Эти вещества принадлежат к особой, очень важной группе веществ, называемой **высокомолекулярными соединениями (ВМС)**, или **полимерами** (от греч. *πολύ* — много и *μέρος* — часть).

Вокруг нас достаточно много полимеров как природного, так и синтетического происхождения. Например, природными полимерами являются уже упоминаемая нами целлюлоза (рис. 38) и белок (рис. 39).

Приведем также несколько примеров синтетических полимеров и изделий из них. Поливинилхлорид (ПВХ) используют для изготовления оконных блоков, полиэтилентерефталат (ПЭТФ) — бутылок. Из полипропилена изготавливают трубы, из полиэтилена — различные предметы бытового назначения, тефлон служит антипригарным покрытием на сковородах (рис. 40).

Молекулы полимеров называют **макромолекулами** — от греческого слова *μάκρος*, что в переводе означает «большой». Макромолекулы представляют собой длинные цепочки, состоящие из большого

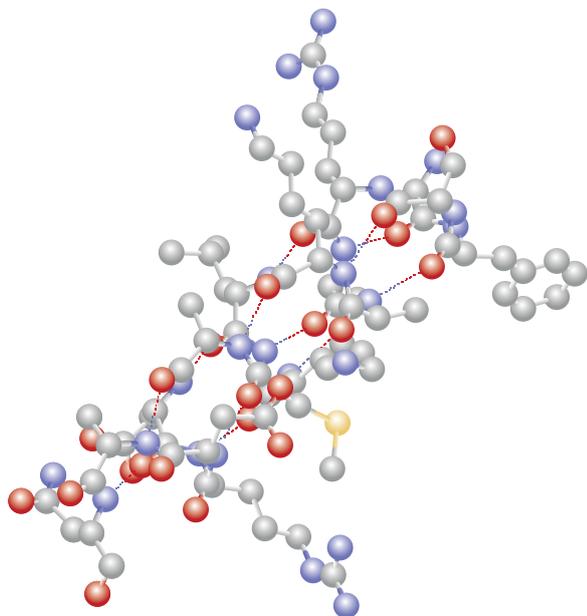


Рис. 39. Модель фрагмента молекулы белка

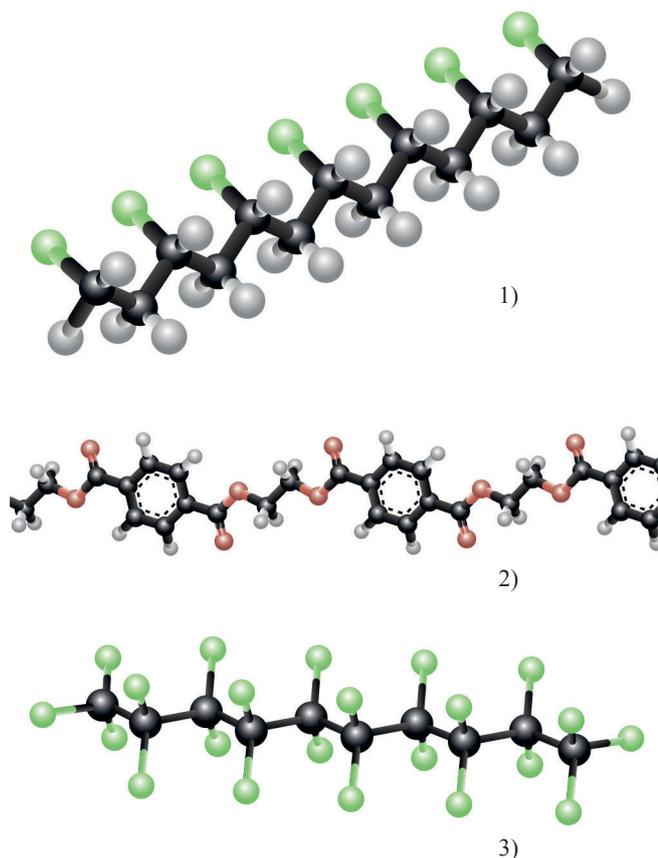


Рис. 40. Модели молекул синтетических полимеров:  
1 — поливинилхлорида (ПВХ), 2 — полиэтилентерефталата (ПЭТФ), 3 — тефлона

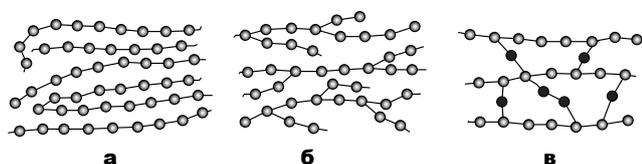


Рис. 41. Структура полимеров:  
а — линейная; б — разветвленная; в — сетчатая

количества повторяющихся групп атомов, называемых **структурными звеньями**.

*Полимеры могут обладать линейной, разветвленной или сетчатой структурой (рис. 41).*



Например, крахмал ( $C_6H_{10}O_5)_n$  (рис. 42) состоит из смеси цепочек двух типов: линейных (амилоза) и разветвленных (амилопектин), а резина (рис. 43) имеет сетчатую структуру.

Особенности строения полимеров обуславливают их уникальные свойства. Для полимеров характерны некоторые общие особые физические и механические свойства, которые отличают их от низкомолекулярных веществ. Например, полимеры не существуют в газообразном состоянии, так как их макромолекулы очень тяжелые. В отличие от низкомолекулярных веществ, для которых характерно определенное значение температуры плавления, полимеры при нагревании постепенно размягчаются и плавятся в довольно широком интервале температур. Это связано с тем, что макромолекулы полимеров содержат различное количество структурных звеньев в цепи.

Некоторые полимеры обладают высокой эластичностью, то есть восстанавливают форму даже после сильных деформаций. Это свойство особенно ярко выражено у каучуков и резин.

Многие полимеры имеют низкую растворимость, а те из них, цепи которых «сшиты» между собой и образуют сетку,

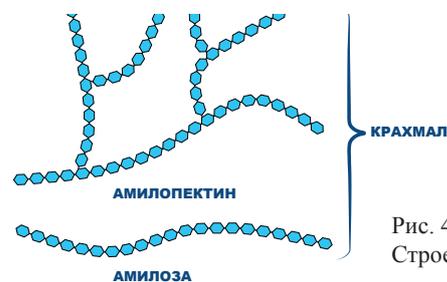


Рис. 42. Строение крахмала

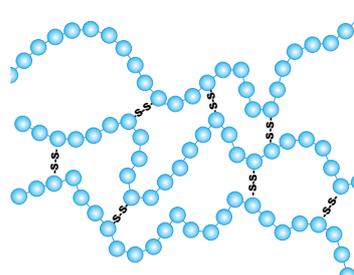


Рис. 43. Строение резины

вообще нерастворимы и лишь набухают за счет поглощения растворителя, например воды. Примером такого полимера может служить желатин, который используют для приготовления желе (от лат. *gelātus* — «замёрзший», «застывший»).

*Растворы полимеров обладают высокой вязкостью при малом содержании растворенного вещества. Вспомним крахмал: его достаточно добавить совсем немного, чтобы загустить соус или крем.*

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Высокомолекулярные соединения (полимеры)** — соединения с очень большой молекулярной массой, молекулы которых содержат повторяющиеся группировки атомов (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Макромолекулы** — молекулы полимеров (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Полимер** — вещество или материал из сложных молекул, состоящих из большого числа одинаковых или различных группировок атомов (подробнее: Большой энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Большая Российская энциклопедия; Санкт-Петербург : Норинт, 1997, 1999, 2001, 2004).

**Структурное звено** — повторяющаяся группа атомов в макромолекуле полимера (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Варламов С. Снежинки и ледяные узоры на стекле // Квант. 2002. № 5.
2. Губарев В., Яцишина Е. Поэзия и грани // В мире науки. 2013. № 11. С. 81–87.
3. Ковальчук М.В. Наука и жизнь: Моя конвергенция: Т. 1: Автобиографические наброски: Научно-популярные и концептуальные статьи. — М.: Академкнига, 2021.
4. Леенсон И.А. Тайная жизнь химических веществ. — М.: АСТ, 2017.
5. Савина Л. Занимательная химия. — М.: АСТ, 2017.
6. Стрельникова Л. Из чего все сделано? Рассказы о веществе. — М.: Яуза — Пресс, 2011.
7. Физика кристаллизации: К столетию Г.Г. Леммлейна (под ред. М.В. Ковальчука). — М.: Физматлит, 2002.

### Дополнительная:

1. Гордий И.В. Все о полимерах. Энциклопедия. — М.: Эксмо, 2020.
2. Иванов А.Б., Гордий И.В. Химические элементы. — М.: Аванта, 2020.

### Автор рекомендует:

Коваль Ю. Недопесок. — М.: Омега, 2024.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Опишите характерные общие свойства полимеров, которые отличают их от низкомолекулярных веществ.
2. Почему высокомолекулярные соединения, в отличие от низкомолекулярных, не имеют определенной температуры плавления?

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Таблица:** Опишите характерные общие свойства полимеров, которые отличают их от низкомолекулярных веществ.
2. **Эссе:** Порошок агар-агар — это низко- или высокомолекулярное соединение получаемое из водорослей?

## НАУЧНАЯ ЗАДАЧА

### *Использование полимеров для доставки лекарств в организме*

Наиболее труднодоступной для лечения областью человеческого организма является мозг. Между ним и кровеносной системой есть «перегородка» — гематоэнцефалический барьер (ГЭБ). Он осуществляет избирательное проникновение веществ в нервную ткань, тем самым снижая эффективность медикаментозного воздействия. Среди одной из стратегий преодоления ГЭБ является разработка наносомальных систем доставки — носителей на основе наночастиц полимеров. Они позволяют сначала определить клетки, в которые необходимо доставить лекарства, а после высвободить в них активные вещества. По представлениям ученых, новые системы транспортировки позволят повысить проницаемость мембран капилляров мозга и способствовать лучшему проникновению медикаментов.

### **Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?**

#### *Источники информации:*

1. В Курчатовском институте создали материал для 3D-печати биоразлагаемых имплантатов: Сайт Наука.Тасс, 7 окт. 2022. [https://nauka.tass.ru/nauka/15981983?utm\\_source=yandex.ru&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=yandex.ru&utm\\_referrer=yandex.ru](https://nauka.tass.ru/nauka/15981983?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru).
2. О. Семячкина-Глушковская / Открыть ворота гематоэнцефалического барьера // О. Семячкина-Глушковская // Наука и жизнь. — 2015. — № 7.
3. Сутягин В.М., Ляпков А.А. Учебное пособие. Физико-химические методы исследования полимеров. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. — 130 с.
4. Полимерные композиционные материалы: Структура, свойства технология: учебное пособие. — изд. перераб. / Под ред. Берлина А.А. — СПб: Изд-во Профессия, 2009. — 560 с.

## § 10. Аморфные и кристаллические материалы



**Бычков Никита Васильевич,**  
инженер-исследователь лаборатории  
полимерных материалов отдела  
нанобиоматериалов и структур  
Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»

*«Дерзайте, пробуйте что-то новое,  
не бойтесь рисковать и слушайте свой  
«внутренний компас»*

*Изучив материалы параграфа, вы узнаете,  
что такое аморфные и кристаллические  
вещества, какое строение они имеют и какими  
свойствами обладают.*

Вещества могут находиться в трех основных агрегатных состояниях: газообразном, жидком и твердом. Примерами газообразных веществ при обычных условиях являются кислород  $O_2$ , азот  $N_2$ , водород  $H_2$ ; жидких — вода  $H_2O$ , уксусная кислота  $CH_3COOH$ , этиловый спирт

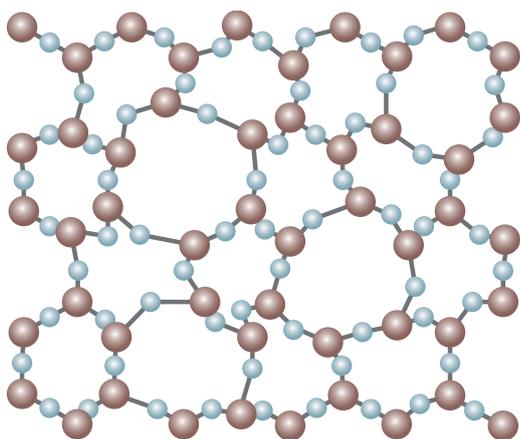


Рис. 44. Структура аморфных веществ

$C_2H_5OH$ , ацетон  $C_3H_6O$ ; твердых — поваренная соль  $NaCl$ , металлы, сера  $S$ , фосфор  $P$ .

По внутреннему строению твердые материалы можно разделить на **аморфные** и **кристаллические**. В переводе с греческого «аморфный» (*ἄμορφος*) означает «бесформенный». Это название отражает внутреннее строение таких материалов — частицы в них расположены неупорядоченно (рис. 44). Аморфные материалы не имеют точной температуры плавления, при нагревании они размягчаются, плавятся и постепенно переходят в жидкое состояние. Примерами аморфных материалов являются стекло и смолы, например, янтарь.

В материалах с кристаллической структурой частицы строго упорядочены друг относительно друга (рис. 45). Для кристаллических материалов, в отличие от аморфных, характерна строго определенная температура плавления.

Примерами веществ с кристаллической структурой в твердом состоянии являются вода  $H_2O$  (лед), алмаз  $C$ , поваренная соль  $NaCl$ , медь  $Cu$ .

*Расположение частиц твердого кристаллического вещества в пространстве отражает так называемая кристаллическая решетка. Примеры кристаллических решеток алмаза и меди приведены на рис. 46.*



Некоторые физические свойства кристаллов (например, упругость, теплопроводность, электропроводность и др.) зависят

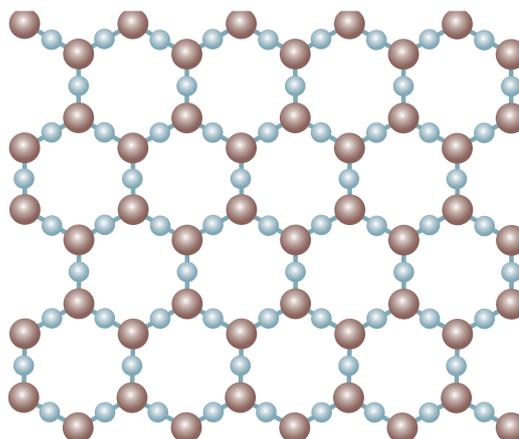


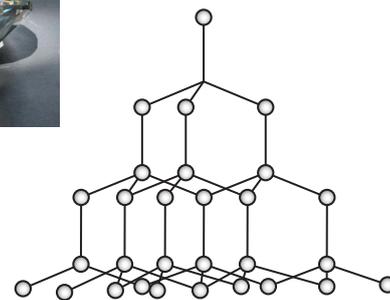
Рис. 45. Структура кристаллических веществ

от геометрического направления. Такое явление называется **анизотропией**. Аморфные вещества из-за отсутствия строго упорядоченной структуры имеют одинаковые по всем направлениям свойства. В этом случае говорят, что вещества **изотропны**.

*Веществ с кристаллическим строением значительно больше, чем с аморфным. Некоторые вещества могут находиться как в кристаллическом, так и в аморфном состоянии, и переходить из одного состояния в другое. В аморфном состоянии многие вещества можно получить, если быстро охлаждать их расплав. Так, медленное охлаждение расплавленной серы приведет к образованию одной из ее кристаллических форм. Если же расплавленную серу резко охладить (например, вылить тонкой струйкой в холодную воду), то получится так называемая пластическая сера с аморфной структурой. Однако через некоторое время пластическая сера превратится в кристаллическую — порошок желтого цвета.*



1)



2)

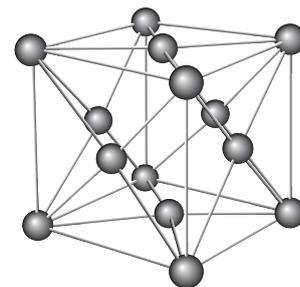


Рис. 46. Кристаллические вещества и их кристаллические решетки: 1 — алмаз **C**; 2 — медь **Cu**

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Аморфные вещества** — твердые вещества с низкой упорядоченностью расположения составляющих их атомов и молекул (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Анизотропия** — неодинаковость физических свойств по разным направлениям (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Изотропия** — одинаковость физических свойств по всем направлениям (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Кристаллические вещества** — твердые вещества со строго упорядоченным внутренним расположением составляющих их атомов и молекул (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Волинский А.Л. Можно ли размягчить жесткий полимер? // Природа. 2017. № 2. С.11.
2. Леенсон И.А. Химия в технологиях индустриального общества. — ИД Интеллект, 2011.
3. Леенсон И.А. Тайная жизнь химических веществ. — М.: АСТ, 2017.
4. Савина Л. Занимательная химия. — М.: АСТ, 2017.
5. Стрельникова Л. Из чего все сделано? Рассказы о веществе. — М.: Яуза-Пресс, 2011.

### Дополнительная:

1. Мануйлов А.В., Родионов В.И. Основы химии для детей и взрослых. — М.: Центрполиграф, 2021.
2. Черникова Е.В. Макромолекулярный дизайн // Природа. 2013. № 8. С.3.
3. Лескова Н. Учимся у природы // В мире науки. 2016. № 5 — 6. С.118–121.

4. Левицкий М. Увлекательная химия. Просто о сложном, забавно о серьезном. — М. Астрель, 2008.

*Автор рекомендует:*

Гибсон У. Джонни-мнемоник. — М.: АСТ, 2006.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Охарактеризуйте взаимное расположение частиц в воде, находящейся в газообразном, жидком и твердом состоянии.
2. Объясните, что в переводе означает слово «аморфный».
3. В чем заключается главное отличие аморфных веществ от кристаллических?
4. Поясните, почему аморфные вещества, в отличие от кристаллических, не имеют определенной температуры плавления.
5. Как вы думаете, почему свойства аморфных веществ, в отличие от кристаллических, одинаковы по всем направлениям?

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Таблица:** Предложите и опишите методы, с помощью которых можно определить, является ли вещество кристаллическим или аморфным.
2. **Эссе:** В ходе исследования многовекового здания удалось установить, что толщина нижней части стекла, расположенного в оконной раме, оказалась толще верхней части почти в два раза. Подумайте, почему так могло произойти, и обоснуйте свое предположение.

## НАУЧНАЯ ЗАДАЧА

*Разработка способов применения аморфных веществ в различных сферах деятельности человека*

Аморфных веществ намного меньше, чем веществ с кристаллической решеткой, но они имеют широкое применение в различных областях деятельности человека. Например, аморфный селен **Se** входит в состав фотоэлектрических элементов цифровых камер для преобразования световых волн в электричество; аморфный кремний **Si** — в солнечных батареях, светодиодах; а аморфную целлюлозу мы встречаем в бумаге и картоне.

К задачам ученых в направлении усовершенствования технологий, использующих аморфные вещества можно отнести изучение эффективности и долговечности солнечных панелей. Они состоят из тончайших слоев кремния **Si** на стекле, пластике или металле, который быстро выгорает под действием Солнца. В медицине ведутся разработки биоразлагаемых имплантатов, которые постепенно растворяются после выполнения своей функции; аморфный углерод **C** используется для стимулирования остеогенеза на различных биоматериалах, что позволит совершенствовать процесс восстановления костей с помощью имплантатов.

Ученые НИЦ «Курчатовский институт» — ПИЯФ работают над интересной проблемой: изучают динамические особенности аморфных магнитных материалов. Эти материалы обладают структурным беспорядком, однако, магнитно упорядочены, и поэтому меняют магнитные свойства.

**Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?**

*Источники информации:*

1. Ученые Курчатовского института и РХТУ нашли способ с помощью фемтосекундных световых импульсов соединять кристаллы для твердотельных лазеров. Сайт Атомная энергия 2.0, 22 декабря 2021. <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/12/22/120498>.
2. Лабунский А. Аморфный кремний — удачный материал для инженерных фантазий / А. Лабунский // Наука и жизнь. — 20243. — № 8.
2. Твердохлебов С.И. Имплант сделал свое дело, имплант может уходить / С.И. Твердохлебов // В мире науки. — 2017. — № 7.
3. Schubert MB, Merz R. Flexible solar cells and modules. *Phil. Mag.*, 2009, 89:2623-2644.

## Самое важное в главе 2



Все вещества можно разделить на неорганические и органические. В состав всех органических веществ обязательно входит химический элемент углерод. Примерами неорганических веществ являются вода, поваренная соль, гашеная известь, соляная кислота; органических — сахар, крахмал, уксусная кислота, жиры, белки. Органических веществ значительно больше, чем неорганических.



Существуют низко- и высокомолекулярные соединения. Размеры и масса молекул высокомолекулярных веществ, называемых также полимерами, чрезвычайно велики, у низкомолекулярных — относительно небольшие. Полимеры бывают природного и синтетического происхождения. Примеры природных полимеров — белок, целлюлоза, крахмал, синтетических — полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид.



Молекулы полимеров — макромолекулы — представляют собой длинные цепочки, состоящие из большого количества повторяющихся групп атомов — структурных звеньев. Строение полимеров обуславливает их характерные свойства: отсутствие определенной температуры плавления, эластичность, плохую растворимость в воде, высокую вязкость растворов. Полимеры как природного, так и синтетического происхождения широко применяют для изготовления изделий самого различного назначения.



По внутреннему строению твердые вещества можно разделить на кристаллические и аморфные. Для кристаллических веществ, в отличие от аморфных, характерно строго упорядоченное расположение частиц, поэтому кристаллические вещества имеют определенную температуру плавления, а аморфные при нагревании плавятся в некотором температурном интервале. Примерами веществ с кристаллическим строением являются алмаз, поваренная соль, медь; с аморфной структурой — стекло и янтарь.

## ГЛАВА 3. МОЗГ

В главе «Мозг» вы познакомитесь с устройством нервной системы, органов чувств, мозга и нервных клеток человека, а также узнаете, какие функции они выполняют, как происходит передача информации от органов чувств к мозгу, каким образом мы можем воспринимать мир вокруг нас и взаимодействовать с ним.

Вам станет известно об электрической активности мозга, видах памяти и особенностях ее формирования, безусловных и условных рефлексах. Вы узнаете об отражении в поведении и взгляде мыслительных процессов, происходящих в голове человека.



### § 11. Нервная система. Органы чувств



**Субач Федор Васильевич,**  
старший научный сотрудник лаборатории  
молекулярного конструирования  
Центра геномных исследований  
«Курчатовский геномный центр»  
Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»,  
кандидат химических наук  
*«Знание того, как работает мозг,  
поможет вам лучше осознать самих себя»*

*Изучив материалы параграфа, вы узнаете о том, как устроена нервная система человека и как информация из окружающего мира воспринимается человеком с помощью органов чувств.*

Нервная система охватывает все тело человека. Она контролирует слаженную работу всего организма и обеспечивает его

ежемоментную реакцию на разнообразные внешние воздействия. Она подразделяется на два основных отдела — центральную и периферическую нервную системы (рис. 47).

**Центральная нервная система (ЦНС)** включает в себя головной мозг, защищенный черепом, и спинной мозг, расположенный внутри позвоночника. Благодаря ЦНС мы думаем, чувствуем и двигаемся. Она отвечает за все — от дыхания и сердцебиения до осязания и вкуса. ЦНС координирует наши движения и помогает нам реагировать на стимулы окружающей среды.

Обмен информацией между центральной нервной системой, телом и органами чувств обеспечивает **периферическая нервная система (ПНС)**, которая представляет собой разветвленную сеть нервов, пронизывающую все органы и ткани тела человека.

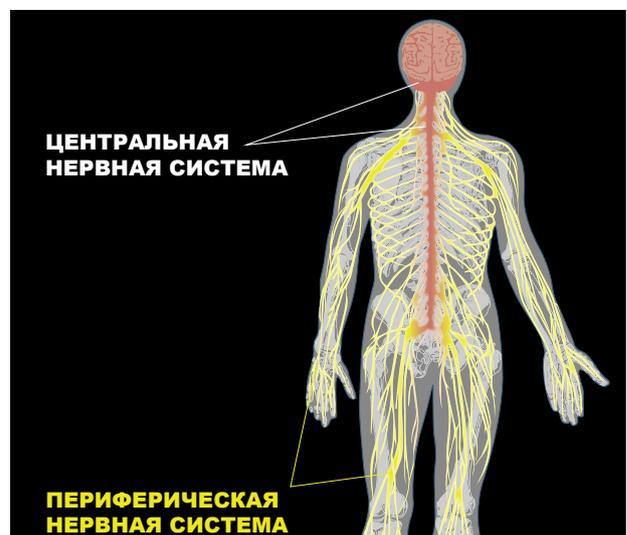


Рис. 47. Нервная система человека

## ПЕРИФЕРИЧЕСКУЮ НЕРВНУЮ СИСТЕМУ ДЕЛЯТ НА СОМАТИЧЕСКУЮ И ВЕГЕТАТИВНУЮ

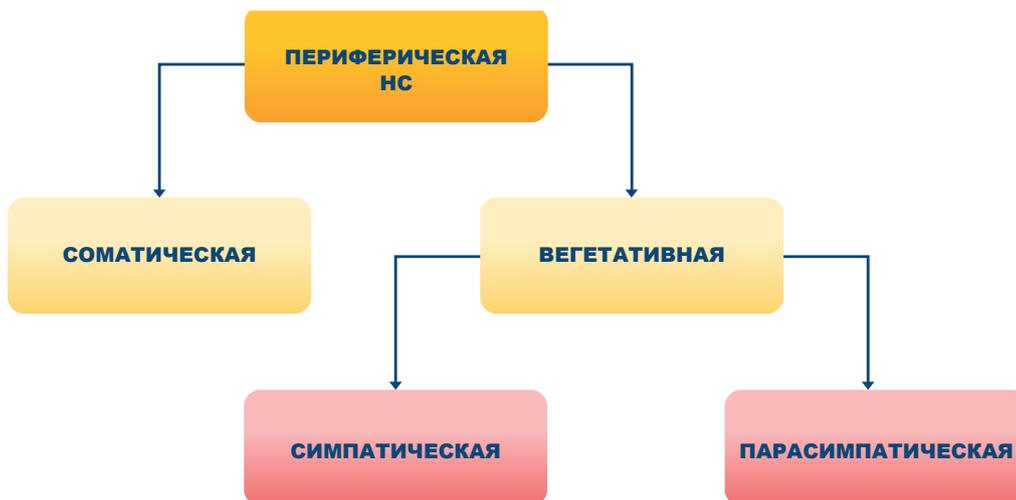


Рис. 48. Периферическая нервная система

Периферическая нервная система в свою очередь делится на *соматическую* и *автономную*, или *вегетативную* (рис. 48).

Соматическая нервная система отвечает за координацию движений тела, а также за получение внешних сигналов. Она контролируется нашим сознанием. Например, по своему желанию мы можем поднять руку, нагнуться, перевести взгляд и т. п.

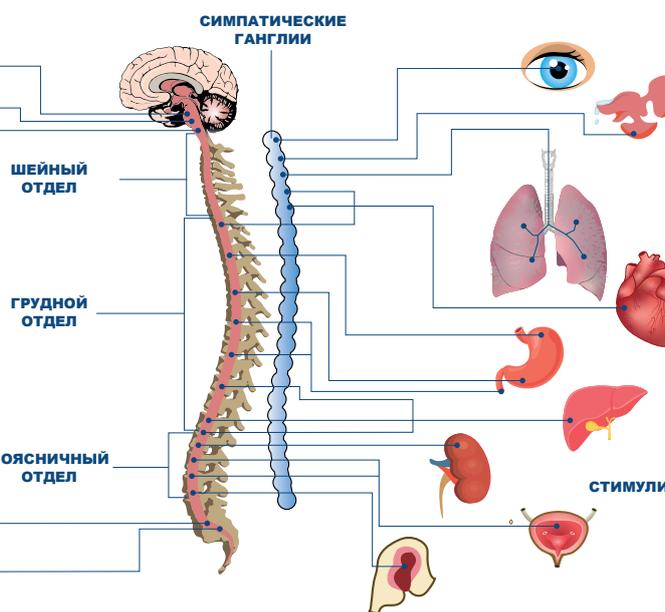
Работой вегетативной нервной системы мы волевыми усилиями управлять не можем, она отвечает за деятельность внутренних органов. Например, мы не можем по своему желанию изменить кровяное давление, температуру тела, регулировать работу желудка и т. д.

Вегетативную нервную систему делят на симпатическую и парасимпатическую (рис. 49). Их действие противоположно. Каждый орган в теле человека управляется двумя вегетативными нервами. Симпатические нервы, как правило, активизируют работу органов, а парасимпатические — тормозят их. Они действуют постоянно и одновременно, однако в каждый определенный момент времени может преобладать влияние как симпатической, так и парасимпатической системы, это зависит от условий, в которых находится организм (рис. 49).

Нервная система работает как единое целое с органами чувств, таким образом осуществляя

### ПАРАСИМПАТИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ

- СУЖАЕТ ЗРАЧОК
- СТИМУЛИРУЕТ СЛЮНООТДЕЛЕНИЕ
- ЗАМЕДЛЯЕТ СЕРДЦЕБИЕНИЕ
- СУЖАЕТ БРОНХИ
- СТИМУЛИРУЕТ ПИЩЕВАРЕНИЕ
- СТИМУЛИРУЕТ ЖЕЛЧНЫЙ ПУЗЫРЬ
- СОКРАЩАЕТ МОЧЕВОЙ ПУЗЫРЬ
- РАССЛАБЛЯЕТ ПРЯМУЮ КИШКУ



### СИМПАТИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ

- РАСШИРЯЕТ ЗРАЧОК
- УМЕНЬШАЕТ ОТДЕЛЕНИЕ СЛЮНЫ
- РАССЛАБЛЯЕТ БРОНХИ
- УВЕЛИЧИВАЕТ ЧАСТОТУ СОКРАЩЕНИЙ СЕРДЦА
- ЗАМЕДЛЯЕТ ПИЩЕВАРЕНИЕ
- СТИМУЛИРУЕТ ВЫДЕЛЕНИЕ ГЛЮКОЗЫ ПЕЧЕНЬЮ
- СТИМУЛИРУЕТ ВЫДЕЛЕНИЕ АДРЕНАЛИНА
- РАССЛАБЛЯЕТ МОЧЕВОЙ ПУЗЫРЬ
- СОКРАЩАЕТ ПРЯМУЮ КИШКУ

Рис. 49. Вегетативная нервная система

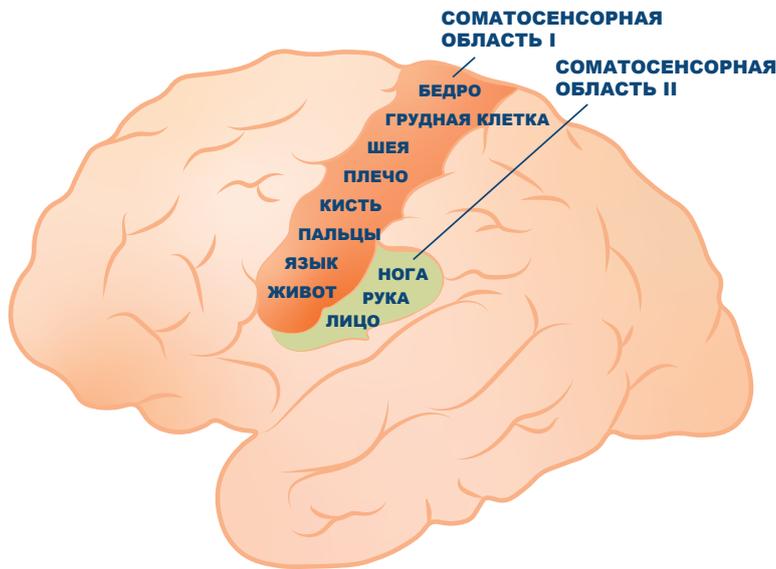


Рис. 50. Зоны головного мозга

связь организма с окружающей средой. Благодаря этому мы можем приспосабливаться к различным внешним условиям и внутренним состояниям организма или даже изменять их. Головной мозг ЦНС отвечает за обработку информации об окружающем мире, поступающей от ПНС (рис. 50). Спинальный мозг ЦНС выполняет функции связующего элемента между головным мозгом и ПНС.

*Сенсорная информация от разных участков тела с помощью ПНС через спинной мозг передается в головной мозг для обработки, в результате которой поступает управляющая команда в обратной последовательности через спинной мозг и ПНС к соответствующим участкам тела (рис. 51).*



Благодаря органам чувств мы воспринимаем окружающий мир. Назовем основные из них.

Глаза — органы зрения, позволяющие воспринимать свет и создавать образы.

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Автономная (вегетативная) нервная система** — часть периферической нервной системы, которая обеспечивает бессознательное управление внутренними органами (подробнее: Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М. С. Гиляров. — М.: Сов. Энцикл., 1986).

**Органы чувств** — органы, с помощью которых человек получает и распознает информацию из окружающего мира (подробнее: Большая советская энциклопедия. — М.: Сов. энцикл., 1969–1978).

**Периферическая нервная система** — часть нервной системы, которая состоит из разветвленной сети нервов (подробнее: Психомоторика: словарь-справочник. — М.: ВЛАДОС, 2008).

Уши — органы слуха, позволяющие воспринимать звуки.

Нос — орган обоняния, благодаря ему мы воспринимаем запахи и можем дополнить вкус пищи.

Язык — это орган вкуса. Благодаря ему мы различаем горький, сладкий, соленый или кислый вкус, а также особый, относительно недавно выделенный вкус «умами» — ощущение особых веществ (солей глутамата), усиливающих другие виды вкуса.

Кожа — орган осязания. Благодаря коже мы воспринимаем тактильные ощущения: боль, температуру, давление и прикосновения.

*Также есть и орган мышечного чувства, позволяющий определять положение частей тела. Особый орган чувств — вестибулярный аппарат — это орган, отвечающий за равновесие частей тела и всего организма человека в пространстве.*

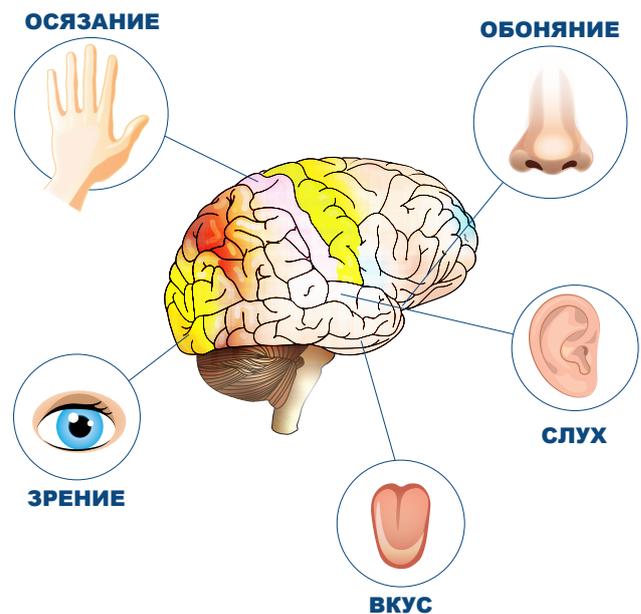


Рис. 51. Пять основных органов чувств человека

**Соматическая нервная система** — отдел периферической нервной системы, отвечающий за движения тела, контролируемые волей человека (подробнее: Большая советская энциклопедия. — М.: Сов. энцикл., 1969–1978).

**Центральная нервная система** — часть нервной системы, включающая в себя головной мозг, защищенный черепом, и спинной мозг, расположенный в позвоночнике (подробнее: Большая российская энциклопедия: [в 35 т.] / гл. ред. Ю.С. Осипов. — М.: Большая российская энциклопедия, 2004–2017.).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Беленицкая О. Мыслящая гиперсеть // В мире науки. № 5–6. 2021.
2. Ковальчук М.В., Нарайкин О.С., Яцишина Е.Б. Конвергенция наук и технологий — новый этап научно-технического развития // Вопросы философии. 2013. №3. С. 3–11.
3. Ван Омберген А. В моей голове. Как устроен мозг и зачем он нам нужен. — М.: МИФ, 2019.

### Дополнительная:

1. Иллюстрированный справочник. Человеческое тело. Органы чувств человека. — М.: АСТ, 2009 г.
2. Сет А. Мозг за 30 секунд. — М.: Рипол-классик, 2013.

### Автор рекомендует:

Дик Ф. Мечтают ли андроиды об электроовцах? — М.: Эксмо, 2024.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Назовите отделы нервной системы человека.
2. Какие органы входят в состав центральной нервной системы? Какие функции они выполняют?
3. Как устроена периферическая нервная система человека? Каковы ее функции?
4. Перечислите и охарактеризуйте органы чувств человека.

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Таблица:** Составьте таблицу, перечислив в ней профессии, в которых применяются (в большей степени) следующие органы чувств: глаз, уши, нос, язык, кожа.
2. **Таблица:** Какие органы чувств вам помогают оценить качество кулинарного блюда (имейте в виду, что при еде ощущения не сводятся только к вкусовым).

## НАУЧНАЯ ЗАДАЧА

### Развитие технологий создания бионических протезов

Создание таких устройств началось в далеком 1956 году в СССР под руководством Якова Славущкого. Сегодня протезами можно управлять с помощью мышц человека через нервные окончания или взаимодействовать с чипами, вживленными в мозг. Однако в разнообразии и скорости движений они сильно уступают здоровой конечности. Другая важная задача — обеспечить тонкую манипуляцию с предметом, исходя из информации, например, о его температуре, строении и текстуре.

Ученые НИЦ «Курчатовский институт» и Казанского федерального университета разработали самообучающуюся систему для протезирования спинного мозга. Протезы, которые будут созданы на ее основе, смогут заменить поврежденные участки спинного мозга и вернуть парализованным людям возможность двигаться.

### Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?

#### Источники информации:

1. Субач О.М., Власкина А.В., Агапова Ю.К. и др. Сине-красный TagFT, mTagFT, mTsFT и зелено-красный mNeptusFT2 белки, генетически кодируемые истинные и тандемные флуоресцентные таймеры // International Journal of Molecular Sciences, 2023.
2. А. Юдина / Поврежденные клетки мозга взрослого восстанавливаются, возвращаясь к началу // А. Юдина // Научная Россия. — 2020. — URL: <https://scientificrussia.ru/articles/>

povrezhdennye-kletki-mozga-vzroslogo-vosstanavlivayutsya-vozvrashchayas-k-nachalu  
(дата обращения: 05.08.2024).

3. Кравченко С.В. Когнитивное нейропротезирование — путь от эксперимента к клиническому применению / С.В. Кравченко, А.Х. Каде, А.И. Трофименко, С.П. Вчерашнюк, В.В. Малышко // Инновационная медицина Кубани, 2021. — Вып. 3. — С. 64–72.
4. Морозов А.М., Кадыков В.А., Любский И.В., Аскеров Э.М., Пахомов М.А., Городничев К.И., Пельтихина О.В., Хорак К.И. Биопротезирование. История и современность // Современные проблемы науки и образования. — 2019. — № 4. ; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=28969> (дата обращения: 05.08.2024).

## § 12. Структура и функции человеческого мозга



**Субач Федор Васильевич,**

старший научный сотрудник лаборатории молекулярного конструирования Центра геномных исследований «Курчатовский геномный центр» Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий НИЦ «Курчатовский институт», кандидат химических наук

*«Мозг имеет сложную структуру и выполняет огромное количество функций, которые определяют самого человека и его личность. Изучать мозг человека — это увлекательно!»*

**Изучив материалы параграфа, вы узнаете о том, какое строение имеет человеческий мозг и какие функции выполняют его отдельные части.**

*Основная задача мозга — сохранение жизни человека с помощью реакции на различные факторы окружающей среды. Мозг постоянно получает информацию в виде сигналов из различных органов и участков тела. Мозг определяет, стоит ли внимания поступающая информация или нет.*

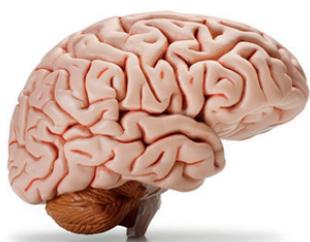


Рис. 52. Головной мозг человека

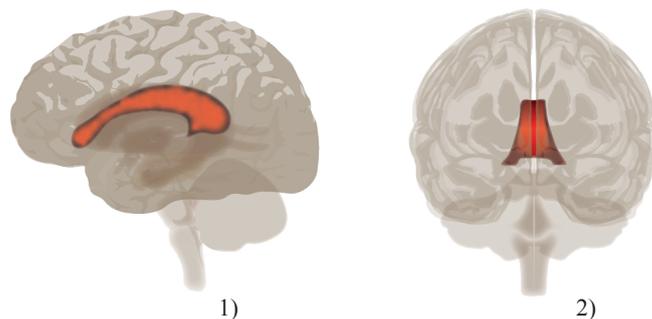


Рис. 53. Мозолистое тело: 1 — вид сбоку; 2 — вид сверху

Если поступающая информация не нужна, то она перестает восприниматься, и человек ничего не замечает. Но если информация новая или важная, то поступающие сигналы усиливаются и распространяются в разные области мозга. Это приводит к тому, что человек пытается осознать, что же происходит вокруг него или с ним. В случае необходимости мозг посылает сигналы мышцам, заставляя их сокращаться.

Чтобы лучше понять, как работает мозг, рассмотрим его строение и важнейшие свойства.

*Поверхность мозга имеет извилины, что позволяет увеличить ее площадь без значительного увеличения объема черепной коробки.*



В состав мозга входит около 200 миллиардов нервных клеток, называемых нейронами, а связей между нейронами еще больше.

Скорость передачи информации от нейрона к нейрону в разных участках мозга разная — от одного до ста метров в секунду. При выполнении только одной функции мозга требуется активация многих его областей одновременно.

Мозг имеет сложное строение и состоит из нескольких частей, выполняющих разные функции. Основная структура, занимающая три четверти объема всего мозга, выглядит в виде серой массы с извилинами и называется **большим мозгом** (рис. 52).

Большой мозг состоит из левого и правого полушарий, которые соединены между собой мозолистым телом, состоящим из нервных волокон (рис. 53).

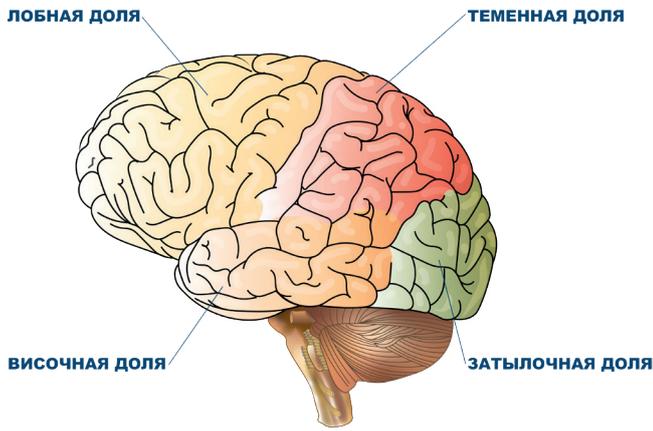


Рис. 54. Доли головного мозга

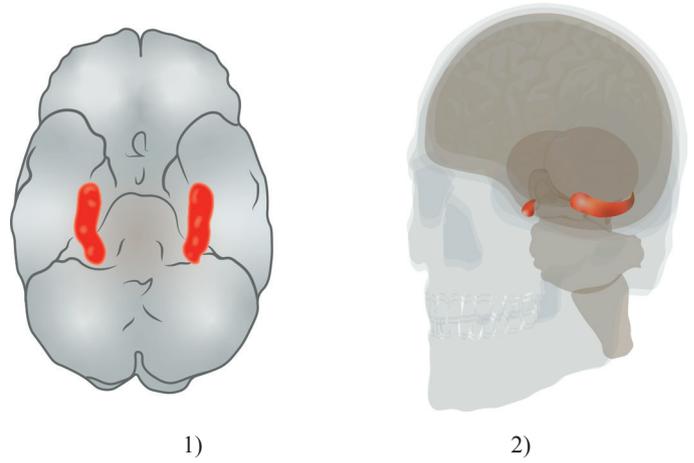


Рис. 56. Гиппокамп: 1 — вид сверху; 2 — вид сбоку

**ПОЧЕМУ?**

*Левое полушарие в большей мере ответственно за логическое мышление и управление правой половиной тела, а правое — за творческие способности и за левую половину тела.*

**Мозжечок**, или **малый мозг**, расположен в затылочной части головы в основании черепа между корой и стволом мозга. По форме он напоминает большой мозг, но его извилины более тонкие и расположены регулярно, параллельно друг другу. Мозжечок координирует движения тела, контролируя сокращение мышц, поддерживает баланс, осанку и равновесие (рис. 55).

Две структуры рядом с центром мозга на уровне глаз, похожие на морских коньков, называются левым и правым **гиппокампами** (рис. 56).

Гиппокампы ответственны за формирование долговременной памяти и ориентацию в пространстве, выполняя функцию навигатора. Память разделяется на два типа: кратковременную (до нескольких секунд-минут) и долговременную (воспоминания хранятся в течение нескольких лет или на протяжении всей жизни).

В самом центре головы в основании черепа находится **ствол мозга** (рис. 57).

Верхняя часть ствола мозга расположена под таламусом (часть промежуточного мозга) чуть ниже уровня глаз, а его нижняя часть (продолговатый мозг) в основании черепа соединяется со спинным мозгом. Повреждение ствола мозга часто приводит к коме, в которой человек иногда может осознавать окружение, видит и слышит, но не может двигаться и шевелить частями тела. Иногда в таком состоянии человек способен двигать глазами,

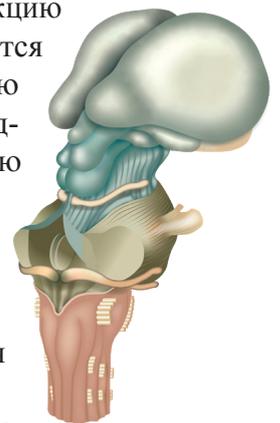


Рис. 57. Ствол мозга

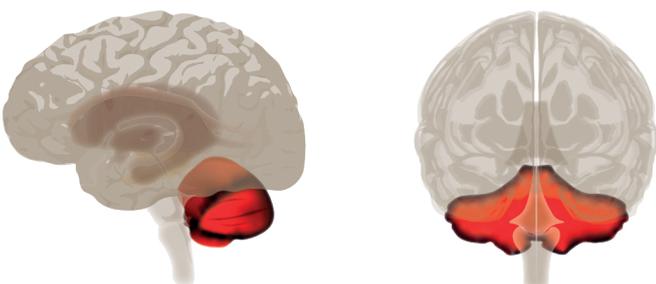


Рис. 55. Мозжечок

позволяя наладить общение с помощью движений глаз.

*Ствол головного мозга контролирует движение, пищеварение, дыхание, кровяное*

*давление, рвоту, чихание, глотание и кашель и поддерживает жизнь человека даже если он находится в бессознательном состоянии.*

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Большой мозг** — основная структура, занимающая три четверти всего мозга (подробнее: Энциклопедический словарь медицинских терминов. — М.: Сов. энцикл., 1982–1984).

**Гиппокампы** — две структуры мозга, расположенные рядом с центром мозга (подробнее: Энциклопедический словарь медицинских терминов. — М.: Сов. энцикл., 1982–1984).

**Кора головного мозга** — внешний слой мозга (подробнее: Энциклопедический словарь медицинских терминов. — М.: Сов. энцикл., 1982–1984).

**Мозжечок**, или **малый мозг** — часть мозга, расположенная в затылочной части головы (подробнее: Энциклопедический словарь медицинских терминов. — М.: Сов. энцикл., 1982–1984).

**Ствол головного мозга** — часть мозга, находящаяся в его нижней части (подробнее: Энциклопедический словарь медицинских терминов. — М.: Сов. энцикл., 1982–1984).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Основная:**

1. Ковальчук М.В., Нарайкин О.С., Яцишина Е.Б. Конвергенция наук и технологий — новый этап научно-технического развития // Вопросы философии. 2013. №3. С. 3–11.
2. Хужина Я. Где живет наша память? // В мире науки. № 10. 2021.
3. Вулкотт Т. Мозг. — М.: МИФ, 2022.

**Дополнительная:**

1. Кобб М. Мозг: биография. Извилистый путь к пониманию того, как работает наш разум, где хранится память и формируются мысли. — М.: Бомбора, 2022.
2. Цехмистренко Т.А., Козлов В.И. Анатомия нервной системы. Учебное пособие для студентов. — М.: Лаборатория знаний, 2022.

**Автор рекомендует:**

Шекли Р. Обмен разумов: Рассказы. — М.: Азбука, 2014.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какие свойства мозга обеспечивают быструю обработку информации в небольшом объеме?
2. Кора головного мозга имеет извилистую форму. Как вы считаете, зачем человеческому мозгу необходимы такие складки?

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Выступление:** Были проведены исследования, в которых группе таксистов предложили не пользоваться навигатором, а запомнить карту города и ездить по памяти. Расскажите, какая часть мозга увеличилась в объеме у таксистов, запомнивших карту города?
2. **Таблица:** Опишите функции, которые выполняют: большой мозг, кора, мозжечок, гиппокампы и ствол мозга.

## НАУЧНАЯ ЗАДАЧА

**Развитие нейроморфных вычислений**

Развитие техники ставит перед учеными задачу создания суперкомпьютеров, проводящих нейроморфные вычисления (то есть вычисления, основанные на структуре и функционировании человеческого мозга). Это совокупность большого числа высокопроизводительных серверов, связанных в единую сеть и имитирующих строение и деятельность человеческого мозга. Разработка таких вычислительных систем позволит усовершенствовать существующие системы искусственного интеллекта, перейти на новый виток в развитии нейронауки и лечении

заболеваний мозга. Ученые НИЦ «Курчатовский институт» создали прототип процессора, использующего нейроморфные вычисления. В дальнейшем планируется его работу организовать на искусственно созданных биологических материалах.

### **Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?**

#### ***Источники информации:***

1. Получен безопасный индикатор для наблюдения за активностью нейронов: Медиа-портал «Научная Россия», 25.06.2021 <http://nrcki.ru/product/media-portal-nauchnaya-rossiya/-44356.shtml>.
2. В. А. Демин // Еще один шаг на пути к искусственному интеллекту // В. Демин, М. В. Ковальчук // Научная Россия. — 2016. — URL: <https://scientificrussia.ru/articles/eshche-odin-shag-na-puti-k-iskusstvennomu-intellektu> (дата обращения: 05.08.2024).
3. Billaudelle S., Cramer B., Petrovici M. A., Schreiber K., Kappel D., Schemmel J., Meier K. Structural plasticity on an accelerated analog neuromorphic hardware system. Elsevier. Neural Networks (133), 2021. PP. 11–20.
4. Imam N., Cleland T. A. Rapid online learning and robust recall in a neuromorphic olfactory circuit // Nature Machine Intelligence. 2020. V. 2. PP. 181–191.

## § 13. Строение и функции нервных клеток



**Субач Федор Васильевич,**  
старший научный сотрудник лаборатории  
молекулярного конструирования  
Центра геномных исследований  
«Курчатовский геномный центр»  
Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»,  
кандидат химических наук

*«Мозг имеет сложную структуру  
и выполняет огромное количество функций,  
которые определяют самого человека  
и его личность. Изучать мозг человека —  
это увлекательно!»*

***Познакомившись с материалами параграфа,  
вы узнаете о том, какое строение имеют  
нервные клетки (нейроны) и какие функции  
они выполняют.***

Человеческий мозг состоит из нервных клеток, которые называются **нейронами**. В мозге человека их содержится примерно 80–90 млрд в среднем — 86 млрд.

Нейрон имеет уникальное строение — состоит из тела и отростков двух типов (рис. 58). Более тонкие многочисленные и разветвленные отростки называются **дендритами**; они получают нервные сигналы. Толстый отросток, как правило один, называется **аксоном**; он посылает сигналы другим нейронам.

*Отростки иногда покрыты так называемой миелиновой оболочкой, которая обеспечивает хорошую проводимость (скорость проведения сигнала до 100 м/с против 1 м/с без миелиновой оболочки) и изоляцию нервного импульса. Чем толще отросток, тем эффективнее происходит передача сигнала.*



Место контакта между двумя нейронами называется **синапсом**, осуществляющим передачу нервного импульса между клетками. Один нейрон в коре мозга человека может иметь несколько тысяч (в среднем 10 000) синапсов и получать сигналы от нескольких тысяч других нейронов. Скорость, продолжительность и величина такого электрического сигнала составляют, соответственно, 1–100 м/с, 0,001 с и 0,1 В.

Нейроны чаще всего не образуют между собой непрерывных контактов, а имеют зазор, называемый синаптической щелью. Он в 4 тысячи раз тоньше человеческого волоса (рис. 59). Из-за разрыва контакта между нейронами электрический сигнал не мог бы достигнуть другого нейрона.

Но это становится возможным благодаря выбросу из синаптических пузырьков в синаптическую щель веществ, называемых **нейромедиаторами**. Нейромедиаторы преобразуют электрический сигнал в химический, а потом обратно — в электрический. Передача сигнала происходит менее чем за 2 миллисекунды.

Бывают разные типы нейромедиаторов: одни из них способствуют передаче сигнала, а другие — замедляют или предотвращают ее. Таким образом, нейромедиаторы — это вещества, которые обеспечивают передачу или блокировку сигнала от нейрона к нейрону химическим способом.

По выполняемым функциям различают несколько типов нейронов. Рецепторные нейроны реагируют на различные воздействия — стимулы (от лат. **stimulus** — палка, которой

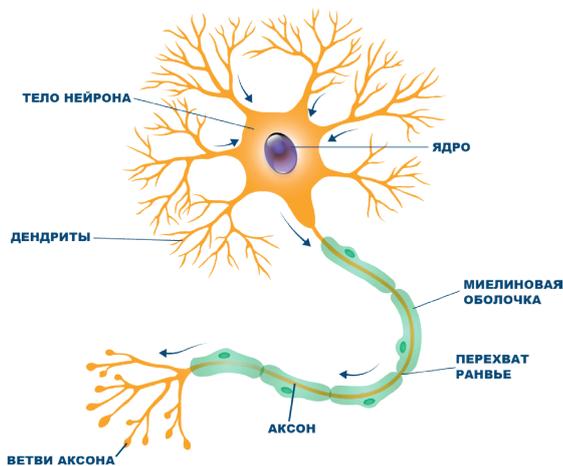


Рис. 58. Строение нейрона

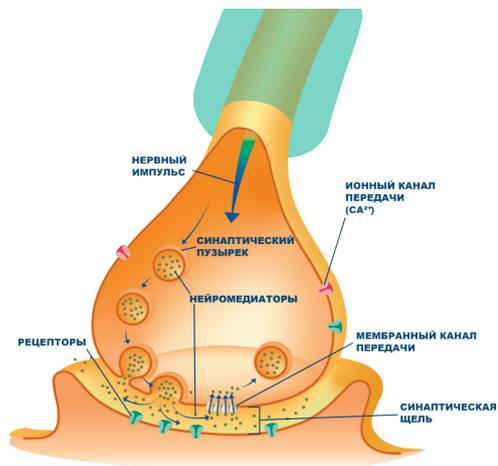


Рис. 59. Строение синапса

погоняли животных), такие как свет (в сетчатке глаза), звук (в ухе), давление и боль (в коже). Рецепторные нейроны преобразуют воздействия на них в сигнал, который передают сенсорным нейронам. Сенсорные нейроны через промежуточные (вставочные) нейроны затем передают сигнал в нейроны мозга.

*Нейроны мозга обрабатывают поступившую информацию, после чего посылают сигнал в мышцы, кожу или органы через моторные нейроны. Длина аксонов может достигать одного метра.*

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Аксон** — утолщенный отросток нейрона, который посылает сигналы другим нейронам (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Дендриты** — разветвленные отростки нейронов, которые получают нервные сигналы (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Нейромедиаторы** — вещества, которые обеспечивают передачу или блокировку сигнала от нейрона к нейрону химическим способом (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Нейрон** — нервная клетка, состоящая из тела и отходящих от него отростков относительно коротких дендритов и длинного аксона (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Омнимодальный** (омни- от лат. *omni* — «охватывающий всех», «распространяющийся на всё», модальный лат. *modus* — «мера», «способ») — способный одновременно охватывать всю предоставляемую разнородную информацию и анализировать ее. (подробнее: информационный портал «Облако» / М: при поддержке Минобрнауки России 2024).

**Омнимодальный искусственный интеллект** — искусственный интеллект, способный работать с различными формами информации — текстовой, визуальной, звуковой, а также взаимодействовать с физическими объектами и адаптироваться к новым условиям и форматам данных. Возможности омнимодальных систем искусственного интеллекта, по мнению ученых, позволят в будущем использовать их для создания роботов и автономных транспортных средств (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Синапсы** — области контакта нервных клеток (подробнее: Тырков А. Г. Биоорганическая химия: курс лекций. — Астрахань: ИД «Астраханский университет», 2009).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Основная:**

1. Буланов А. Движение разума: ученые улучшили поиск зеркальных нейронов // МИЦ «Известия». 9 января 2019 г. <http://nrcki.ru/>
2. Ковальчук М.В. Идеология нанотехнологий. Изд. 2-е, испр. и доп. — М.: Физматлит, 2011.

3. Получен безопасный индикатор для наблюдения за активностью нейронов // Пресс-центр НИЦ «Курчатовский институт». 25.06.2021. <http://nrcki.ru/>

#### **Дополнительная:**

1. Сварник О. Мозг за минуту. — М.: АСТ, 2017.
2. Сидоров А.В. Основы клеточной нейробиологии. — Минск: Белорусский государственный университет, 2020.
3. Получен самый яркий индикатор для наблюдения за активностью нейронов мозга // Пресс-центр НИЦ «Курчатовский институт». 22.06.2020.

#### **Автор рекомендует:**

Беляев А.Р. Голова профессора Доуэля. — М.: Эксмо, 2022.

### **ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ**

1. Как называются нервные клетки?
2. Опишите строение дендритов и аксона. Выделите отличия в их строении и функциях.
3. Что такое синапсы? Какую функцию они выполняют?

### **ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ**

1. **Выступление:** Почему электрический сигнал не может быть передан от одного нейрона к другому без участия нейромедиатора?
2. **Схема:** Охарактеризуйте нейроны по выполняемым ими функциям.

### **НАУЧНАЯ ЗАДАЧА**

#### **Создание омнимодального искусственного интеллекта**

Мы используем нейросети, когда берем в руки смартфон и ищем книги, музыку, изображения. Нейросети уже помогают распознавать рукописные записи, генерировать тексты и рисовать на их основе изображения; делать прогнозы в экономике и обучать беспилотные летательные аппараты; помогать врачам ставить диагнозы, а банкам проверять подозрительные действия с картами клиентов. Одной из актуальных задач является разработка омнимодального искусственного интеллекта (способного воспринимать уже не только звук речи, но и интонации, эмоции человека). А в отдаленной перспективе, как полагают ученые, он сможет читать и мысли человека. Создание омнимодального искусственного интеллекта требует глубоких знаний в области машинного облучения, обработки данных. НИЦ «Курчатовский институт» также ведет работы в области искусственного интеллекта.

#### **Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?**

#### **Источники информации:**

1. Лаборатория стволовых клеток мозга: мир новых нервных клеток у взрослых животных: Сайт Биомолекула, 28 августа 2016. <https://biomolecula.ru/articles/laboratoriia-stvolovykh-kletok-mozga-mir-novykh-nervnykh-kletok-u-vzroslykh-zhivotnykh>.
2. Шевелев И.А.: Нейроны-детекторы зрительной коры. — М.: Наука, 2010.
3. Дж. Г. Николлс, А.Р. Мартин, Валлас Б.Дж., Фукс П.А.; Пер. с 4-го англ. изд. под ред.: П.М. Балабанова, Р.А. Гиниатуллина: От нейрона к мозгу. — М.: Едиториал УРСС, 2003.
4. Шульговский В.В. Основы нейрофизиологии Учебное пособие. — М.: Аспект Пресс, 2000. — с. 277.

## § 14. Строение сенсорных систем



**Субач Оксана Михайловна**, старший научный сотрудник лаборатории молекулярного конструирования Центра геномных исследований «Курчатовский геномный центр» Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий НИЦ «Курчатовский институт», кандидат химических наук

*«Мозг — это самый малоизученный и загадочный орган в теле человека, который управляет всеми функциями в организме»*

**Изучив материалы параграфа, вы узнаете о строении органов чувств человека.**

Наш мозг контактирует с окружающей средой с помощью органов чувств, которые



Рис. 60. Основные органы чувств человека

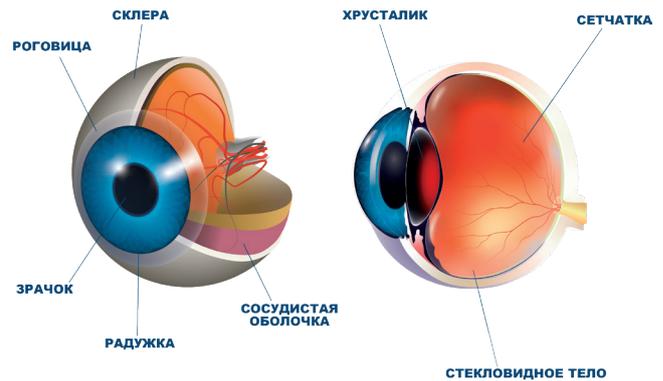


Рис. 61. Строение глаза человека

отвечают на различные стимулы, такие как, например, свет или звук. Для формирования полной картины окружающего мира человек использует разные органы чувств (рис. 60): глаза (зрение), уши (слух), нос (обоняние), язык (вкус), кожа (осязание), вестибулярный аппарат (равновесие). Эти органы составляют **сенсорную систему человека**, которая способна воспринимать внешнюю информацию, передавать ее в мозг и анализировать.

**Глаз** — орган, который обеспечивает зрение. Человеческий глаз — сложная система, которая служит для того, чтобы наиболее точно воспринять, первоначально обработать и передать значимую для выживания и развития человека информацию о видимом строении окружающего мира. Строение глаза человека показано на рис. 61.

Снаружи глаз покрыт роговицей, которая позволяет преломлять свет и защищает внутренние структуры глаза. Форму глазного яблока поддерживает склера. Окрашенная часть глаза, называемая радужкой, регулирует количество входящего света; изменяя свою ширину и таким образом меняя размер отверстия в центре радужки (зрачка) в зависимости от уровня освещения. Интересно, что радужная оболочка, как и отпечатки пальцев, уникальна для каждого человека. Вся полость глазного яблока заполняет стекловидное тело, напоминающее по внешнему виду расплавленное стекло. Отсюда и произошло его название — стекловидное тело. Роль линзы выполняет хрусталик, который меняет свою форму, чтобы фокусировать свет на сетчатке — тонком слое нервных клеток на задней части глаза.

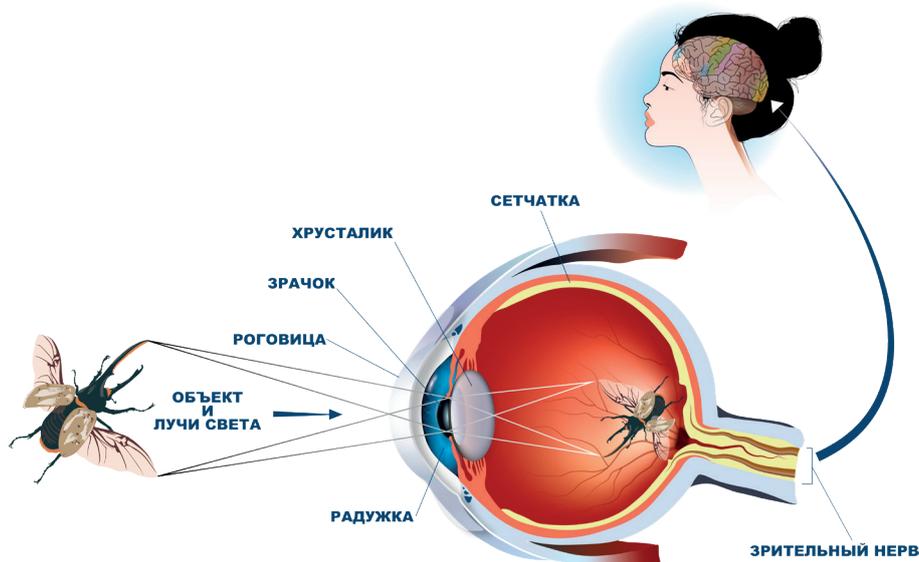


Рис. 62. Преобразование зрительной информации в мозге человека

*Изображение на сетчатке отображается вверх ногами, далее клетки сетчатки преобразуют его в электрические сигналы, которые по зрительному нерву передаются в определенную зону головного мозга.*



Затем эта информация обрабатывается мозгом, где складывается в общее изображение, отражающее цвет, форму, движение. С помощью глаз человек видит мир в перевернутом виде, но благодаря мозгу изображение переворачивается автоматически, и мы этого даже не замечаем. Трехмерную неперевернутую картинку мы воспринимаем за счет того, что из сетчатки глаз в мозг поступают две перевернутые картинку под разными углами (каждая от своего глаза), а мозг объединяет эти два изображения в одно трехмерное и переворачивает его (рис. 62).

**Ухо** — чувствительный орган, обеспечивающий слух. Слух — это способность воспринимать механические вибрации воздуха из окружающей среды — речь, музыку, шум. Слух обеспечивается слуховой сенсорной системой, которая включает наружное, среднее и внутреннее ухо (рис. 63). Среднее ухо соединено с носоглоткой с помощью слуховой (евстахиевой) трубы.

Наружное ухо представляет собой похожую на воронку ушную раковину и слуховой канал длиной около 2,5 см. Наружное ухо отделено от среднего уха барабанной перепонкой. Звук вызывает вибрацию барабанной перепонки, которая преобразуется в электрические сигналы, поступающие по слуховому нерву в мозг. В результате мы можем воспринимать смысл сказанного, а также направление (при участии сигналов от обеих ушей) и громкость звука.

**Нос** — орган обоняния, позволяющий ощущать и определять запахи веществ. Обоняние предупреждает нас, в первую очередь, об опасностях в нашем окружении. Чувство обоняния, как и чувство вкуса, относится к химическим органам чувств. Запахи — это молекулы различных химических веществ, находящихся в воздухе. Молекулы вдыхаемых веществ влияют на расположенные в полости носа рецепторы (особые нервные клетки, специфичные к разным веществам). Химический сигнал от молекул

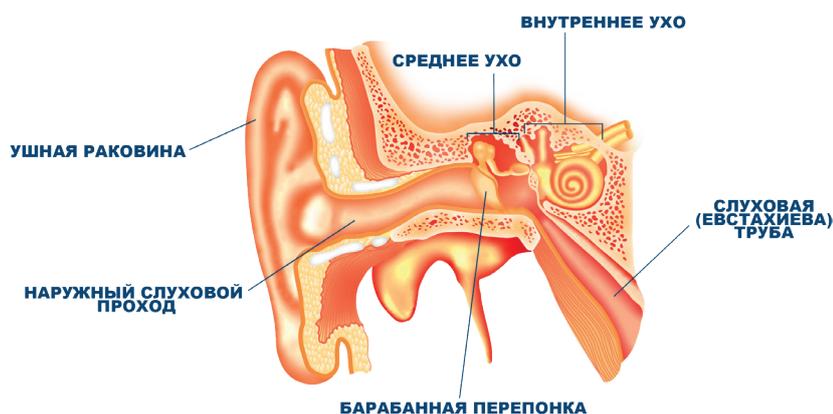


Рис. 63. Слуховая система человека

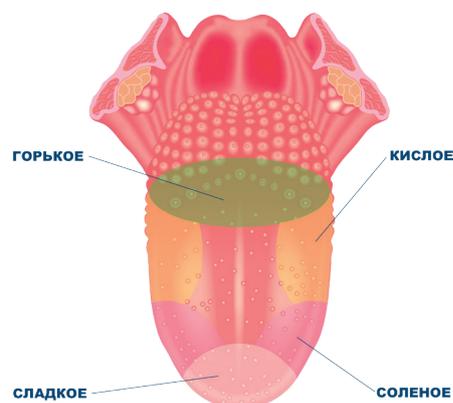


Рис. 64. Расположение зон языка, чувствительных к разным вкусам

преобразуется в нервные импульсы, которые направляются в обонятельную зону в височной доле мозга.

**Язык** — это орган вкуса. Как и обоняние, чувство вкуса, в первую очередь, необходимо для выживания, так как ядовитые вещества, как правило, имеют неприятный (обычно горький) вкус.

Язык — это самый гибкий мускульный орган тела. Он покрыт мелкими вкусовыми сосочками. Человек различает четыре основных вкуса: сладкий, кислый, соленый и горький. Также в самостоятельный вид вкуса иногда выделяют так называемый вкус умами — вкус солей глутаминовой кислоты, содержащихся в мясе и овощах. Вкус мы ощущаем всем языком, но чувствительность к горькому вкусу сильнее на задней части языка, к кислому и соленому — в середине языка, а сладкий вкус сильнее воспринимается кончиком языка (рис. 64). В рецепторных клетках языка химические сигналы преобразуются в электрические, которые направляются по нервам к вкусовым областям коры головного мозга.

**Кожа** — орган осязания. Кожа человека имеет толщину всего около двух миллиметров.

Существует 20 типов чувствительных клеток, которые отвечают на различные типы раздражителей, такие как давление, температура, боль. Когда чувствительная клетка активируется, она преобразует сигнал в электрические импульсы, которые посылаются через сеть нервов к спинному мозгу и затем к коре головного мозга, где сигнал окончательно обрабатывается.

**Вестибулярный аппарат** можно рассматривать как шестой орган чувств, хотя органом чувств он не является. Вестибулярный аппарат является частью внутреннего уха. Благодаря вестибулярному аппарату человек сохраняет равновесие и может ориентироваться в пространстве, чувствует положение и перемещение тела, изменение скорости движения, например, в лифте или автомобиле. У некоторых людей из-за сильных или длительных раздражений вестибулярного аппарата, например при передвижении в транспорте, может возникать синдром укачивания, называемый также «морской болезнью».

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Вестибулярный аппарат** — орган, позволяющий человеку сохранять равновесие и ориентироваться в пространстве (подробнее: Большая советская энциклопедия. — М.: Сов. энцикл., 1969–1978).

**Глаз** — орган зрения; обеспечивает способность воспринимать свет (подробнее: Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М. С. Гиляров. — М.: Сов. энцикл., 1986).

**Кожа** — орган осязания (подробнее: Иллюстрированный энциклопедический словарь (Малый) / под ред. В.И. Бородулина. — М.: Большая Рос. энцикл.: ОНИКС, 2000).

**Нос** — орган обоняния; обеспечивает способность ощущать и определять запахи веществ (подробнее: Иллюстрированный энциклопедический словарь (Малый) / под ред. В.И. Бородулина. — М.: Большая Рос. энцикл.: ОНИКС, 2000).

**Сенсорная система человека** — это часть его нервной системы, которая способна воспринимать внешнюю информацию, передавать ее в мозг и анализировать (подробнее: Большая советская энциклопедия. — М.: Сов. энцикл., 1969–1978).

**Ухо** — орган слуха; обеспечивает способность воспринимать механические вибрации из окружающей среды (подробнее: Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М. С. Гиляров. — М.: Сов. энцикл., 1986).

**Язык** — орган вкуса (подробнее: Иллюстрированный энциклопедический словарь (Малый) / под ред. В.И. Бородулина. — М.: Большая Рос. энцикл.: ОНИКС, 2000).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Основная:**

1. Дубынин В. Мозг и его потребности. От питания до признания. — М.: Альпина нон-фикшн, 2023.

2. Ковальчук М.В. От синтеза в науке — к конвергенции в образовании // Образовательная политика. 2010. № 11–12. С. 4–9.
3. Мартынов И. Мозг. Как он устроен и что с ним делать. — М.: АСТ, 2019.

**Дополнительная:**

1. Кульбах О.С., Заварзина Н. Ю. Сенсорные системы. Анатомия и физиология. — СПб.: Государственный педиатрический медуниверситет, 2019 г.
2. Скрынников А. «Мозг мы используем на 100%»: российский нейробиолог — о работе памяти и воспитании гениев // Russia Today. 22 ноября 2019 г. <http://nrcki.ru/>.

**Автор рекомендует:**

Крапивин В.П. Лето кончится не скоро. — М.: Лабиринт, 2022.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какую основную функцию выполняют органы чувств?
2. Опишите строение глаза человека.
3. Каким образом человек воспринимает запахи?
4. Какой чувствительный орган позволяет определять вкус? Какие виды вкуса считаются основными?
5. Назовите орган осязания и охарактеризуйте его.

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Схема:** Каким образом связаны слух и вестибулярный аппарат?
2. **Таблица:** Перечислите органы чувств человека и опишите функции, которые они выполняют.

## НАУЧНАЯ ЗАДАЧА

### *Изучение сенсорных систем человека для создания роботов-андроидов*

Стремление ученых разработать человекоподобных роботов приводит к необходимости изучения процессов, протекающих в сенсорной системе. Например, исследования зрительной системы направлены на определение процессов преобразования света человеческим глазом в нервные импульсы, формирования изображения на сетчатке и обработки этой информации мозгом. Новые данные помогут создавать андроидов, способных свободно ориентироваться в пространстве, распознавать объекты и выполнять сложные задачи. В НИЦ «Курчатовский институт» разрабатывают роботов — водителей, спасателей, помощников, а также роботов, подобных животным.

### **Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?**

#### **Источники информации:**

1. Субач О., Соцков В., Плюснин В. и др. Новый генетически кодированный положительный индикатор кальция NCaMP7 на основе флуоресцентного белка mNeonGreen. // International Journal of Molecular Sciences, 2020.
2. Под общ. ред. Я.А. Альтмана: Физиология сенсорных систем. — СПб.: Паритет, 2003.
3. Рязанцев С.В.: В мире запахов и звуков. — М.: ТЕРРА, 1997.
4. Расстройства обоняния человека как маркер нейродегенеративных заболеваний / Вознесенская А.Е., Ключникова М.А., Родионова Е.И., Вознесенская В.В. // Сенсорные системы — 2011 — Т. 25.

## § 15. Контроль движения



**Субач Оксана Михайловна,**  
старший научный сотрудник лаборатории  
молекулярного конструирования  
Центра геномных исследований  
«Курчатовский геномный центр»  
Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»,  
кандидат химических наук  
*«Мозг контролирует как сознательные,  
так и бессознательные действия  
человека»*

*Изучив материалы параграфа, вы узнаете  
о том, как мозг контролирует сознательные  
и бессознательные действия.*

Многие наши действия сознательны. Например, мы сначала думаем о том, как взять предмет, а потом его берем. Мы осознанно готовим пищу, делаем уборку в квартире, пишем, рисуем, танцуем. Некоторые действия, однако, происходят без нашего сознания. Например, мы бессознательно моргаем, чихаем, дышим, отдергиваем руку от горячего предмета. Но будет ли действие сознательным или бессознательным, зависит от уровня нашего опыта. Когда действие становится очень знакомым, оно может превратиться в автоматическое. Например, мы автоматически подносим ложку ко рту во время еды, подходя к лифту, нажимаем кнопку вызова, спускаясь по лестнице, держимся за перила.

Каким образом мозг контролирует действия? И в сознательных, и в бессознательных действиях мозг участвует, чтобы послать сигналы мышцам для сокращения (рис. 65).

Сигналы в первичную моторную кору приходят от теменной доли мозга при бессознательных действиях и от премоторной и дополнительной моторной коры при сознательных действиях. Для совершения какого-либо сложного действия необходимо, чтобы последовательность и длительность каждого элемента координировалась мозжечком. Он связан с моторной корой и посылает в нее нервные

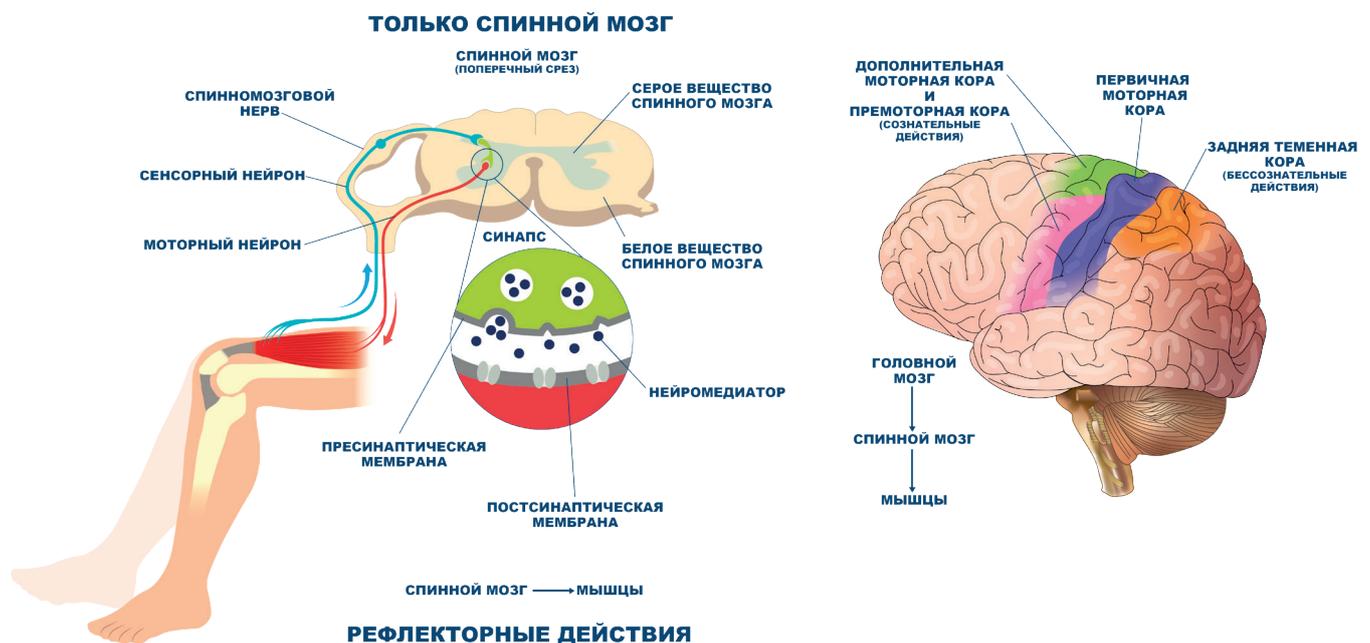


Рис. 65. Три типа двигательного контроля

импульсы, сообщая, когда одним мышцам надо начать движение, а другим — остановиться (рис. 66).

Для передачи нервного импульса от нейронов к мышцам образуются нейромышечные синапсы — места контакта нейрона и мышечной клетки. Синапсы образованы мембранами двух контактирующих клеток — пресинаптической (от нейрона) и постсинаптической (от мышечной клетки), которые разделены узкой синаптической щелью (рис. 67).

Передача сигнала от нейрона к мышечной клетке происходит с помощью нейромедиатора, который выбрасывается из нейрона и связывается с белком на мембране мышечной клетки. При связывании этого нейромедиатора

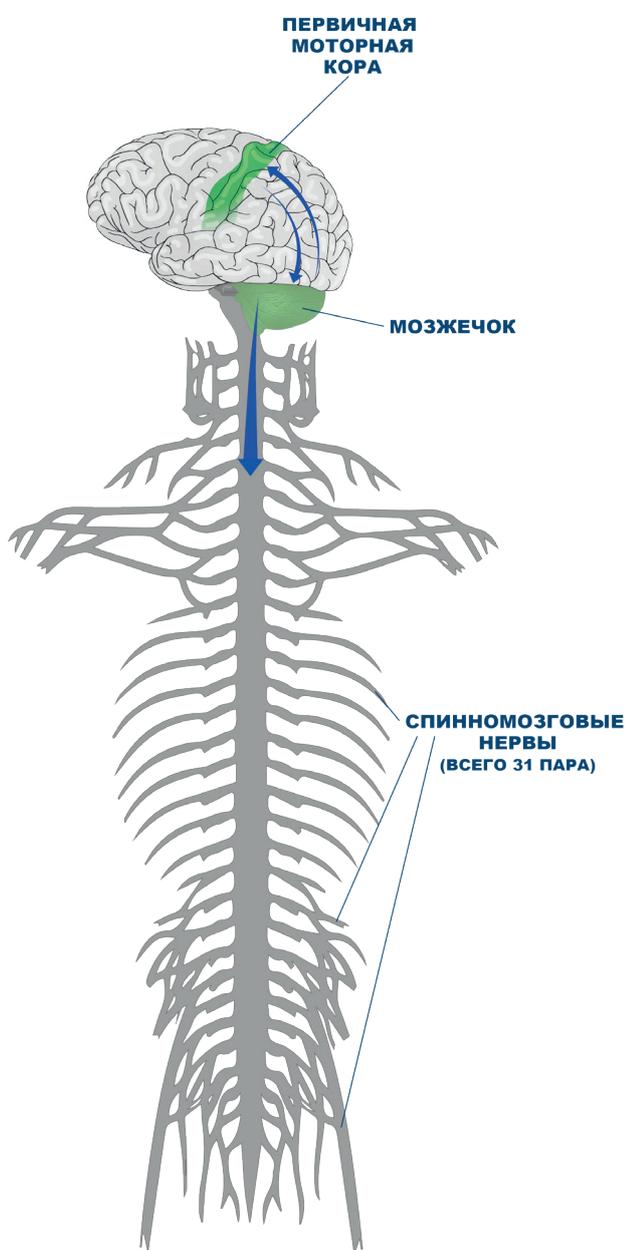


Рис. 66. Структуры для контроля движений в головном и спинном мозге

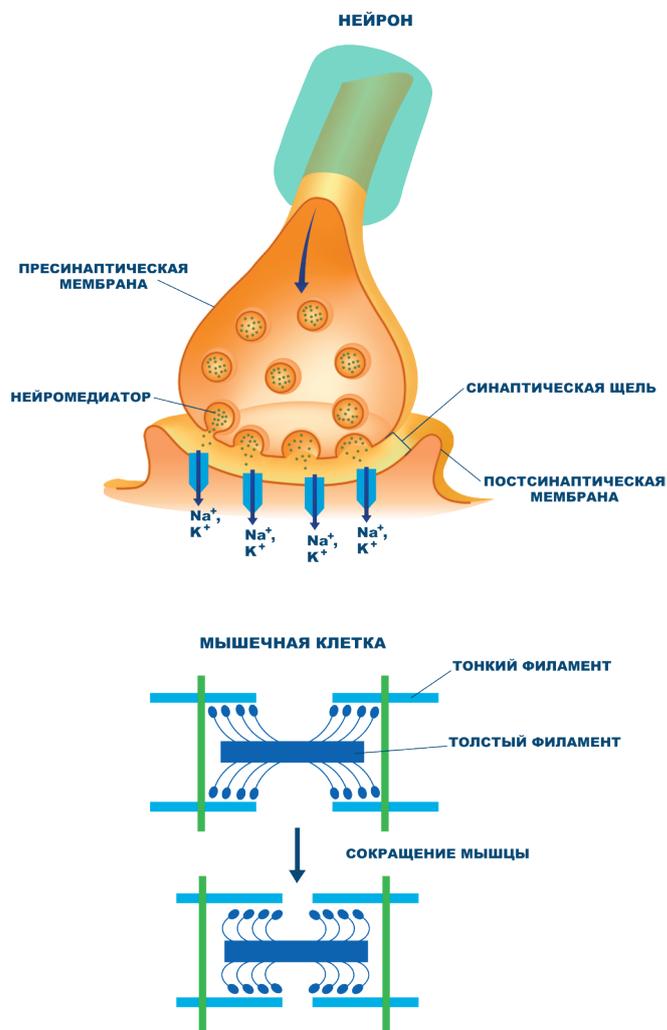


Рис. 67. Нейромышечный синапс и сокращение мышц

в мембране мышечной клетки открывается отверстие, через которое в клетку заходят положительно заряженные ионы натрия  $Na^+$  и калия  $K^+$ .

*В осуществлении различных форм движения участвуют тонкие и толстые белковые нити, содержащиеся в мышечных клетках, — филаменты.*



Увеличение концентрации ионов калия  $K^+$  и натрия  $Na^+$  в мышечной клетке приводит к взаимодействию тонких и толстых филаментов, выражающемуся в их взаимном скольжении друг относительно друга, и, соответственно, к сокращению мышц.

*Существует много заболеваний, связанных с контролем двигательной активности. Например, полиомиелит обусловлен поражением спинного мозга и отходящих от него нервных волокон полиовирусом при этом иногда*

происходит необратимый паралич мышц или гибель человека.

Еще одна группа наследственных заболеваний, называемая спинальной мышечной атрофией, протекает с поражением нервных

волокон, отходящих от спинного мозга. При этом заболевании происходят нарушения произвольных движений — ходьбы, удержания головы, глотания.

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Нейромедиаторы** — биологически активные химические вещества, с помощью которых осуществляется передача импульсов от нервных клеток (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Нейромодуляторы** — химические вещества, которые влияют на интенсивность нервных импульсов (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Филаменты** — белковые нити, участвующие в осуществлении различных форм движения (подробнее: Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М. С. Гиляров. — М.: Сов. энцикл., 1986).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Основная:**

1. Гриценко Д. Как в жизни: чем занимаются в Курчатовском НБИКС — комплексе // Наука и техника 12.04.2023. <https://iz.ru>.
2. Ковальчук М.В. Конвергенция наук и технологий — прорыв в будущее // Российские нанотехнологии. Т. 6. 2011. № 1–2. С. 13–23.

**Дополнительная:**

1. Лескова Н. К разгадке тайн мозга // Научная Россия. 2015. <https://scientificrussia.ru>.
2. Норденген К. Мозг всемогущий. Путеводитель по самому незаменимому органу нашего тела. — СПб.: Питер, 2018.
3. Рок Д. Мозг. Инструкция по применению. Как использовать свои возможности по максимуму и без перегрузок. — М.: Альпина Паблицер, 2013.

**Автор рекомендует:**

Гейман Н. Никогда. — М.: АСТ, 2024.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Приведите примеры сознательных и бессознательных действий человека.
2. Каким образом мозг контролирует сознательные и бессознательные действия?
3. Опишите процесс передачи сигнала от нейрона к мышечной клетке.
4. Что происходит в мышечной клетке после передачи сигнала от нейрона?

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Логическая задача:** Акробат на тросе. Предположите и обоснуйте, почему он не падает?
2. **Эссе:** Почему у человека существует 31 пара спинномозговых нервов. Дайте письменный ответ.

## НАУЧНАЯ ЗАДАЧА

**Изучение нейромедиаторов и определение их влияния на функционирование организма человека**

Нейромедиаторы и нейромодуляторы играют ключевую роль в передаче информации между нейронами и управляют различными процессами нервной системы. Ученые уже изучили их роль в регуляции настроения, эмоций, внимания, памяти, сна. Сейчас ученые работают над исследованием взаимодействия нейромедиаторов друг с другом и другими сигнальными молекулами в мозге. Определяют, как изменения в уровне нейромедиаторов

связаны с возрастными изменениями у человека; выявляют роль нейромедиаторов в развитии и поддержании поведения человека. НИЦ «Курчатовский институт» проводит активные исследования в этом научном направлении.

### **Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?**

#### ***Источники информации:***

1. Субач О., Куницына Т., Минеева О. и др. Медленно-восстанавливаемый генетически кодируемый зеленый флуоресцентный индикатор для визуализации перекиси водорода *in vivo* и *ex vivo* // International Journal of Molecular Sciences, 2019.
2. Назаров В.М.: Неврология и нейрохирургия. — М.: Академия, 2010.
3. Воронова Н.В.: Анатомия центральной нервной системы. — М.: Аспект Пресс, 2008.
4. Гайворонский И.В.: Анатомия и физиология человека. — М.: Академия, 2006.

## § 16. Обучение и память



**Субач Оксана Михайловна,**  
старший научный сотрудник лаборатории  
молекулярного конструирования  
Центра геномных исследований  
«Курчатовский геномный центр»  
Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»,  
кандидат химических наук

*«Кратковременную память мы используем,  
чтобы быстро что-нибудь запомнить  
и сразу забыть, а в долговременной памяти  
информация может храниться годы  
и десятки лет»*

*Изучив материалы параграфа, вы узнаете  
о видах памяти и особенностях ее образования,  
о безусловном и условном рефлексам.*

Чтобы запоминать и обучаться новому, мы используем **память**. Благодаря памяти у нас есть умение ходить, бегать, плавать, писать, читать и много других умений. Таким образом, память — это способность накапливать, сохранять и воспроизводить знания, умения, навыки. Памятью в разных формах обладают все высшие животные.

У человека насчитывается 256 видов памяти. Рассмотрим сначала два самых основных вида памяти, связанных с длительностью запоминания: **кратковременную** и **долговременную** (рис. 68).

Кратковременную память в обычной жизни мы используем каждый день. В ней одновременно удерживается не более семи элементов. Этой памяти хватает ненадолго: человек что-то быстро запоминает и быстро забывает об этом. Некоторые эпизоды мы можем удерживать в кратковременной памяти только около 30 секунд. Эту память мы используем, например, во время беседы, чтобы запомнить вопрос, который нам задают. Или, например, пытаемся удержать в голове список покупок, которые нам надо приобрести в магазине. За кратковременную память отвечают в основном области в лобной доле мозга.

Используя долговременную память, мы можем помнить какие-либо факты или события через годы и десятилетия. Благодаря долговременной памяти мы владеем информацией о том, как нас зовут, кто наши родители, дедушки и бабушки, с кем мы учились в школе, как проводили летние каникулы. Долговременная память может сохранять большое количество информации в течение очень длительного времени, иногда на протяжении всей жизни.

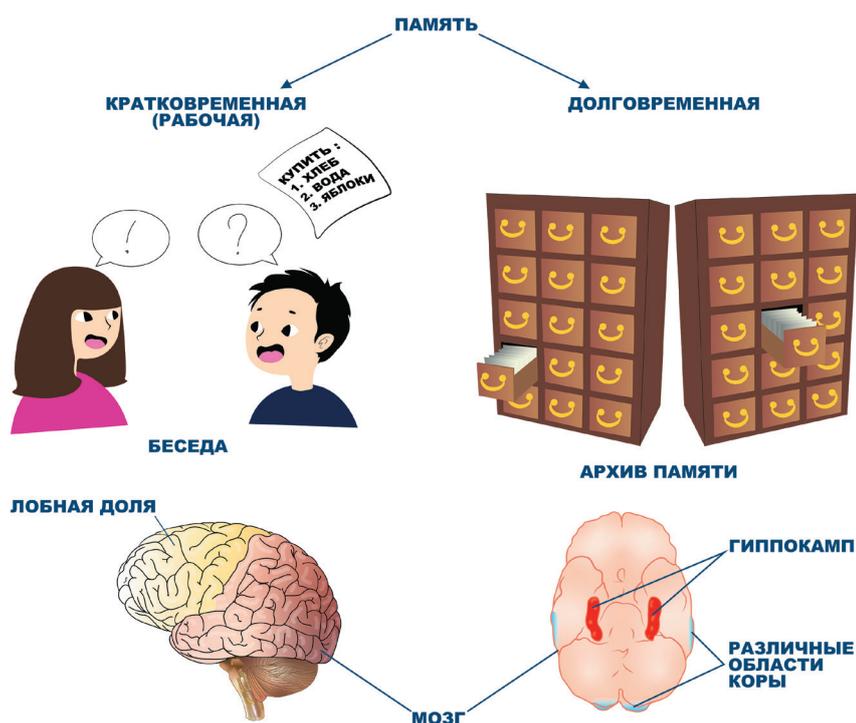


Рис. 68. Виды памяти: кратковременная и долговременная

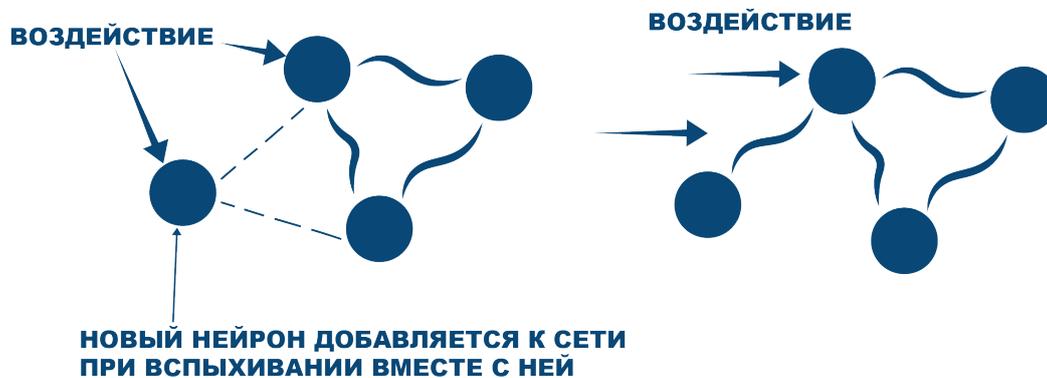


Рис. 69. Расширение нейронной сети

За формирование долговременной памяти отвечает структура головного мозга, которая имеет название гиппокамп, а за ее сохранение и удержание — различные области коры мозга.

Долговременная память может характеризоваться разной длительностью хранения — от месяца до года и более, а потом стереться.

В какой памяти — кратковременной или долговременной — будет храниться опыт или знание, зависит от многих факторов. К ним относятся, например, эмоциональное состояние, новизна и количество повторений, которые мы используем для запоминания.

У человека также есть пять видов памяти для различных целей. Эпизодическая память включает воссоздание прошлых событий, в том числе чувства и эмоции, и сильно зависит от восприятия каждого человека. Семантическая память — это запоминание фактов и знаний. Рабочая память удерживает информацию в течение того времени, когда она необходима. В основном рабочая память кратковременная. Процедурная

память тела включает заученные действия, такие как ходьба, плавание или езда на велосипеде. Неявная (бессознательная) память — это та память, о которой мы не знаем, что ее имеем. Например, вам может нравиться новый знакомый, потому что он напоминает какого-то приятного вам человека, но вы не понимаете, почему этот новый знакомый вам нравится.

Образование памяти связано с формированием сети нейронов, возбуждающихся вместе (рис. 69).

*Одновременное возбуждение нескольких отдельных нейронов приводит к тому, что они и в будущем будут активироваться вместе.*



Если активация происходит часто, то нейроны становятся постоянно связанными друг с другом в одну сеть, так что если активируется один из них, то вместе с ним и другие тоже активируются.

Интересно, что в долговременной осознанной памяти хранятся не отдельные части информации, а также сведения о связанных между собой эпизодах и фактах: воспоминания, чувства, зрительные образы, звуки, вкусы и запахи. Вся эта информация закладывается и обрабатывается в гиппокампе, а хранится в различных частях мозга. Когда вы вспоминаете о каком-либо событии, то воссоздаете его. При этом происходит активация сети нейронов, которая была образована в то время. Например, когда вы вспоминаете о своей собаке, ее цвет воссоздается в визуальной области коры мозга, прогулки с ней — в моторной области коры мозга, кличка — в речевом центре коры и так далее (рис. 70).

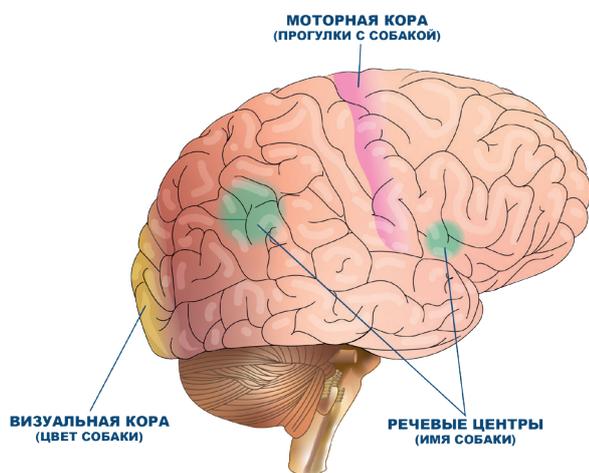


Рис. 70. Воспоминание — хранение информации в различных частях мозга

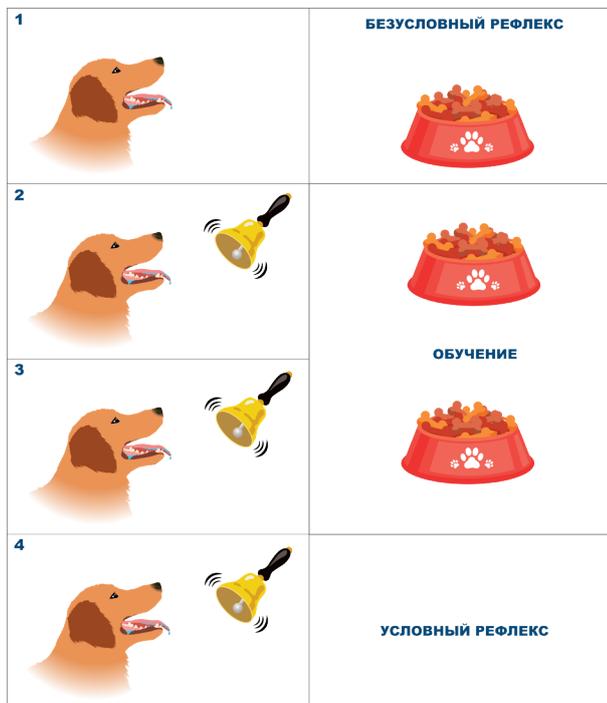


Рис. 71. Безусловный и условный рефлексы

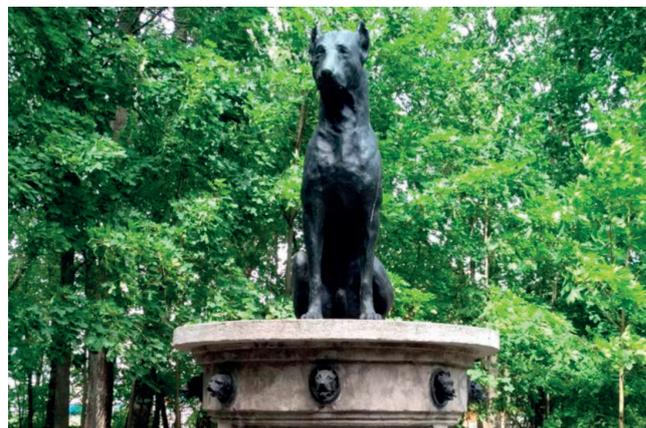


Рис. 72. Памятник собаке И.П. Павлова в Санкт-Петербурге

рефлекса человека является, например, отдергивание руки от горячего предмета.

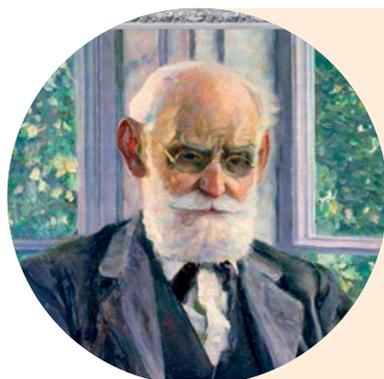
Формирование условных рефлексов впервые описал русский ученый Иван Петрович Павлов. Он заметил, что, когда собаке дают еду, у нее начинает выделяться слюна. В этом случае у собаки проявляется безусловный рефлекс (рис. 71).

Перед тем как кормить собаку, он давал ей послушать звук свистка, при этом у собаки выделялась слюна. Затем И.П. Павлов повторял этот эксперимент много раз. Через некоторое время он свистел без предложения еды, но у собаки все равно выделялась слюна. Таким образом, у собаки выработался условный рефлекс, когда звук ассоциировался с кормлением. Это означает, что собаку приучили к реакции на звук.

В 1935 году по инициативе самого И.П. Павлова в саду Института экспериментальной медицины на Аптекарском острове в Санкт-Петербурге был открыт памятник собаке (рис. 72).

На постаменте памятника высечены слова И.П. Павлова:

*«Собака, благодаря ее давнему расположению к человеку, ее догадливости, терпению и послушанию, служит, даже с заметной*



**Иван Петрович Павлов  
(1849–1936)**

выдающийся русский и советский ученый, физиолог, создатель науки о высшей нервной деятельности; лауреат Нобелевской премии 1904 года «за работу по физиологии пищеварения»

Портрет работы М.В. Нестерова, 1930 г. Санкт-Петербург, Государственный Русский музей

*радостью, многие годы, а иногда и всю свою жизнь, экспериментатору».*

*Павлов доказал, что условные рефлексы можно легко выработать и у человека. Если, например, ежедневно оповещать о накрытом столе звонком, то через некоторое время*

*такой звонок сам по себе будет вызывать у человека чувство голода. Примерами условных рефлексов являются также чтение, езда на велосипеде или вождение автомобиля. Если условный рефлекс не подкреплять, то со временем он может исчезнуть.*

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Безусловный рефлекс** — врожденная реакция живого организма на раздражитель (подробнее: Биология. Современная иллюстрированная энциклопедия / Гл. ред. А. П. Горкин. — М.: Росмэн, 2006).

**Долговременная память** — память, которая может хранить большое количество информации в течение длительного времени, иногда на протяжении всей жизни (подробнее: Биология. Современная иллюстрированная энциклопедия / Гл. ред. А. П. Горкин. — М.: Росмэн, 2006).

**Кратковременная память** — память, которая сохраняет информацию не более 30 сек (подробнее: Биология. Современная иллюстрированная энциклопедия / Гл. ред. А. П. Горкин. — М.: Росмэн, 2006).

**Память** — способность накапливать, сохранять и воспроизводить знания, умения, навыки (подробнее: Биология. Современная иллюстрированная энциклопедия / Гл. ред. А. П. Горкин. — М.: Росмэн, 2006).

**Рефлекс** — реакция живого организма на какое-либо воздействие (подробнее: Краткий психологический словарь. — Ростов-на-Дону: ФЕНИКС, 1998).

**Рецептор** — группа белков, с помощью которых клетки и организм в целом воспринимают действие внешних и внутренних раздражителей (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2001).

**Условные рефлексы** — рефлексы, вырабатываемые при определенных условиях в течение жизни животного и человека и формируемые на основе безусловных рефлексов (подробнее: Большая советская энциклопедия. — М.: Сов. энцикл. 1969–1978).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Ковальчук М.В. Нанотехнологии — фундамент новой наукоемкой экономики XXI века // Вестник Института экономики РАН. 2008. № 1. С. 143–158.
2. Кобб М. Мозг: биография. Извилистый путь к пониманию того, как работает наш разум, где хранится память и формируются мысли. — М.: Бомбора, 2022.
3. Лоскутникова Н. «Стереть воспоминания о бывших» и другие малоизученные функции нашего мозга // Интернет-портал «Москва-24». 12 марта 2019. <http://nrcki.ru/>.
4. Недюк М. Забыть все: ученые нашли способ избавиться от негативных воспоминаний // МИЦ «Известия». 8 мая 2019. <http://nrcki.ru/>.

### Дополнительная:

1. Батуев А., Вартанян Г., Котляр Б., Кругликов Р., Серков Ф., Павлыгина Р., Шульгина Г., Гасанов У., Сторожук В. Нейробиология обучения и памяти: Сборник. — М.: Наука, 1990.
2. Богодвид Т.Х., Гайнутдинов Х.Л. Нейробиология обучения и памяти. — Учебно-методическое пособие. — Казань: Казанский университет, 2019.
3. Сет А. Мозг за 30 секунд. — М.: Рипол-классик, 2013.

### Автор рекомендует:

Клайв С.Л. Хроники Нарнии. — М.: Эксмо, 2017.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что такое память?
2. Перечислите основные виды памяти и дайте им характеристику.

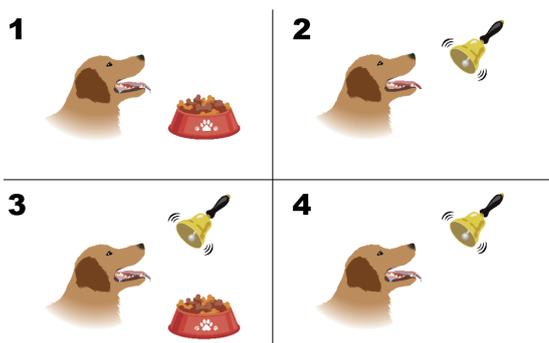
3. С какими процессами связано образование памяти? Опишите эти процессы.
4. Что такое условный и безусловный рефлекс? Как они связаны? Приведите примеры условных и безусловных рефлексов.

### ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Таблица:** Даны следующие характеристики поведения и состояния мозга: 1) очень быстрая реакция на раздражитель; 2) медленная реакция на раздражитель; 3) нужен сознательный контроль; 4) не нужен сознательный контроль; 5) задействованы нервные центры мозга; 6) нервные центры мозга практически не участвуют.

Укажите, какие из перечисленных характеристик имеют отношение к условным рефлексам, а какие — к безусловным. В примечании дайте обоснование.

2. **Эксперимент:** Опишите эксперимент, изображенный на рисунках 1 – 4. Дайте письменный ответ.



3. **Сообщение:** Павлов Иван Петрович.

### НАУЧНАЯ ЗАДАЧА

#### Изучение нейронных процессов

НИЦ «Курчатовский институт» проводит исследования нейронных связей. Например, перед учеными стоит задача изучения процессов обучения и формирования долговременной памяти. Для этого выявляются молекулярные и клеточные механизмы, например, определяется работа участвующих в них нейромедиаторов и рецепторов.

#### Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?

#### Источники информации:

1. Ученые выяснили, как системы головного мозга разделяют язык и речь // Курчатовский институт: [сайт]. — 2023. — URL: <http://nrcki.ru/product/press-nrcki/-47918.shtml> (дата обращения: 05.08.2024).
2. Е. Стогова / Открытие столичных ученых поможет людям, перенесшим инсульт // Курчатовский институт: [сайт]. — 2019. — URL: <http://nrcki.ru/product/setevoe-izdanie-vechernyaya-moskva/-39892.shtml?ysclid=lzsesfu8q1120360007>.
3. Смирнов В.М.: Физиология сенсорных систем и высшая нервная деятельность. — М.: Академия, 2009.

## § 17. «Заглянуть» в мозг через взгляд

*Изучив материалы параграфа, вы узнаете о том, как поведение взгляда отражает мыслительные процессы, происходящие в голове человека, и как это связано с состоянием его мозга.*

В конце XIX века французский офтальмолог Луи Эмиль Жаваль в своем исследовании поведения взгляда обнаружил, что глаза при чтении текста совершают короткие быстрые скачки — *саккады*, которые чередуются с небольшими остановками, а не двигаются непрерывно по строке текста, как это полагалось многие столетия ранее. Этот момент можно считать началом бурного развития науки о взгляде.

На самом деле, движения глаз изучались и до этого. Например, попытки описания периферического и центрального зрения делались еще в XI веке. Заметки об оптических характеристиках глаза и их влиянии на зрение человека были найдены в записях знаменитого эрудита Леонардо да Винчи. Методы изучения взгляда в те времена были примитивны: проводилось либо наблюдение за поведением глаза стороннего человека, либо самонаблюдение. В обоих случаях возникали вопросы относительно надежности полученных в ходе эксперимента данных, поскольку движения глаз происходят часто, быстро и не всегда заметны для экспериментатора.

В начале XX века появились первые устройства для записи поведения взгляда — айтрекеры (в переводе с английского



**Чжао Дарисий Гуанлинович,**  
младший научный сотрудник лаборатории  
нейрокогнитивных технологий отдела  
нейрокогнитивных наук,  
интеллектуальных систем и робототехники  
Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»

*«Движения глаз не случайны,  
они в некоторой степени отражают наше  
текущее состояние. Исследования в этой  
области помогают установить  
взаимосвязь между движениями глаз  
и мыслительными процессами в голове.  
Стремитесь к знаниям!»*

*eye* — это глаз, *track* — следить). На глаз (или веко) человека механически крепилось некоторое оборудование, например, линза, с помощью которой определялось, куда

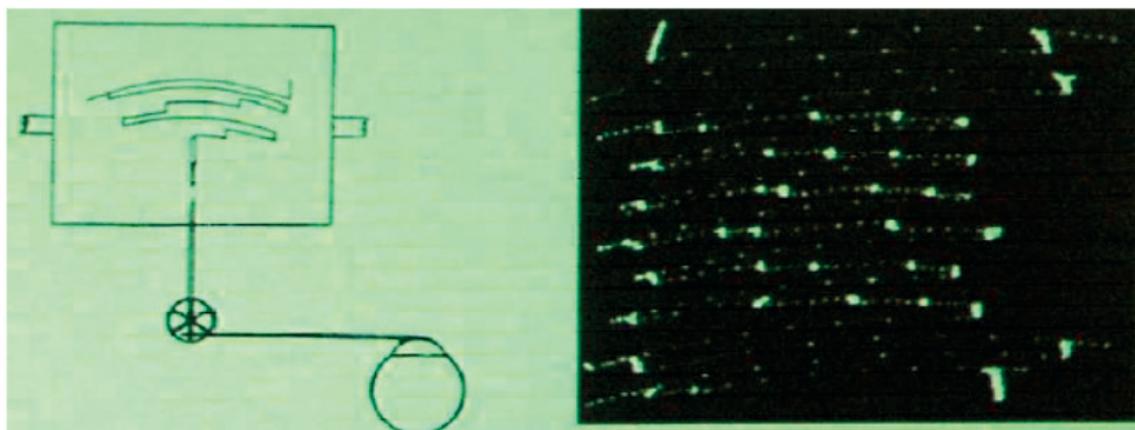


Рис. 73. Схема устройства Эдмунда Хью для отслеживания взгляда (слева) и записанные при этом траектории взгляда (справа).  
Жирные точки — фиксации взгляда, между ними — саккады.  
(Edmund Brurke Huey. The Psychology and Pedagogy of Reading. — New York: The Macmillan Company, 1908)

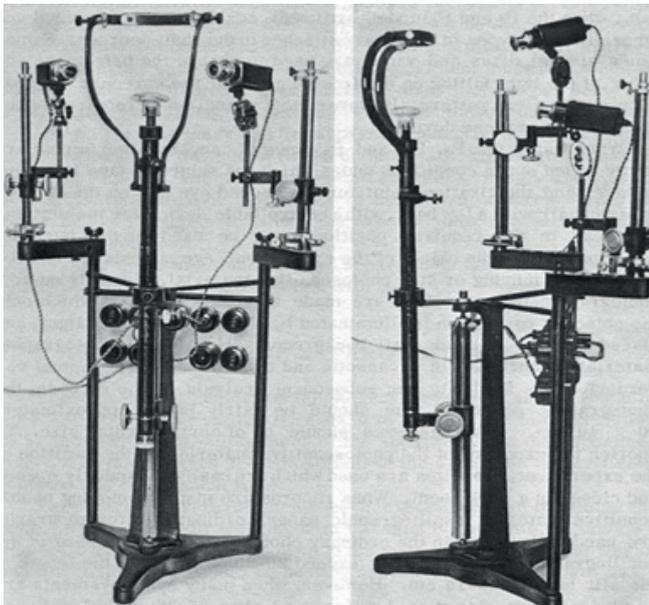


Рис. 74. Установка А.Л. Ярбуса

(Ярбус А.Л. Роль движения глаз в процессе зрения / Акад. наук СССР. Ин-т проблем передачи информации. — М.: Наука, 1965)

человек смотрит. Один из первых айтрекеров такого типа был изобретен Эдмундом Хью в 1908 году. Испытуемому надевали на глаз цельнометаллическую линзу с отверстием для зрачка, которая соединялась с алюминиевой указкой. При чтении текста указка двигалась синхронно с движениями глаза (рис. 73).

Результаты, полученные Эдмундом Хью, подтвердили предположение о неравномерном движении глаз во время чтения.

*Ученые также установили, что психологические отклонения (деменция, депрессия и др.) влияют на траекторию движения глаз при чтении текста.*



Было выдвинуто предположение: поведение взгляда отражает мыслительные процессы человека или состояние его мозга. В 1965 г. советский ученый А.Л. Ярбус подтвердил это предположение.



**Эдмунд Хью  
(1870–1913)**

изобретатель первого устройства для отслеживания взгляда

<https://usabilityin.ru>

Он создал установку (рис. 74), с помощью которой выявил, что движения взгляда зависят не только от того, что наблюдает человек, но и от того, какая при этом перед ним стоит задача и какую информацию при этом он хочет получить от наблюдаемого объекта.

Так, при рассматривании картины И.Е. Репина «Не ждали» (рис. 75) траектории взгляда человека при различных задачах заметно отличались (рис. 76):

- 1) траектория 1 возникает, если человек хочет оценить, что делали другие члены семьи до прихода посетителя;
- 2) траектория 2 — если хочет запомнить положение персонажей и окружающих вещей на картине;
- 3) траектория 3 — если запомнить, в какой одежде находились персонажи картины;
- 4) траектория 4 — если стремится оценить, как долго посетитель не видел других членов семьи.

Где же результаты исследований взгляда могут быть применены?

*Характерные движения глаз имеют некоторую «норму», а отклонения от этой «нормы» — признак, который, как и повышенная температура тела человека, используется для диагностики мозговых травм, болезней и других измененных состояний человеческого мозга.*



Разрабатываются также системы анализа поведения взгляда на основе технологии искусственного интеллекта. Такие системы предлагают использовать в образовательных учреждениях, чтобы отслеживать сосредоточенность учеников во время уроков.

Современные айтрекеры, которые, конечно же, сильно отличаются от своих предшественников, помогают анализировать поведение взгляда водителей. Их можно использовать для отслеживания текущего мыслительного и эмоционального состояния водителей, машинистов, пилотов и людей других профессий с высоким уровнем ответственности. Это необходимо, поскольку в некоторых случаях причина катастроф связана



Рис. 75. Картина И.Е. Репина «Не ждали»  
(Государственная Третьяковская галерея, Москва)

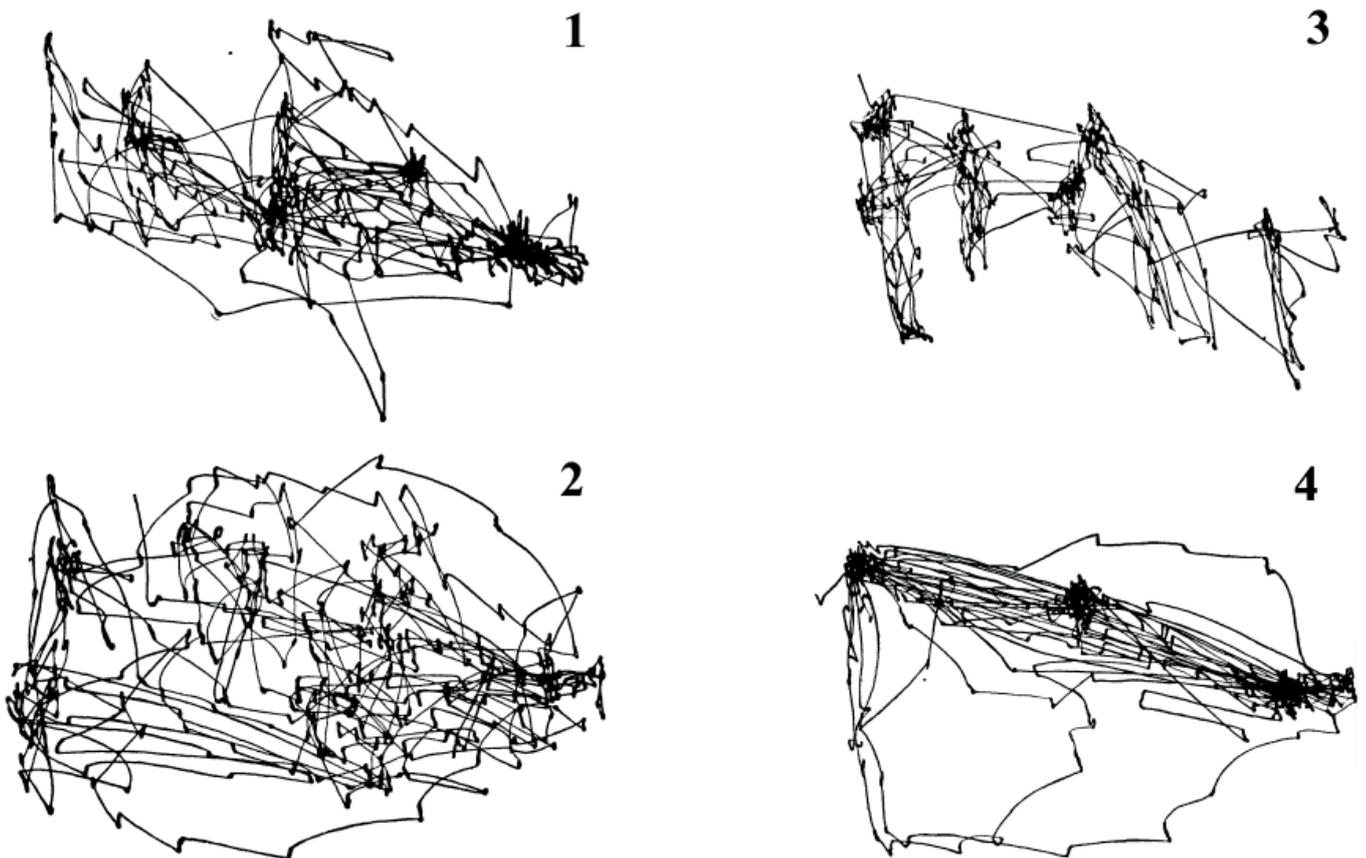


Рис. 76. Результаты эксперимента А.Л. Ярбуса (1965),  
показывающие зависимость траектории взгляда  
от поставленной задачи

с возникновением мыслительной или эмоциональной нестабильности у человека во время управления транспортным средством.

*Это далеко не полный перечень использования результатов исследований*

*поведения взгляда. Возможно, последующие открытия ученых в этой области тоже будут успешно внедрены в нашу жизнь.*

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Интерфейс глаз-компьютер (глазоуправление)** — система, созданная для обмена информацией между человеком и электронным устройством с помощью движений глаз (подробнее: Коньшин М.П. и др. Система управления цифровым устройством с помощью взгляда // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании. — 2016. — С. 156–161).

**Саккады** — быстрые согласованные движения глаз, происходящие одновременно в одном направлении (подробнее: Филин В.А. Автоматия саккад. — М.: Изд-во МГУ, 2002).

**Человеко-машинное взаимодействие** — взаимодействия человека с электронным устройством (подробнее: Фисун А.П., Гращенко Л.А. и др. Теоретические и практические основы человеко-компьютерного взаимодействия: базовые понятия человеко-компьютерных систем в информатике и информационной безопасности).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Ковальчук М.В., Нарайкин О.С., Яцишина Е.Б. Природоподобные технологии: новые возможности и новые вызовы // Вестник Российской академии наук. Т. 89. 2019. № 5. С. 455–465.
2. Вулкотт Т. Мозг. — М.: МИФ, 2022.
3. Гиппенрейтер Ю.Б. Движения человеческого глаза. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978.
4. Дубынин В. Мозг и его потребности. От питания до признания. — М.: Альпина нон-фикшн, 2023.
5. Ван Омберген А. В моей голове. Как устроен мозг и зачем он нам нужен. — М.: МИФ, 2019.
6. Норденген К. Мозг всемогущий. Путеводитель по самому незаменимому органу нашего тела. — СПб.: Питер, 2018.

### Дополнительная:

1. Барабанщиков В.А. Экспрессии лица и их восприятие. — М.: «Из-во институт психологии РАН», 2012.
2. Величковский Б.М. Когнитивная наука: Основы психологии познания: в 2 т. Т. 1, 2. — М.: Смысл: Издательский центр «Академия», 2006.
3. Рок Д. Мозг. Инструкция по применению. Как использовать свои возможности по максимуму и без перегрузок. — М.: Альпина Паблишер, 2013.

### Автор рекомендует:

Шварц Е.Л. Сказка о потерянном времени и другие истории. — М.: РОСМЭН, 2022.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. С какой целью проводятся исследования движений глаз?
2. Существует ли взаимосвязь между направлением взгляда человека и тем, о чем он думает? Аргументируйте свой ответ.
3. Можно ли по взгляду определить состояние здоровья человека? Объясните, почему вы так считаете.

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Выступление:** Почему взгляд не используют как полноценную замену компьютерной мыши?
2. **Эксперимент:** Посмотрите на рисунок 75 и проследите за движениями ваших глаз в процессе рассматривания картины. Определите, какой схеме на рисунок 76 больше соответствует ваша примерная траектория глаз.

## НАУЧНАЯ ЗАДАЧА

### *Управление техникой при помощи взгляда*

Раньше по глазам человека можно было «прочитать» лишь его эмоции, сегодня же при помощи взгляда можно управлять техникой. Eye-tracking широко используется, например, в шлемах пилотов, когда руки заняты управлением. Для парализованных людей этот способ подчас является единственной возможностью связи с миром. Так, ученые из МФТИ совместно с сотрудниками компании «Нейроботикс» создали первое в России мобильное устройство для отслеживания взгляда человека — EyeRay, используемое для помощи парализованным людям. НИЦ «Курчатовский институт» ведет дальнейшие разработки по совершенствованию технологии, применяющих анализ магнитных полей мозга человека.

### **Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?**

#### *Источники информации:*

1. Д. Чжао: Ученые расширили возможности управления компьютером с помощью взгляда: Медиа-портал «Научная Россия», 13.08.2021. <http://nrcki.ru/product/media-portal-nauchnaya-rossiya/-44511.shtml>.
2. Zhao DG, Vasilyev AN, Kozyrskiy BL, Melnichuk EV, Isachenko AV, Velichkovsky BM, Shishkin SL. A passive BCI for monitoring the intentionality of the gaze-based moving object selection. J Neural Eng. 2021 Mar 4;18(2). doi: 10.1088/1741-2552/abda09. PMID: 33418554.
3. Спири́н, И.А. Исследование и применение eye-tracking технологии на производстве / И.А. Спири́н. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 16 (120). — С. 107–110. — URL: <https://moluch.ru/archive/120/33226/> (дата обращения: 09.08.2024).
4. Акимов Д.А. — Разработка бесконтактного интегрального интерфейса оператора диспетчерского пульта дефектоскопии на непрерывной производственной линии — М: 2013.

## § 18. Электрическая активность мозга



**Демидова Людмила Игоревна,**  
младший научный сотрудник лаборатории  
прикладной и экспериментальной  
психофизиологии Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»  
*«Надеюсь, что этот курс  
заинтересует вас наукой»*

*Изучив материалы параграфа, вы узнаете  
чем обусловлена электрическая активность  
мозга, как и с какой целью она измеряется.*

Как вы уже знаете, за передачу и обработку информации в мозге и других частях нервной системы отвечают специализированные клетки — нейроны. Напомним, что нейроны имеют уникальную структуру, состоящую из тела клетки, дендритов — ветвей, которые получают сигналы от других нейронов, и аксона — длинного отростка, который передает сигналы другим нейронам или мышцам (рис. 77).

Нейроны используют электрические и химические сигналы для связи между собой и обработки информации. Нейроны способны формировать электрические импульсы в ответ на стимулы. Это свойство нейронов называется **электрической возбудимостью**. Именно электрическая возбудимость обуславливает передачу информации в мозге и позволяет нейронам взаимодействовать друг с другом.

Электрическая возбудимость нейронов зависит от многих факторов. Например, на нее оказывают влияние химические вещества

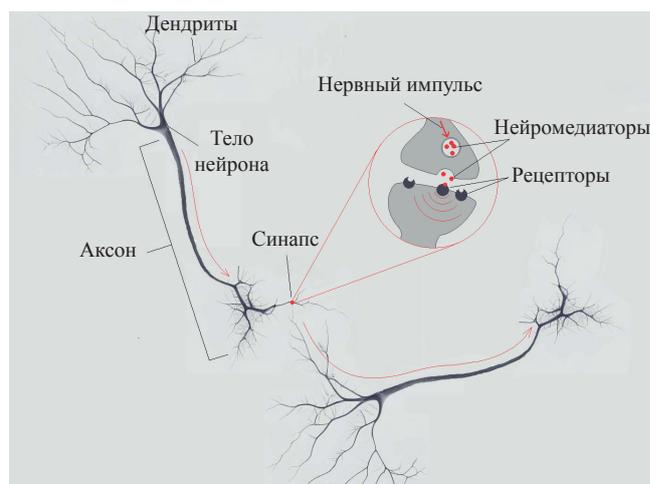


Рис. 77. Строение нейрона и синапса



Рис. 78. Измерение электрической активности мозга — электроэнцефалография

и электрические поля. Их воздействие может привести к изменению поведения нейронов и, следовательно, изменению работы мозга.

Передача импульсов и обмен информацией в нервной системе осуществляются благодаря синапсам — местам контакта между двумя нейронами или между нейроном и другой клеткой (например, мышечной). Каждый нейрон головного мозга может иметь 1 000–10 000 подобных связей с другими нейронами. В синапсе электрический импульс, который проходит по аксону нейрона, превращается в химический сигнал в виде нейромедиаторов — специальных химических молекул. Такой химический сигнал переходит на следующий нейрон и вызывает образование нового электрического импульса (рис. 78).

В больших группах нейронов электрические импульсы могут возникать синхронно (одновременно). Это приводит к появлению

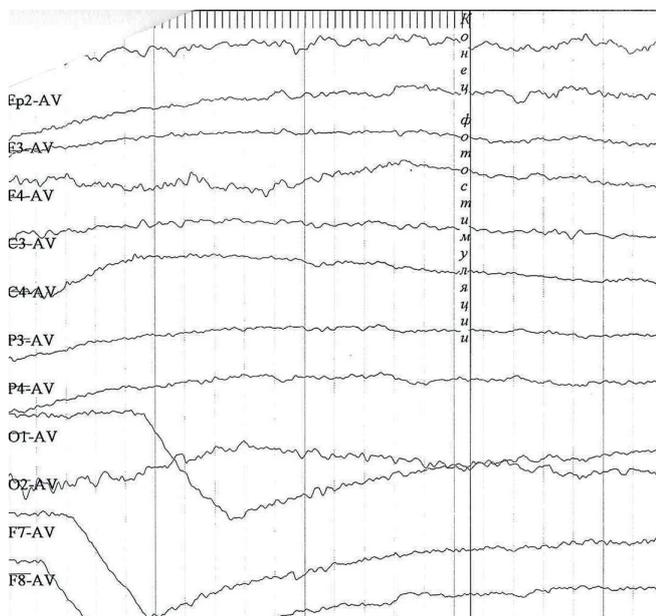


Рис. 79. Фрагмент электроэнцефалограммы головного мозга

в мозге электрических полей — **электрической активности мозга**, которую можно зарегистрировать даже на поверхности головы.

Измерение электрической активности мозга проводится с помощью метода **электроэнцефалографии** (ЭЭГ), которая позволяет регистрировать электрические сигналы, возникающие в мозге (рис. 79).

ЭЭГ — это метод исследования электрической активности мозга, который основан на регистрации электрических потенциалов, создаваемых нейронами в процессе своей деятельности. Для проведения ЭЭГ используется специальное оборудование — электроэнцефалограф, который регистрирует электрические сигналы на поверхности головы при помощи электродов.

Это позволяет ученым изучать активность мозга в различных состояниях, таких как сон, бодрствование, концентрация внимания,

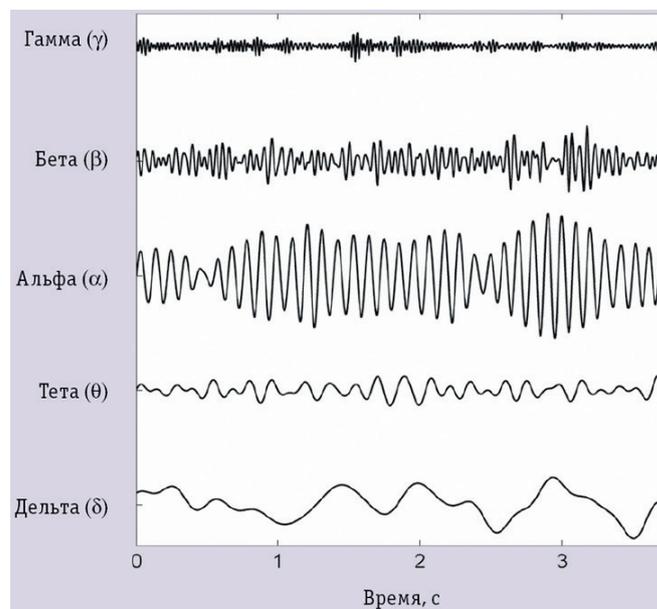


Рис. 80. Волны мозга

эмоциональные реакции и другие.

Одной из наиболее известных форм электрической активности мозга являются так называемые «волны мозга» разного типа: альфа-, бета-, тета- и дельта-волны (рис. 80).

*Каждый тип волн связан с определенными состояниями мозга. Например, альфа-волны связаны с расслабленным состоянием, а бета-волны — с концентрацией внимания.*



*Электрическая активность мозга помогает также в диагностике некоторых заболеваний, таких как эпилепсия и болезнь Паркинсона. ЭЭГ может помочь в определении места поражения мозга и выявлении нарушений в его функционировании.*

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Электрическая активность мозга** — суммарная электрическая активность нейронов головного мозга (подробнее: Малая медицинская энциклопедия. — М.: Мед. энцикл., 1991–1996).

**Электрическая возбудимость нейронов** — способность вызывать образование электрических импульсов в ответ на стимулы (подробнее: Малая медицинская энциклопедия. — М.: Мед. энцикл., 1991–1996).

**Электроэнцефалография (ЭЭГ)** — метод регистрации электрических сигналов, возникающих в мозге (подробнее: Большая советская энциклопедия. — М.: Сов. энцикл., 1969–1978).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Основная:**

1. Ван Омберген А. В моей голове. Как устроен мозг и зачем он нам нужен. — М.: МИФ, 2019.

2. Вулкотт Т. Мозг. — М.: МИФ, 2022.
3. Дубынин В. Мозг и его потребности. От питания до признания. — М.: Альпина нон-фикшн, 2023.
4. Мартынов И. Мозг. Как он устроен и что с ним делать. — М.: АСТ, 2019.
5. Сварник О. Мозг за минуту. — М.: АСТ, 2017.

#### **Дополнительная:**

1. Сет А. Мозг за 30 секунд. — М.: Рипол-классик, 2013.
2. Рок Д. Мозг. Инструкция по применению. Как использовать свои возможности по максимуму и без перегрузок. — М.: Альпина Паблишер, 2013.
3. Кобб М. Мозг: биография. Извилистый путь к пониманию того, как работает наш разум, где хранится память и формируются мысли. — М.: Бомбора, 2022.
4. Норденген К. Мозг всемогущий. Путеводитель по самому незаменимому органу нашего тела. — СПб.: Питер, 2018.

#### **Автор рекомендует:**

Кэррол Л. Алиса в стране чудес. — М.: АСТ, 2024.

## **ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ**

1. Используя рисунок 77, опишите строение нейрона и синапса.
2. Охарактеризуйте метод электроэнцефалографии. Для каких целей он используется?

## **ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ**

1. **Таблица:** Охарактеризуйте электрическую активность мозга, используя рисунок 80. При необходимости используйте дополнительные источники информации.
2. **Эссе:** Использование метода электроэнцефалографии в медицине, это современный метод диагностики?

## **НАУЧНАЯ ЗАДАЧА**

### **Составление полной карты человеческого мозга — коннектома**

Нобелевский лауреат 2002 года по физиологии или медицине Сидней Бреннер еще в далеких 1960-х годах предположил, что поведение живого существа будет понятным, если располагать полной информацией о строении, работе его нервной системы. Особое место в исследованиях занимает изучение мозга. Сегодня ученые имеют полную карту (коннектом) с установленными взаимосвязями между нейронами у нескольких организмов — нематод, личинок дрозофилы, асцидии и морской аннелиды. А полная карта мозга человека — это, по мнению ученых, далекая перспектива. В 2024 году ученые получили атлас коры мозга человека, объемом всего 1 кубический миллиметр! Несмотря на компактный размер, он содержит 57000 нейронов и 150 миллионов синапсов. В нем были обнаружены новые связи между нейронами и другими клетками мозга. Построение коннектома поможет раскрыть основы взаимодействия между нейронами, изучить работу человеческого мозга и позволит лечить психиатрические и нейродегенеративные заболевания. Благодаря исследованиям ученых НИЦ «Курчатовский институт» изучены различия коннектома в состоянии покоя и при осуществлении различных мыслительных операций; изучено порождение произвольных действий; выявлены управляемые и управляющие зоны мозга; исключены взаимодействия, которые не объясняются структурными связями.

### **Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?**

#### **Источники информации:**

1. Смирнов В.М.: Физиология центральной нервной системы. — М.: Академия, 2006.
2. Быков М.П.: Анатомия головного мозга. — М.: Практическая медицина, 2009.
3. Цицерошин М.Н.: Становление интегративной функции мозга. — СПб.: Наука, 2009.

## Самое важное в главе 3



Нервная система человека контролирует слаженную работу организма и обеспечивает его реакцию на внешние воздействия. Различают центральную и периферическую нервную систему. Центральная нервная система включает в себя головной и спинной мозг. Она управляет всем нашим организмом, благодаря ей мы думаем, чувствуем и двигаемся. Периферическая нервная система представляет собой разветвленную сеть нервов. Она обеспечивает обмен информацией между центральной нервной системой, телом и органами чувств.



Основными органами чувств являются глаза — органы зрения, уши — органы слуха, нос — орган обоняния, язык — орган вкуса, кожа — орган осязания, а также вестибулярный аппарат — орган равновесия.



Мозг состоит из нескольких частей, выполняющих разные функции. Головной мозг включает левое и правое полушария. Левое полушарие ответственно за логическое мышление и управление правой половиной тела, а правое — за творческие способности и за левую половину тела. Внешний слой мозга называется корой. Кора ответственна за осознанное мышление. Кора разделяется на несколько долей, каждая из которых отвечает за определенную функцию: лобная доля контролирует движения, выполняет сложные мыслительные процессы, вызывает чувство опасности и тормозит нас от необдуманных поступков. Теменная доля контролирует осязание, затылочная доля обрабатывает зрительную информацию, височная доля отвечает за слух. Мозжечок координирует движение тела, поддерживает баланс, осанку и равновесие. Гиппокампы ответственны за формирование памяти и ориентацию в пространстве.



В центре мозга и в основании черепа находится ствол, нижняя часть которого соединяется со спинным мозгом. Ствол головного мозга поддерживает жизнь человека, его дыхание, сокращение сердца даже в его бессознательном состоянии.



В мозге находятся нервные клетки — нейроны. Нейроны состоят из тела и отростков двух типов — дендритов и аксонов. Дендриты получают нервные сигналы, а аксоны передают их другим нейронам. Место контакта между нейронами называется синапсом.



Мозг обладает электрической активностью, которая связана с электрохимическими процессами, происходящими в нейронах. Синапсы осуществляют передачу нервного импульса между клетками с помощью особых веществ — нейромедиаторов, которые преобразуют электрический сигнал в химический, а затем обратно в электрический. Измерение электрической активности мозга позволяет выявлять места нарушения в его функционировании и диагностировать некоторые заболевания.



Память — это способность накапливать, сохранять и воспроизводить знания, умения, навыки. Существует два основных вида памяти — кратковременная и долговременная. В кратковременной памяти информация иногда удерживается не более нескольких секунд, а в долговременной может храниться всю жизнь.



В основе обучения лежит выработка условных рефлексов. Рефлекс — это реакция живого организма на какое-либо воздействие. Безусловные рефлексы — врожденные, условные формируются на базе безусловных в виде реакции животного на стимул (воздействие).



Мыслительные процессы и состояние мозга человека отражается в поведении его взгляда. Движения глаз используются для диагностирования мозговых травм, болезней и других измененных состояний человеческого мозга.

## ГЛАВА 4. РОБОТОТЕХНИКА

В главе «Робототехника» вы узнаете об истории возникновения и основных этапах развития автоматике, робототехники и искусственного интеллекта.

Вы познакомитесь с основными понятиями робототехники, типами роботов и их применением в промышленности, науке, медицине, в быту, а также узнаете о проблемах, которые мешают развитию робототехники и более активному внедрению в нашу жизнь ее достижений.



### § 19. Введение в робототехнику

История автоматике, робототехники и искусственного интеллекта.

От теории разумных машин к робототехнике



**Московский Антон Дмитриевич,**  
начальник группы «Системы управления»  
лаборатории робототехники отдела  
нейрокогнитивных наук, интеллектуальных  
систем и робототехники  
Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»

*«Не бойтесь того, что все уже придумано  
до вас, бойтесь того, что может быть  
не придумано из-за вас!»*

*Изучив материалы параграфа, вы  
познакомитесь с историей возникновения  
робототехники и основными этапами  
ее развития.*

В 1920 году чешский писатель Карел Чапек написал научно-фантастическую пьесу «R.U.R.» («Россумские универсальные роботы»). В ней рассказывалось о производстве «искусственных

людей», названных писателем «роботами». Роботы должны были работать на благо человечества без отдыха. Однако вскоре выступили против своих создателей и погубили их. Именно в этой пьесе впервые появилось слово «робот». А в 1941 году писатель-фантаст и популяризатор науки Айзек Азимов в научно-фантастическом рассказе «Лжец» впервые использовал слово «робототехника».

Когда же появились первые не литературные, а настоящие роботы?

*В 50-х годах XIX века были найдены  
чертежи человекоподобного  
робота, сделанные Леонардо  
да Винчи примерно в 1495 году.*



*На чертеже был детально изображен  
механический рыцарь (рис. 81), который мог  
сидеть, двигать руками и головой, открывать  
и закрывать челюсти. По замыслу Леонардо  
да Винчи, движением рук рыцаря должно  
было управлять находящееся в его груди  
механическое устройство, передвижением  
ног — рукоятка, приводящая в движение трос,  
который связан с ногами.*

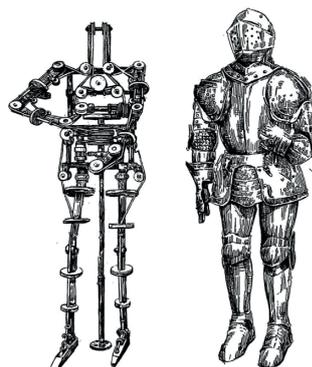


Рис. 81. Механический рыцарь.  
Вариант реконструкции,  
сделанной Габриэлем Николаи



**Леонардо да Винчи  
(1452–1519)**

итальянский художник и ученый,  
изобретатель, писатель, музыкант

Портрет находится в общественном  
достоянии

В 1738 году французский механик и изобретатель Жак де Вокансон создал механическую утку (рис. 82), которая могла ходить, двигать крыльями, кричать, пить воду, клевать зерно.

В 1770 году швейцарский часовщик Пьер-Жак Дро создал сидящую за столом механическую девочку, которая аккуратным почерком писала буквы, слова и даже могла нарисовать собаку. При этом девочка плавно покачивала головой и опускала веки в такт движению руки. Механическая девочка получила название «Писец» (рис. 83).

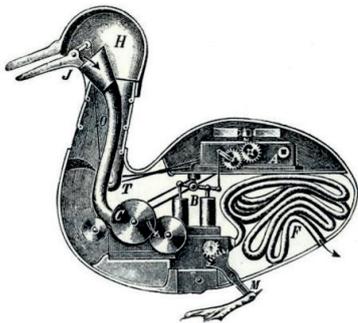


Рис. 82. Копия механической утки Жака де Вокансона.  
Создана в 1998 году часовщиком Жаком Фредериком Ведони  
для музея автоматов Гренобля



Рис. 83. Механическая девочка «Писец» Пьера Жака-Дро  
(справа внутреннее устройство).  
Музей Истории и Искусства в Невшателе, Швейцария

В 1878 году была представлена «стопходящая машина» (рис. 84), которую изобрел великий русский механик и математик Пафнутий Львович Чебышев. Эта машина имитировала походку живого организма, по-настоящему переставляя ноги. Целиком она могла приводиться в действие всего одним вращающимся двигателем. Можно сказать, что эта машина была прародителем всех современных шагающих роботов.

Но эти механические создания нельзя назвать роботами в том смысле, в каком мы их понимаем сегодня. С развитием электроники широкое распространение получили дистанционно управляемые аппараты. Например, в СССР еще до Великой Отечественной войны был проект радиоуправляемых танков, однако тогда развитие технологий еще не позволяло выйти с такими наработками на практический уровень. Но и после войны у нас в стране и в мире дистанционно управляемые аппараты получили широкое применение, например, при ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС.

Электрические модели, близкие к современным роботам, впервые были созданы нейрофизиологом Греем Уолтером в конце сороковых годов XX века. Одна из них — «черепашка» — была способна самостоятельно искать источник света, перемещаться к нему или же отодвигаться, если свет становился слишком ярким. Кроме того, «черепашка» автоматически отъезжала от препятствий, на которые натывалась. Оказалось, что поведение робота при свободном блуждании очень напоминало



Рис. 84. «Стопоход» Чебышева,  
который вы можете увидеть  
в московском Политехническом музее

тропизмы — характерные для животных последовательности действий, подобных полету мотылька к лампе. Достичь этого удалось с применением простейшей схемы управления колесами из двух реле и двух электронных ламп, без всякого программирования. Более совершенные «черепахи», созданные Э. Эйхлером, Р.Р. Васильевым, А.М. Петровским, использовали память на основе конденсатора или термосопротивления для того, чтобы огибать препятствия либо чередовать перемещение и поисковые движения.

Однако вскоре стало понятно, что для полноценного, обоснованного принятия решений управлять роботом должен только компьютер. Одним из первых таких роботов стал Шейки (Shakey), созданный в Стэнфордском университете в 1966 г.

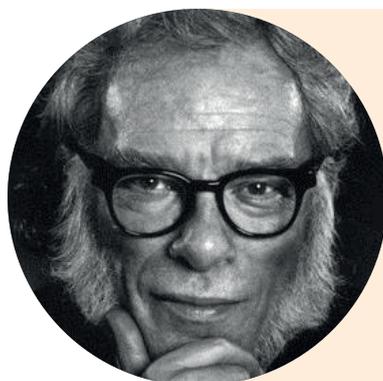
*Этот робот умел планировать свои действия и логически обосновывать свой выбор: например, при получении команды «столкнуть объект с платформы» он автоматически находил объект, обладающий нужными свойствами (лежащий на платформе), строил маршрут, перемещался по нему и затем толкал объект.*



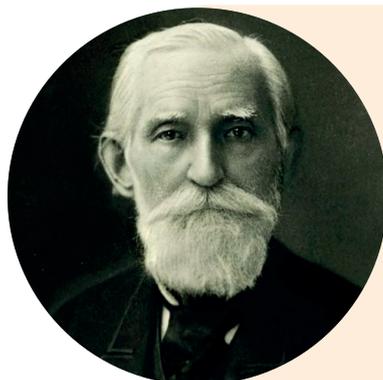
Управляющий компьютер, с которым Шейки был связан по радиоканалу, занимал целую комнату. Современные роботы часто несут свой компьютер на борту, но подход к управлению — разделение сложных действий на более простые путем планирования — остается неизменным.

Зададимся вопросом, а что же такое робот? Парадоксально, но четкого и единого определения до сих пор не существует! Специалисты в области робототехники по сей день спорят друг с другом, критикуя предлагаемые определения. Например, одно из распространенных определений звучит так: «робот — автоматическое устройство, предназначенное для осуществления различных механических операций и действующее по заранее заложенной программе без участия человека». Однако в этом случае обычный кухонный тостер или заводной механический будильник тоже являются роботами, но мы никогда не причисляли эти привычные механизмы к ним. Есть роботы, которые работают исключительно в связке с человеком, беря на себя лишь часть функций, что особенно распространено среди боевых роботов.

Другое определение гласит, что робот — это устройство, которое должно отвечать сразу трем условиям: воспринимать окружающий мир с помощью сенсоров; принимать решения и воздействовать на окружающий мир. Но под такое определение отлично подходят, например, системы климат-контроля:



**Айзек Азимов (1920–1992)**  
американский писатель-фантаст, популяризатор науки, биохимик  
<https://ekogradmoscow.ru>



**Пафнутий Львович Чебышев (1821–1894)**  
русский механик и математик  
Фото из книги История Академии наук СССР. — М.–Л.: Наука, 1964. — Т. 2. — С. 296–297. Книга хранится в Российской государственной библиотеке



**Пьер Жак-Дро (1721–1790)**  
знаменитый швейцарский часовщик и инженерный гений  
Портрет работы Эммануэля Витца, 1758

они измеряют окружающую температуру, принимают решение о том, следует ли ее изменить, и воздействуют на среду путем ее нагрева или охлаждения.

Текущая неразбериха с определениями породила направление, в котором предлагается все устройства оценивать по критериям автономности, универсальности и *антропоморфности* (похожести на человека как внешне, так и поведением). Такой подход не позволит нам сказать, является или не является роботом данное устройство, но зато по этим критериям мы сможем определить, какое устройство в большей степени соответствует роботу. Например, тостер достаточно автономен, но решает всего одну задачу и практически не имеет ничего общего с человеком. В то время как робот-пылесос более автономен, способен адаптироваться под разные помещения, поэтому, по сравнению с тостером, он более универсален и по поведению напоминает человеческую деятельность. Следовательно, автоматический пылесос в большей степени робот, чем тостер.

Прикладная наука, которая занимается разработкой автоматических роботизированных систем, называется *робототехникой*. Робототехника непосредственно связана с такими науками, как электроника, механика, информатика, радиотехника.

Современный робот — это всегда сочетание аппаратной платформы и программ управления. Так как задавать отдельную программу для каждой новой ситуации сложно, желательно научить робота обобщать информацию, адаптироваться к изменениям среды и искать решение без заранее намеченного алгоритма. Средства для этого изучаются в рамках научной проблемной области исследований под названием *«искусственный интеллект»*.

Эта отрасль науки появилась в тот же исторический период, что и первые роботы — в 1956 г. Причиной ее создания стали попытки заменить людей, управляющих техникой, автоматическими устройствами. Оказалось, что иногда работу таких устройств можно однозначно и строго описать математически, так что компьютер заведомо способен сам управлять ими. Таковы, например, автопилоты у кораблей и самолетов. В других случаях, когда

в каждой конкретной задаче приходится учитывать множество плохо формализуемых факторов, не позволяющих выработать общее решение, подобное оказывается невозможным. В эту группу входят, например, компьютерное зрение, принятие решений в условиях неопределенности, поиск скрытых закономерностей между различными данными.

Искусственный интеллект позволяет компьютерам выполнять такие интеллектуальные задачи, которые раньше могли делать только люди: планировать действия, обобщать информацию, находить наиболее типичные или выбивающиеся из общего ряда события, причем при выполнении конкретных задач компьютеры уже достигают результатов, недоступных для умственной деятельности человека.

Программы искусственного интеллекта были изначально нацелены на узкий круг решаемых задач. Но с прогрессом в области информационно-коммуникативных технологий, которые предполагают использование компьютера, Интернета, телевизора, видео, DVD, CD, мультимедиа, аудиовизуального оборудования, произошел качественный скачок развития робототехники.

Совершенствование роботов в дальнейшем значительно изменит образ жизни человека. Машины, наделенные искусственным интеллектом, могут быть использованы для самых различных работ, в первую очередь, тех, выполнение которых небезопасно для человека.

Искусственный интеллект используется во многих областях, например, в медицине, автомобильной промышленности, финансах и технологиях безопасности. Так, искусственный интеллект может помочь докторам обнаруживать заболевания раньше и точнее; создавать безопасные и эффективные автомобили.

Однако до сих пор неочевидными остаются многие юридические и этические вопросы использования роботов: например, кто должен нести ответственность за случайно нанесенный автоматикой ущерб — хозяин робота (который не программировал его, а доверился разработчику) или разработчик (который не мог научить робота действовать правильно во всех ситуациях)? Предвидя подобные проблемы, Айзек Азимов еще в 1942 году в рассказе «Хоровод»

сформулировал три закона робототехники (обязательные правила для роботов):

1. Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред.

2. Робот должен повиноваться всем приказам, которые дает человек, кроме тех случаев, когда эти приказы противоречат Первому Закону.

3. Робот должен заботиться о своей безопасности в той мере, в которой это не противоречит Первому или Второму Закону.

*Однако к данным законам следует относиться только как к философским*

*утверждениям. На практике они пока не используются из-за технических ограничений. Современные, даже самые умные роботы, попросту не способны на анализ и прогноз своих действий. Никто же всерьез не рассчитывает, что робот-курьер откажется везти заказ с вредной пищей? Или что ваш домашний робот-пылесос будет повиноваться всем вашим приказам? Так что пока законы Азимова ждут, когда робототехника разовьется до достаточного для них уровня, а современные роботы решают поставленные задачи в определенной узкой сфере.*

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Антропоморфность** — уподобление человеку, наделение человеческими психическими свойствами предметов и явлений неживой природы (подробнее: Философский энциклопедический словарь. — М.: Сов. энцикл., 1983).

**Искусственный интеллект** — область научных исследований и прикладных разработок по моделированию человеческой способности к творческой деятельности (подробнее: Кононенко Б. Большой толковый словарь по культурологии. — М.: Вече, 2003).

**Робототехника** — это прикладная инженерно-научная отрасль, посвященная созданию роботов (подробнее: Толковый словарь русского языка / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова; Российская АН, Ин-т рус. яз., Российский фонд культуры. — М.: Азъ, 1994).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Азимов А. Я, робот. Серия: Библиотека приключений. — М.: Эксмо, 2002.
2. Галатонова Т. Е. Стань инженером. — КТК Галактика, 2020 г.
3. Жаховская О. Роботы. Детская энциклопедия. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2021.

### Дополнительная:

1. Брэд С. Компьютерное будущее: искусственный интеллект и его роль в обществе. — Microsoft, 2018.
2. Филиппов С.А. Робототехника для детей и родителей. — СПб.: Наука, 2011.
3. Окулов С.М. Основы программирования. — М.: Лаборатория знаний, 2020.

### Автор рекомендует:

Твен М. Приключения Тома Сойера. — М.: Эксмодетство, 2022.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как развитие искусственного интеллекта может повлиять на профессиональную деятельность людей?
2. Согласны ли вы с тем, что вопрос четкого определения понятия «робот» по-прежнему является дискуссионным? Если нет, то попробуйте привести для него свое определение.
3. Проанализируйте еще раз законы Азимова и приведите пример реально существующего робота, который бы нарушал хотя бы один из них.

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Логическая задача:** Возьмите одно из приведенных в параграфе определений робота и, согласно ему попробуйте решить, являются ли роботами следующие устройства: кофемашина, беспилотный

автомобиль, дрон-камикадзе, смартфон, умная аудио-колонка, автоматическая кормушка для домашних животных, дорожная камера контроля скорости, светофор, самонаводящаяся боевая ракета, метеорологический спутник. Объясните и запишите свое решение.

2. **Эссе:** Есть ли необходимость в новых роботах в нашем доме?

## **НАУЧНАЯ ЗАДАЧА**

### ***Создание роботизированных систем***

Согласно национальным целям развития Россия к 2036 году должна войти в топ-25 стран по использованию роботов. Лаборатории открытого в 2014 году Университета Иннополис в Казани разрабатывают и реализуют проекты по созданию антропоморфных (подобных человеку) роботов, занимаются промышленной робототехникой, нейронаукой, искусственным интеллектом, беспилотными транспортными средствами и многими другими задачами. Перед учеными НИЦ «Курчатовский институт» стоят задачи создания роботов, способных самостоятельно принимать решения и адаптироваться к изменяющимся условиям. Ученые разрабатывают алгоритмы, позволяющие роботам обучаться на основе опыта. Также ведутся исследования в области медицинской робототехники, направленные на создание роботизированных систем для проведения хирургических операций и диагностики заболеваний.

### **Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?**

#### ***Источники информации:***

1. Ученые строят кибермуравейник. В Курчатовском институте роботов учат жить и работать в коллективе // Газета Известия, 6 октября 2017. <https://iz.ru/651356/olesia-penkina/muravi-nauchat-robotov-obediniatsia-v-obshchine>.
2. Гладких В.В.: Идеи и решения фундаментальных проблем науки и техники. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010.
3. Ясницкий Л.Н.: Введение в искусственный интеллект. — М.: Академия, 2010.
4. Шанже Ж.-П.: Материя и мышление. — М. ; Ижевск: Институт компьютерных исследований : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2004.

## § 20. Определения и понятия

### Современное состояние робототехники. Типы роботов, сферы применения



**Московский Антон Дмитриевич,**  
начальник группы «Системы управления»  
лаборатории робототехники отдела  
нейрокогнитивных наук, интеллектуальных  
систем и робототехники  
Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»

*«Многое в этом мире непостижимо,  
но это не значит, что не надо проявлять  
любопытность»*

*Изучив материалы параграфа, вы  
познакомитесь с основными понятиями  
робототехники, узнаете о типах роботов и их  
применении в разных сферах промышленности,  
науки, в быту.*

В предыдущем параграфе мы задались вопросом, что же (или кто же) такое (такой)

робот, но до конца так и не смогли на него ответить, зато определили основные признаки, которым роботы должны соответствовать. Давайте же теперь обратимся к тому, что так или иначе присуще почти всем известным сегодня роботам.

А начнем мы со способностей роботов воспринимать окружающий мир. Устройства, которые позволяют это делать, называются **сенсорами**, или датчиками (от лат. **sensor** — датчик). Подавляющее большинство современных роботов так или иначе обладает своим набором сенсоров. Чем больше и прогрессивнее этот набор, тем больше возможности самого робота. Ярким примером сенсора является камера (от лат. **camera** — «комната»), позволяющая буквально видеть окружающий мир. Область, которая занимается обработкой и анализом изображений, полученных с камеры, называется **техническим** или **компьютерным зрением**.

Однако в большинстве случаев одних камер недостаточно, роботам требуется «ощущать» окружающий мир не в виде картинки, а в реальных единицах измерения — метрах, ведь чтобы остановиться на безопасном расстоянии от стены, недостаточно просто ее видеть — надо знать, насколько она близко находится. Задача измерения расстояний до элементов окружающей среды ложится на сенсоры, называемые **дальномерами**. Основной физический принцип, на котором работают дальномеры, — это излучение определенного

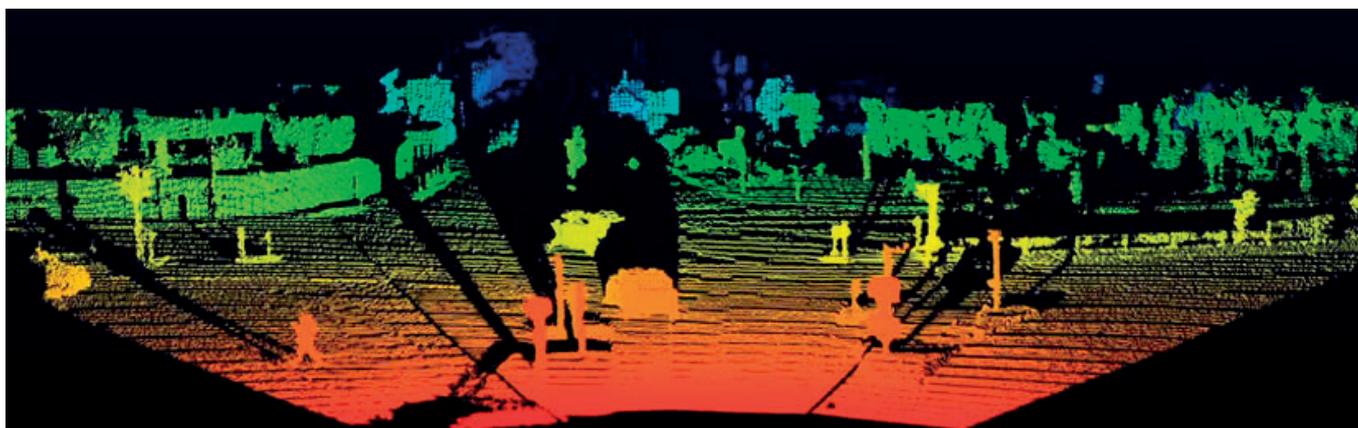


Рис. 85. Данные, получаемые при помощи сканирующего лазерного дальномера (<https://www.autonomousvehicleinternational.com>)



Рис. 86. Цветное облако точек  
(<https://www.nist.gov>)

сигнала (например, лазер или ультразвук) и измерение времени, за которое этот сигнал пройдет расстояние от излучателя до какого-то объекта и обратно. А так как скорость распространения этого сигнала известна, то рассчитать расстояние можно при помощи формулы, знакомой вам из курса физики.

Чем больше сенсоров расположено на роботе, тем полнее у него информация об окружающей среде. Например, современные лазерные дальнометры способны одновременно выпускать несколько десятков лазерных лучей и при этом за секунду делать несколько сотен таких измерений, направленных в разные стороны, тем самым получая трехмерное представление окружающего пространства (рис. 85). Такое представление называется облаком точек. Конечно же, оно отличается от уже привычных для нас трехмерных моделей.

Примерно такое же представление можно получить, используя *стереокамеры* (от греч. *στερεος* — объемный). Они работают по принципу нашего с вами зрения. Это две отдельные камеры, расположенные на некотором расстоянии друг от друга. Используя две камеры, можно получить изображение одного и того же пространства с двух ракурсов и при помощи геометрии определить расстояние до объектов. Применение камер также позволяет добавить цвет к облакам точек (рис. 86), что делает их более удобными к восприятию как для человека, так и для робота.

Дальнометры являются необходимыми сенсорами для роботов, чей функционал связан с движением или манипулированием объектами. Однако помимо них используется и много других сенсоров, а их выбор зависит

от решаемых роботом задач. Для роботов, которые должны воспринимать речь, это, разумеется, микрофоны. Для роботов-пожарных — датчики дыма и тепла. Для беспилотных летательных аппаратов (это тоже роботы) — устройства спутниковой навигации, которые также принято относить к датчикам.

Перечислять типы сенсоров и их специфику можно очень долго. Давайте обратимся теперь к не менее важной составляющей роботов — вычислительной системе. *Вычислительной системой* робота обычно называется набор из микроконтроллеров (микросхем, предназначенных для управления электронными устройствами) и компьютеров, которые вместе управляют роботом. Самый простой робот может управляться одним микроконтроллером, для более сложного порой требуется несколько. Существуют такие роботы, которыми можно управлять компьютерами дистанционно.

Задача вычислительной системы — это обработка информации с сенсоров, принятие решений и управление актуаторами (от англ. *actuator* — устройство, которое может «действовать»), о которых мы поговорим позже. В обиходе принято говорить о программе, которая управляет роботом, хотя на самом деле, в большинстве случаев это много отдельных программ, которые вместе работают над общей целью. Дело в том, что разделение на отдельные программы, каждая из которых занимается своей маленькой подзадачей, очень удобная практика, которая позволяет минимизировать ошибки, сделать систему более надежной и удобной для тестирования. Количество работающих программ в роботе может исчисляться сотнями. Одни программы собирают информацию с датчиков, другие ее обрабатывают, третьи на основе обработанной информации принимают решения, четвертые проверяют принятые решения, пятые для принятых решений генерируют план действий и так далее.

Конечно, над серьезными роботами трудятся большие команды программистов, у которых на вооружении есть проверенные методики разработки программного обеспечения. Программному обеспечению робота приходится ежесекундно делать огромное количество операций. С одной



Рис. 87. Различные варианты вычислителей для роботов  
(<https://www.syslogic.ai>)

стороны, это требует мощного «железа», то есть вычислителей. С другой стороны, чем компьютер мощнее, тем больше энергии он потребляет, а значит, необходимы аккумуляторы, способные обеспечить их работу, что особенно важно для мобильных роботов.

Помимо этого, компьютеры для роботов обычно стараются делать небольшого размера и массы. В каких-то случаях это неважно (например, для стационарных роботов-манипуляторов), а в каких-то чрезвычайно критично (например, для летающих малогабаритных роботов). Поэтому проблема выбора между мощностью, размером и энергопотреблением остро стоит перед производителями вычислительных систем для роботов (рис. 87).

Наконец, последняя часть робототехнических систем — это уже упомянутые актуаторы. **Актуатором** называется любое устройство, которое способно влиять на окружающую среду. Двигатели робота с колесами, манипуляторы, автоматические сеялки, системы пожаротушения, мимика лица андроида и даже аудиоколонки формально являются актуаторами. Именно с их помощью роботы выполняют свои функции — перемещаются в пространстве, сообщают людям какую-либо информацию, манипулируют объектами.

Конечно, актуаторы напрямую связаны с программным обеспечением: отдельные программы рассчитывают, с какой скоростью надо вращать колеса, чтобы робот приехал в нужную точку; какие команды нужно подавать на приводы манипулятора, чтобы он дотянулся до нужного объекта, и т. д. Большинство

актуаторов снабжено своими собственными сенсорами: на колесах обычно установлены датчики скорости, на сервоприводах — датчики положения. Все это системы так называемой обратной связи, которая помогает роботам лучше контролировать себя (рис. 88).

Бытует мнение, что робот — это система, которая все о себе знает и способна все точно просчитать. На практике же ситуация чуть ли не диаметрально противоположная: из-за несовершенства всех трех перечисленных компонентов роботы постоянно находятся в состоянии неопределенности, так как сенсоры получают информацию об окружающей среде всегда с погрешностями, актуаторы выполняют не совсем те команды, которые им подаются. В реальном мире существуют сотни причин, которые могут различным образом повлиять на оборудование робота (вплоть до температуры окружающей среды), и учесть их все пока не представляется возможным в общем случае.

Но, в свою очередь, программное обеспечение должно работать с этой реальностью и при этом еще и выполнять требования по времени, которые для некоторых роботов очень жесткие. Представьте, что перед беспилотным автомобилем на проезжую часть неожиданно выскочил ребенок. У вычислительной системы имеются лишь доли секунд, чтобы собрать информацию с сенсоров, обработать ее и определить, что возникло новое препятствие, затем рассчитать, успеет ли автомобиль затормозить, а если нет, то предложить новую, безопасную для пассажиров и других участников движения

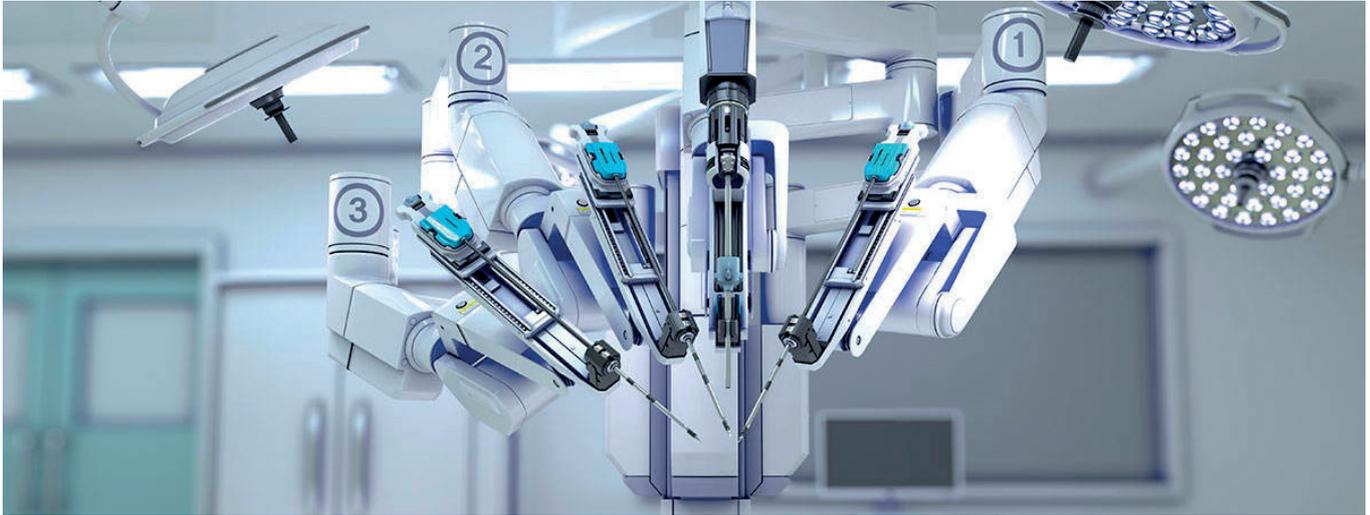


Рис. 88. Манипуляторы медицинского робота являются его актуаторами  
(<https://www.ul.com>)

траекторию для следования, позволяющую избежать несчастного случая. Все эти задачи очень сложны, и современная робототехника планомерно улучшает надежность алгоритмов и методов, которые их решают, повышая быстродействие вычислительных систем.

Конечно, робототехника решает не только задачи создания программного обеспечения: многие инженеры и ученые улучшают точность сенсоров и актуаторов, разрабатывают новые конструкции и схемы роботов, а также материалы, из которых они сделаны.

Поговорим теперь о том, какими бывают роботы. Сначала рассмотрим сферы их применения. Бытовые роботы — те, с которыми мы сталкиваемся в повседневной жизни. Бытовых роботов иногда называют сервисными (от франц. *servis* — услуга, служба). Промышленные роботы — автоматизированные системы, использующиеся на различных производствах. Исследовательские роботы — те, которых ученые применяют для разработки и тестирования новых методов, алгоритмов и устройств. Существуют также медицинские, военные и спасательные роботы, названия которых говорят сами за себя.

Роботы могут разделяться по уровню автономности, то есть независимости. Несмотря на то что во многих определениях, приведенных в предыдущем параграфе, фигурирует требование автономности, существуют полностью дистанционно управляемые объекты, тоже называемые роботами. Такое ручное управление применяется в задачах, которые по каким-либо причинам

не могут быть решены автоматически. Яркий пример дистанционно управляемых роботов — военная сфера. Например, робот-сапер позволяет с безопасного расстояния при помощи манипуляторов взаимодействовать с взрывчатыми объектами.

Следующей ступенью являются частично автономные роботы. В отличие от полностью управляемых, они способны брать на себя часть нетривиальных задач. Уровень частичной автоматизации может очень сильно варьироваться. Например, принято считать беспилотное такси полностью автономным, однако, цель поездки все равно задается человеком. Полная автономность встречается достаточно редко, потому что большинство современных роботов так или иначе требует обслуживания, которое пока что выполняется людьми.

Еще одним типом роботов являются **коллаборативные** (от лат. *laboro* — работать, *collaboro* — сотрудничать, работать совместно) — это те роботы, которые работают вместе с человеком над одной задачей.

*Примером может быть транспортный робот, следующий за человеком, или гибридный (от лат. **hybrida** — помесь) сборочный цех с манипуляторами и людьми.*



*К таким роботам обычно применяют повышенные нормы безопасности, так как они больше других контактируют с человеком.*



Рис. 89. Поисково-спасательная группа из дрона и собаки  
(<https://www.unmannedsystemstechnology.com>)

Несмотря на то что в определении коллаборативных роботов обычно фигурирует человек, есть примеры взаимодействия роботов с животными. Так, на рис. 89 изображены и дрон, и собака, которая обучена с ним взаимодействовать. Они вместе выполняют поисково-спасательные операции: дрон с воздуха способен быстрее обнаружить цель, особенно когда речь идет о больших территориях, собака же обучена следовать за дроном, а потом находить цель по запаху.

Роботов можно также разделить по способу перемещения: от стационарных до мобильных. Последние включают в себя наземных, летающих, подводных, надводных, космических роботов и различные варианты их гибридизации.

Можно разделять роботов по степени похожести на человека (антропоморфности), начиная от совсем не похожих на людей и заканчивая полными копиями существующих личностей (рис. 90). Роботов с высоким



Рис. 90. Андроиды японского профессора Хироши Ишигуро и их прообразы  
(<https://www.youtube.com>)

уровнем антропоморфности также называют **андроидами** (от греч. *άνδρ-* — мужчина и суффикса *-oid*).

*Мы перечислили лишь основные типы, по которым можно разделить роботов, однако,*

*в профессиональной среде их значительно больше, они учитывают особенности конструкции, сенсорики, программного и энергообеспечения.*

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Актуатор** — устройство влияния на окружающую среду (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2009).

**Андроид** — робот с высоким уровнем антропоморфности по внешнему виду (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2009).

**Вычислительная система** — набор из вычислителей (микроконтроллеров и компьютеров) обеспечивающий работу программного обеспечения (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2009).

**Дальномер** — сенсор, определяющий расстояние до элементов окружающей среды (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2009).

**Коллаборативный робот** — робот, работающий вместе с человеком над одной задачей (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2009).

**Сенсор (датчик)** — устройство измерения параметров окружающей среды (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2009).

**Стереокамера** — сенсор, состоящий из двух камер, закрепленных на некотором расстоянии друг от друга и направленных в одну сторону (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2009).

**Техническое (компьютерное) зрение** — область науки и техники, занимающаяся обработкой и анализом изображений (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2009).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Бейктал Д. Конструируем роботов от А до Я. Полное руководство для начинающих. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019.
2. Копосов Д.Г. 3D-моделирование и прототипирование. 7 класс. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2022.
3. Копосов Д.Г. Начала инженерного образования в школе. STEM-образование в России. Выпуск 1. 2015.

### Дополнительная:

1. Арнольд Н. Крутая механика для любознательных. — М.: Лабиринт, 2020.
2. Блум Д. Изучаем Arduino. — WILEY, 2015.
3. Воронина В. Программирование для детей. От основ к созданию роботов. — СПб.: Питер, 2018.

### Автор рекомендует:

Толкиен Д. Властелин колец: Трилогия. — М.: Neoclassic, 2024.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Внимательно рассмотрите рисунок 90. Попробуйте определить, кто является человеком, а что — андроидом.
2. Охарактеризуйте все три основных компонента робототехнической системы.

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Таблица:** Вспомните вашего самого любимого робота из научной фантастики и назовите все его сенсоры и актуаторы. Назовите, к какому типу роботов по перечисленным в параграфе критериям он относится.
2. **Эссе:** Вспомните реальных роботов, с которыми вы сталкивались. Важна ли для них способность быстрого принятия решений так же, как для беспилотного автомобиля?
3. **Рисунок:** Придумайте своего робота и зарисуйте его. Опишите все сенсоры и актуаторы придуманного вами робота.

## НАУЧНАЯ ЗАДАЧА

### *Развитие технологий компьютерного зрения*

Компьютерное зрение имитирует человеческое, но превосходит его в возможностях исследования больших площадей или, наоборот, находя микроскопические дефекты, незаметные человеческому зрению. Это достигается благодаря использованию специальных алгоритмов, работой с большими объемам данных и камерами.

Интерес к этой области искусственного интеллекта растет, так как помогает человеку в различных сферах деятельности — проводят автоматизированную диагностику, превосходящую по точности и скорости традиционные методы исследований; организуют интеллектуальное управление производством; отслеживают развитие сельскохозяйственных культур на обширных территориях. На сегодняшний момент среди важных задач, требующих решения, можно выделить повышение качества получаемых данных, скорость их обработки в режиме реального времени. Например, в НИЦ «Курчатовском институте» разрабатываются материалы, повышающие производительность компьютеров.

### **Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?**

#### **Источники информации:**

1. В Курчатовском институте создали «социум» роботов, способных решать задачи: Сайт РИА-Новости, 13.02.2018. <https://ria.ru/20180213/1514549848.html>.
2. Майнцер К.: Сложносистемное мышление. — М.: ЛИБЕРКОМ, 2009.
3. Каляев И.А.: Однородные нейроподобные структуры в системах выбора действий интеллектуальных роботов. — М.: Янус-К, 2000.
4. РАН, Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского; А.В. Градецкий и др.; рец.: А.В. Синев, М.Ю. Рачков: Механика миниатюрных роботов. — М.: Наука, 2010.

## § 21. Актуальные проблемы робототехники

Ограничения в области материалов, энергоэффективности, сенсорики, актуаторов и принципов управления



**Московский Антон Дмитриевич,**  
начальник группы «Системы управления»  
лаборатории робототехники отдела  
нейрокогнитивных наук, интеллектуальных  
систем и робототехники  
Курчатовского комплекса  
НБИКС-природоподобных технологий  
НИЦ «Курчатовский институт»

*«В науке нет широкой столбовой дороги,  
и только тот может достигнуть  
ее сияющих вершин, кто, не страшась  
усталости, карабкается по ее каменистым  
тропам» (Карл Маркс)*

***Изучив материалы параграфа, вы узнаете о проблемах, которые мешают развитию робототехники и более активному внедрению в нашу жизнь ее достижений.***

В предыдущих параграфах мы узнали о том, как устроены роботы, какими они бывают и где используются. С одной стороны, роботы активно вошли в нашу жизнь, с другой — мы пока еще далеки от научно-фантастических произведений, где роботов применяют повсеместно. В чем же причина таких различий и что мешает роботам проникнуть во все сферы нашей жизни? Давайте по порядку рассмотрим основные проблемы, которые сдерживают развитие робототехники.

Для начала хочется отметить, что в научной фантастике робот часто представляется как очень сильный и очень прочный аппарат — ведь

он сделан из металла и обладает мощными приводами! На практике это применимо, пожалуй, только к промышленным манипуляторам, которые действительно имеют мощные приводы и питаются от сети.

Если же взять андроида, даже такого, как один из самых совершенных на сегодняшний день робот Atlas (рис. 91), то все окажется почти наоборот.

*Приводы, которые позволяют роботу двигать своими конечностями, достаточно мощные, чтобы выдержать его собственный вес и даже совершать сложные движения (например, прыжки и бег), но не дают ему какой-то суперсилы относительно человека.*



При этом, чем мощнее и быстрее приводы, тем больше энергии они потребляют, что, в свою очередь, либо сокращает время автономной работы, либо требует установки дополнительных аккумуляторов, увеличивая тем самым вес робота и нагрузку на приводы. Получается замкнутый круг.

Возникает проблема — отсутствие мощных, быстрых и при этом энергоэффективных приводов. Конечно, ученые и инженеры проводят исследования в этой области. И одним из направлений,

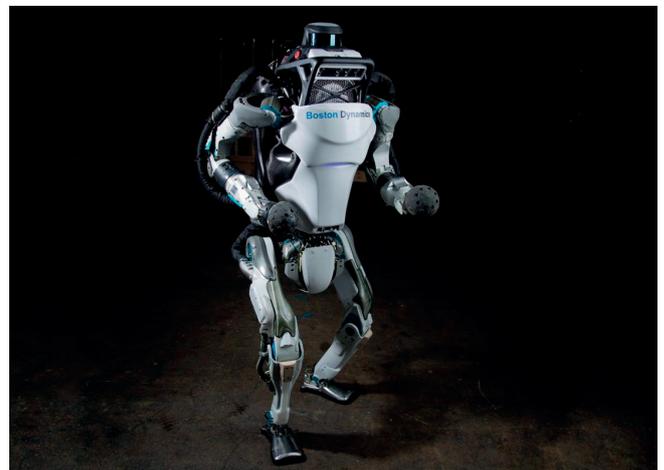


Рис. 91. Исследовательский робот Atlas (<https://3dpt.ru>)

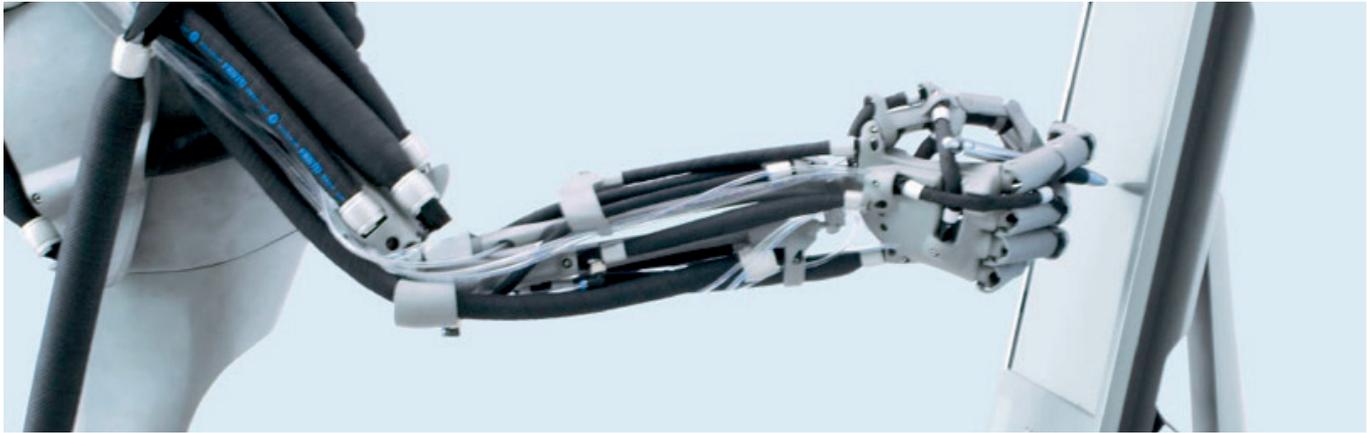


Рис. 92. Робо-рука с искусственными мышцами (<https://www.festo.com>)

к которому мы постоянно будем возвращаться в этом параграфе, является так называемая **биоподобная** (иногда еще говорят биоинспирированная) **робототехника**. Это такая область робототехники, в которой решения интересующих вопросов пытаются подсмотреть у природы, отсюда и приставка «био».

В вопросах создания приводов есть направление, которое занимается искусственными мышцами, и первые прототипы уже известны (рис. 92). Конечно, они пока не дотягивают по энергоэффективности и мощности до наших с вами мышц, но весьма перспективны. Для их создания активно применяются новые современные материалы. Так, существуют полимерные материалы, которые способны сокращаться под внешним воздействием, например, температурным или электрическим.

Другой проблемой современной робототехники является вопрос сенсоров. В предыдущем параграфе мы узнали о том, какими они бывают и как используются, теперь же узнаем об их ограничениях. Если говорить о сенсорах, которые регистрируют аудио- и видеоинформацию, то в последние



Рис. 93. Рыба-робот (<https://www.ubergizmo.com>)

годы был достигнут очень значимый прогресс как в получении этой информации, так и в ее обработке.

Однако для функционирования в человеческой среде только лишь этой информации недостаточно. Мы с вами помимо того что видим и слышим, еще осязаем, то есть чувствуем прикосновения. Это существенно помогает нам реагировать на объекты и при передвижении, и при манипуляциях. Наша кожа способна чувствовать прикосновения практически в любой точке, но робота, конечно, снабдить таким количеством датчиков, чтобы покрыть весь его корпус, весьма проблематично. Поэтому биоподобная робототехника занята вопросами создания эластичной, водонепроницаемой и прочной искусственной кожи для обшивки роботов, а также проблемами регистрации прикосновений по всей поверхности.

Разработка новых материалов связана также с вопросами **биомимикрии** — области максимально точного копирования биологических существ, в особенности их внешнего вида. В прошлом параграфе мы говорили об андроидах, которые очень похожи на людей. Вопрос «а нужны ли нам роботы, очень похожие на людей?», до сих пор является открытым.

*Некоторые люди находят их пугающими, кому-то некомфортно принять робота за реального человека, а кто-то, наоборот, считает, что похожесть улучшает и упрощает коммуникацию с такими роботами.*





Рис. 94. Работа системы технического зрения по распознаванию окружающей среды (<https://datafloq.com>)

Конструируются также роботы, сложно отличимые от животных (рис. 93). Целью их создания может являться наблюдение за живыми организмами в их естественной среде. Ведь использование привычных для нас летающих или наземных роботов может пугать животных, тем самым меняя их поведение. Есть и другие применения роботов, похожих на животных. Например, существуют роботы-рыбы, которые отпугивают настоящих рыб-вредителей или заманивают косяки в рыбацкие сети.

Отдельно хочется обозначить проблемы, связанные с обработкой сенсорных данных. Конечно, последние исследования в областях технического зрения, обработки естественного языка и искусственного интеллекта в целом поражают воображение. Роботы способны распознавать объекты в окружающей среде уже почти на уровне человека (рис. 94), огромные подвижки в последние годы сделаны в области общения на естественном языке: порой чат-бота невозможно отличить от человека по стилю общения. Все эти прорывы в основном связаны с таким разделом искусственного интеллекта, как *машинное обучение*. Такая технология позволяет искусственным агентам (роботам или просто компьютерным программам) осваивать навыки на основе набора специально подготовленных данных. Они включают в себя то, что должно подаваться на вход агенту, и то, что он должен сам выдать в качестве результата. Обычно для этого используются нейронные сети — математические модели и их программные или аппаратные средства, которые отдаленно напоминают устройство нашей нервной системы. Однако последние исследования в области нейронауки, изучающей мозг и связанные с ним процессы, все дальше

отделяют искусственные нейронные сети от реальных. Тем не менее искусственные нейронные сети дали большой толчок в области анализа данных, которые роботы получают со своих сенсоров.

С ростом сложности и объема нейронных сетей требуются все более совершенные компьютеры. Например, чтобы запустить чат-бота из широко известного семейства GPT, требуется весьма совершенная модель компьютера со специальным ускорителем, на котором могут работать нейронные сети. И, увы, не каждого робота экономически выгодно таким компьютером оснащать — вряд ли большинство людей согласится переплачивать в несколько раз за робот-пылесоса только ради того, чтобы он мог также быть хорошим собеседником.

Мы опять подошли к проблеме высокопроизводительного, но при этом компактного, энергоэффективного и доступного вычислителя для роботов. Исследования не стоят на месте: существуют разработки специальных вычислителей, которые адаптированы к работе с нейронными сетями и при этом обладают низким потреблением. Они называются нейроморфными, то есть пытающимися имитировать деятельность мозга. Кстати, эта проблема имеет и другое решение, связанное с развитием систем связи. Мощный компьютер, способный выполнять требуемые задачи, может быть стационарным, а робот просто будет связываться с ним удаленно. Такой сервер вполне может обслуживать сразу несколько роботов.

И раз уж мы заговорили о нескольких роботах, то давайте обсудим *групповую робототехнику*. Этот подраздел изучает группы роботов и то, как ими управлять,

как организовать взаимодействие между ними, чтобы они смогли решать сообща одну задачу. Считается, что существует ряд задач, с которыми несколько роботов справятся лучше, чем один, даже если они будут намного проще. Ярким примером такой задачи является работа на больших территориях, например, поисковая.

Как группе летающих дронов договориться между собой о том, чтобы равномерно распределиться по территории? Есть два подхода организации управления группой роботов: **централизованный** и **децентрализованный**. Первый подход — когда у группы есть один центр, который управляет всеми роботами. В нашем примере с поисковыми дронами центр сам делит исходную территорию на равные части и в каждую отправляет по дрону. Этот подход хорош, пожалуй, всем, за исключением одного фактора: всегда должна быть связь между центром и каждым членом группы. Однако связь может быть нарушена, например, в результате погодных условий или в случае активного противодействия, если речь идет о военной сфере применения; в конце концов, что-то может произойти с самим центром. В этом случае вся группа теряет свою эффективность и не может выполнять поставленную задачу. Для таких ситуаций есть децентрализованное управление, когда каждый робот самостоятельно принимает решения на основе текущей ситуации и взаимодействия с другими роботами. Это позволяет сделать работу коллектива более устойчивой к выводу из строя ее отдельных частей.

Подсказку, как организовать подобное управление, нам опять дает природа:

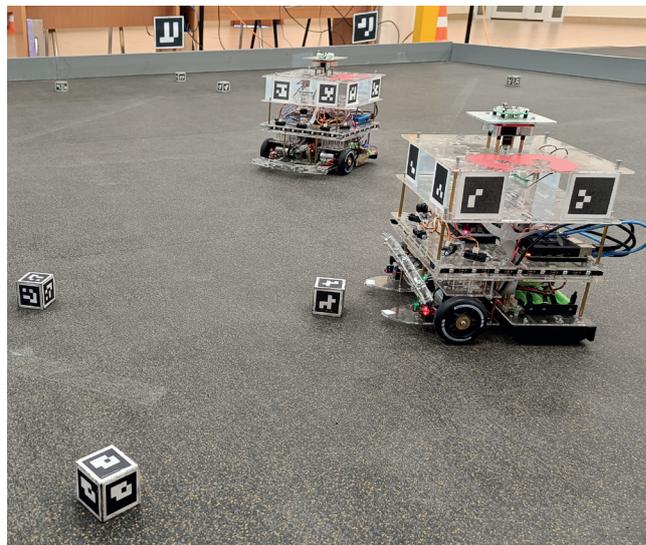


Рис. 95. Исследовательская группа роботов, на которой отрабатываются алгоритмы взаимодействия, основанные на изучении поведения муравьев (фото выполнено в лаборатории робототехники Курчатковского комплекса НБИКС-природоподобных технологий)

существуют такие чудесные насекомые, как муравьи, пчелы, осы и термиты, которые живут большими семьями, но при этом все работают над общей целью. Робототехники, разрабатывающие природоподобные алгоритмы управления группами роботов (рис. 95), работают в тесной связи с энтомологами (учеными, изучающими насекомых). Совместная работа с учеными привела к созданию и исследованию методов и моделей социального поведения у группы роботов.

*Теперь вы знаете, что ученые сегодня пытаются многое почерпнуть у природы. Надеемся, что после прочтения этого параграфа у вас не осталось чувства, что все проблемы в робототехнике уже решены. Если ощущаете в себе тягу к этой области, то продолжайте учиться, на вашу долю еще останется много интересных открытий!*

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Биомимикрия** — буквально «подражание природе» (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2009).

**Биоподобная (биоинспирированная) робототехника** — область робототехники, применяющая идеи, изученные в природе, при проектировании реальных систем (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2009).

**Групповая робототехника** — область робототехники, занимающаяся вопросами координации систем, состоящих из многих роботов (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2009).

**Децентрализованное управление группой** — управление, при котором каждый член группы самостоятельно принимает решения (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2009).

**Машинное обучение** — направление искусственного интеллекта, сосредоточенное на создании систем, которые обучаются и развиваются на основе получаемых ими данных (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2009).

**Централизованное управление группой** — управление при помощи единого центра (подробнее: Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. — М.: Большая Рос. энцикл., 2009).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Ревич Ю. Электроника шаг за шагом. Практикум. — М.: ДМК Пресс, 2021.
2. Филиппов С.А. Уроки робототехники. Конструкция. Движение. Управление. — М.: Лаборатория знаний, 2017.
3. Шейн А.В. Машиностроение и робототехника. — Барнаул, 2022.

### Дополнительная:

1. Вордерман К. Программирование для детей. Иллюстрированное руководство по языкам Scratch и Python. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019.
2. Давыдова Н.А. Основы искусственного интеллекта: учебное пособие. — БИНОМ. Лаборатория знаний, 2021.
3. Карпов В.Э. Социальные сообщества роботов. — М.: ЛЕНАНД, 2019.
4. Тиммонс-Браун М. СПб, 2020. Робототехника на Raspberry Pi для юных конструкторов и программистов: Пер. с англ. — СПб.: ВHV-Петербург, 2020.

### Автор рекомендует:

Азимов А. Я, робот. — М.: Эксмо, 2022.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как вы считаете, какой принцип группового управления наиболее эффективен для следующих групп роботов: роботы-курьеры, складские роботы, рой боевых дронов?
2. Как вам кажется, должны ли роботы-андроиды быть максимально похожи на людей или лучше, чтобы они были заведомо созданы отличающимися от человека?

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. **Выступление:** О задаче, которую группа простых роботов решала бы лучше, чем один сложный и совершенный робот. Как вы видите ее решение при помощи группы роботов?
2. **Эссе:** Внешний вид робота — это важный критерий или нет?

## НАУЧНАЯ ЗАДАЧА

### *Использование роботов при проведении операций на сердце человека*

Использование роботов в медицине началось с 1980-х годов. Первые аппараты помогали хирургам в ортопедических манипуляциях, выполняли функции операционной медсестры, подавая необходимые врачу инструменты по голосовой команде. В 2023 году в Санкт-Петербурге с помощью робота была проведена первая операция на сердце по удалению крупной доброкачественной опухоли — миксомы. Особенностью является то, что доступ к сердцу был осуществлен через роботические порты через межреберья, сводя к минимуму травмирование скелета и мягких тканей. Восстановление пациента прошло быстрее, чем при лечении традиционными методами. Теперь планируется привлечение роботов к проведению других видов кардиохирургических операций. НИЦ «Курчатовский институт» разрабатывает технологии для диагностики и лечения болезней сердца.

### **Возьмешься ли и ты за решение этой задачи?**

#### **Источники информации:**

1. Шевченко Ю.Л. Робот-ассистированная кардиохирургия — история, реалии, перспективы / Ю.Л. Шевченко, Л.В. Попов, Г.Г. Борщев // Вестник национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова, 2015. — № 1. — С. 111–113.
2. Боянович, Ю.В.: Анатомия человека. — М.: Эксмо, 2008.
3. Антонов В.Ф.: Физика и биофизика. — М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004.

## Самое важное в главе 4



Слово «робот» впервые появилось в 1920 году в пьесе Карела Чапека, а слово «робототехника» — в 1941 году в рассказе Айзека Азимова. Механические человекоподобные устройства были известны с XV века. Электрические модели, близкие к современным роботам, впервые появились в конце сороковых годов XX века. Современные роботы — это сочетание аппаратной платформы и систем управления. Прикладная наука, занимающаяся разработкой автоматических роботизированных систем, называется робототехникой.



С точки зрения управления существуют управляемые, полуавтономные и автономные роботы. Действия управляемых роботов полностью контролируются оператором, полуавтономных и автономных — заданной программой без вмешательства человека. Автономные роботы способны корректировать свои действия самостоятельно.



Имитировать познавательные функции человека позволяет компьютерная технология, называемая искусственным интеллектом. Действия любого интеллектуального робота осуществляются на основе обратной связи от мощных сенсоров.



Роботы и искусственный интеллект успешно используются для самых разнообразных целей в промышленности, медицине, науке, социальной сфере, в быту. Однако существуют технические, юридические, социальные, этические и другие причины, которые оказывают влияние на развитие робототехники и ограничивают использование роботов.

**Марат Аркадьевич  
Камболов**

Директор Национального  
исследовательского центра  
«Курчатовский институт»,  
кандидат юридических наук



## **Дорогие ребята!**

Вы закончили изучение курса, который является своеобразным введением в междисциплинарную область научных исследований — НБИКС-природоподобные технологии.

Вам удалось познакомиться с разнообразными природными процессами — фотосинтезом, дыханием, биоэлектричеством и биолюминисценцией. Вы узнали, как человек научился использовать эти процессы для решения многих проблем — технических, научных, медицинских, бытовых.

Мир окружающих нас веществ и материалов чрезвычайно разнообразен. Авторы пособия рассказали вам о строении, свойствах и областях применения некоторых неорганических и органических веществ, раскрыли тайны полимеров, кристаллических и аморфных веществ.

Как устроены мозг и нервная система человека, какие процессы происходят в них, как контролируются все наши движения, что такое память и как она связана с обучением, может ли взгляд человека отразить мыслительные процессы и состояние его мозга? На эти непростые вопросы вы смогли получить ответ, изучив главу «Мозг».

О том, что такое роботы, какие этапы развития прошла робототехника, какие проблемы она изучает и решает, что такое искусственный интеллект, вам удалось узнать, познакомившись с материалами заключительной главы «Природоподобная робототехника».

Все материалы пособия подготовлены сотрудниками Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», многие из которых — совсем недавние выпускники вузов. Однако им уже удалось получить интересные научные данные и рассказать вам о них.

Надеемся, что наука способна увлечь вас, и вы продолжите дальнейшее знакомство с нашим курсом. Возможно также, что кто-то из вас захочет посвятить свою жизнь изучению тех научных проблем, которые исследуются и успешно решаются в лабораториях Национального исследовательского центра «Курчатовский институт». Дерзайте!

**Желаю вам успехов!**

## ***Дорогой Юный курчатовец!***

*В этом учебном году ты вместе с другими школьниками Курчатовских классов из разных уголков нашей Родины изучал программу, разработанную научными сотрудниками Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» и многих других научных организаций нашей страны.*

*Ты познакомился с тем, как развивается современная наука в области НБИКС-природоподобных технологий, как важно применять единство знаний в области физики, химии, биологии, информационных, когнитивных и социогуманитарных технологий для получения новых знаний.*

*Никогда не сдавайся в своем желании познания: много читай, стремись анализировать то, что проходишь в школе, совмещай знания из разных предметов — и тебя ждут новые открытия.*

*Но самое главное — постоянно учись думать: размышляй, делай выводы, но придержишься принципа научной доказательности.*

*Мы будем рады получить от тебя письмо. Ты также можешь написать одному из авторов — он обязательно ответит.*

*Наш адрес:*

*Кому: Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт». Департамент образовательной деятельности*

*Куда: Россия, г. Москва, пл. Академика Курчатова, д.1*

*Индекс: 123182*

*Желаем тебе новых свершений!*

*Наука — одна из сфер деятельности, где ты можешь добиться успехов благодаря любознательности, усердию и трудолюбию!*

***Коллектив авторов***

ISBN 978-5-00004-093-5



9 785000 040935 >

Отпечатано в типографии  
ООО «Полиграфический комплекс»,  
Москва, 3-я Хорошевская ул.,  
д.18, корп.1, 2024

Не для продажи