



Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Московский педагогический государственный университет»

Естествознание

Учебник для 11 класса
общеобразовательных учреждений

Под редакцией И.В. Разумовской



Москва 2014

ББК 74.262

Е86

*Учебник подготовлен при финансовой поддержке
Фонда инфраструктурных и образовательных программ*

Авторский коллектив:

Н.С. Пурьшева, И.В. Разумовская, С.К. Пятунина,
М.А. Винник, Р.А. Петросова, А.В. Теремов,
Н.М. Кутузова, И.А. Жигарев

Учебник подготовлен при участии:

В.В. Маландина, Е.Б. Петровой, Н.В. Шароновой,
Л.С. Илюшина, Е.И. Казаковой

Пурьшева Н.С., Разумовская И.В., Пятунина С.К. и др.

Е86 Естествознание: Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений / Под ред. И.В. Разумовской. — М.: Национальный книжный центр, 2014. — 204 с.

© МПГУ, 2014

© Оформление. ООО «Национальный
книжный центр», 2014

Глава **1** Эволюция человека

§ 1. Гипотезы и теории происхождения человека

Изучив материал данного параграфа, вы сможете излагать основные положения гипотез и теорий происхождения человека; сравнивать научные и религиозные взгляды на происхождение человека, приводить убедительные доказательства происхождения человека от животных

Вы помните

– *существующие представления о происхождении человека.*

Религиозные воззрения. История представлений о происхождении человека уходит в глубокую древность. Дошедшие до нас сведения свидетельствуют, что у многих народов существовали мифы о сотворении человека богами. В шумерских глиняных табличках – памятниках древнейшей письменности, датированных около 3 тысяч лет до н.э., – говорится, что первые люди были слеплены богами из глины. Позднее этот миф был заимствован вавилонянами, а затем египтянами, греками и, наконец, нашел свое отражение в Библии – священной книге христиан.

В библейской мифологии имеется два варианта *сказания о сотворении человека*. Одно содержит рассказ о сотворении Богом первого человека – мужчины Адама («Адам» по-древнееврейски означает «краснозем» или «глина»), из праха и дыхания жизни, и первой женщины – Евы, из его ребра. Другое, более позднее, библейское сказание, принятое в современном христианстве, исходит из представления о Боге как Творце Вселенной; в нем сотворение людей завершает шестидневное творение мира.

Научные теории. Научные основы решения проблем происхождения человека были заложены еще учеными античного мира. Так древнегреческий философ Аристотель признавал отдаленное родство человека с животными и относил его в своей систематике к группе «животные с кровью». Анаксимандр предполагал, что предками людей были рыбы, что еще раз подтверждает удивительную прозорливость древних философов. Древнеримский врач Клавдий Гален, производя анатомические вскрытия обезьян, убедился в значительном сходстве строения их органов с человеческими. Более поздние анатомические исследования тела человека

также подтвердили его сходство с животными (рис. 1.1).

Несмотря на развитие естественных наук, вплоть до начала XVIII в. прочно господствовали теологические представления о божественном сотворении человека. Все инакомыслящие преследовались священной инквизицией. В 1450 г. был сожжен на



Рис. 1.1. Урок анатомии доктора Тульпа.
Картина Рембрандта (1632 г.)

костре Самуил Сарс, который осмелился сказать, что человечество древнее, чем учит Библия. Знаменитый Карл Линней, который в 1735 г. в работе «Система природы» впервые дал научное описание вида *Человек разумный* (*Homo sapiens*), придерживался представления о сотворении человека Богом. Ученый, хотя и поместил человека вместе с обезьянами, ленивцами и летучими мышами в один отряд Приматы, не предполагал его родства с животными и обращался к нему со словами: «Memento Creatoris Tui» (Помни своего Творца).

Первым, кто предположил непосредственное родство человека с человекообразными обезьянами, был Жан Батист Ламарк. В книге «Философия зоологии» (1809) он высказал предположение, что предком человека была одна из ныне живущих человекообразных обезьян — «ангольский оранг», т.е. по современной систематике — шимпанзе. Движущими силами превращения обезьяны в человека Ламарк считал прямохождение и привычку пользоваться челюстями только для жевания, что, по его мнению, привело к превращению передних конечностей в руки и изменило лицо. Антропогенная гипотеза Ламарка, как и его эволюционная концепция, незаслуженно не имела успеха у современников.

Наиболее убедительные доказательства происхождения человека от животных были приведены Чарльзом Дарвином в 1871 г. в книге «Происхождение человека и половой отбор». Сформулированная в ней *симпильная теория* (от лат. *simia* — обезьяна) основывалась на положении о том, что современный человек представляет

последнее, высокоорганизованное звено в цепи развития живых существ и имеет общих далеких предков с современными человекообразными обезьянами. В 1872 г. в работе «О выражении эмоций у человека и животных» Дарвин дополнил свою теорию, показав, что многие эмоции у человека и животных выражаются сходным образом. Эти два научных труда вызвали большой общественный резонанс. У симиальной теории появились активные сторонники и непримиримые противники. Почти все, кто выступал против симиальной теории, попросту ее не поняли, полагая, что речь идет о происхождении человека от существующих в настоящее время человекообразных обезьян. Такое заблуждение и ныне свойственно многим активным критикам дарвиновской теории.

На рис. 1.2 приведена ветвь эволюционного «дерева», на которой отмечен последний общий предок человека, шимпанзе и гориллы (Π_2) и затем последний общий предок человека и шимпанзе (Π_1). «С точки зрения биологической классификации человек не произошел от обезьяны – он ею как был, так и остался» (Александр Марков).

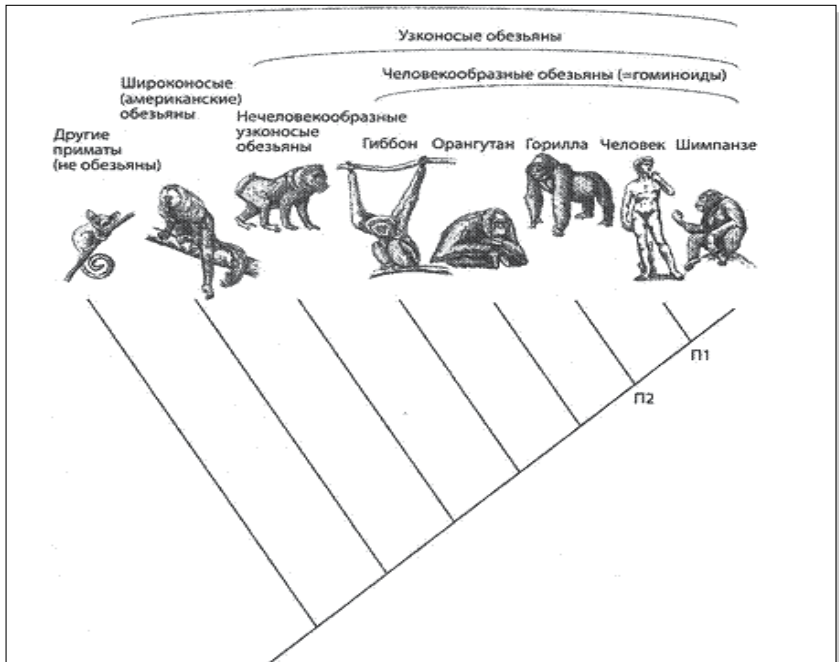


Рис. 1.2. Эволюционное «дерево» обезьян [Александр Марков]

При этом человек не является «вершиной» всего огромного эволюционного дерева жизни на Земле, а лишь окончанием одной из его ветвей. Другое дело, что только на этой ветви благодаря случайностям эволюции развился мощный мозг, членораздельная речь и появилось стремление понять самого себя.

Соотношение биологических и социальных факторов в антропогенезе обсуждал известный немецкий философ Фридрих Энгельс (рис. 1.3). Он разработал *трудовую теорию*, основные положения которой были им изложены в статье «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека» (1874). Кратко их можно охарактеризовать следующим образом.

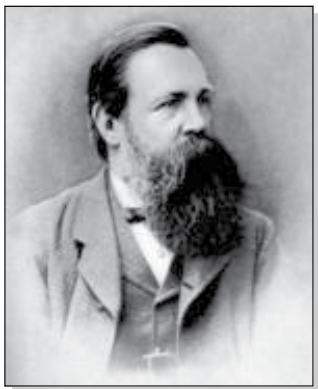


Рис. 1.3. Фридрих Энгельс (1820–1895)

1. При переходе от древесного образа жизни к наземному предки человека стали отвыкать от пользования руками для передвижения и усваивали все более прямую походку.

2. Отдаленный предок человека вначале использовал естественные орудия, а с освобождением руки от передвижения начал изготавливать искусственные орудия. В последующих поколениях рука совершенствовалась в изготовлении орудий труда.

3. Развитие руки влекло за собой развитие всего тела человека, в том числе и головного мозга, отвечающего за орудийную деятельность.

4. С появлением более совершенных орудий человек стал заниматься охотой, рыбной ловлей. Сытная белковая пища заменила более объемную растительную и в комбинации с увеличением активности в трудовой деятельности привела к развитию способностей и головного мозга.

5. Шкуры убитых животных, а также употребление огня, полученного во время грозы, извержения вулкана, а позднее добываемого при помощи примитивных орудий, позволили человеку расселиться в места с более суровым климатом.

6. Обработанная огнем пища легче усваивалась, требовала меньших нагрузок от челюстей и зубов и жевательной мускулатуры, что облагородило лицо нашего предка, которое стало более изящным.

7. Древний человек начал приручать диких животных, а затем окультурил и начал выращивать необходимые растения. Это увеличило разнообразие пищи, человек стал меньше страдать от голода.

8. Коллективная охота и совместное изготовление орудий труда требовала взаимной помощи и поддержки. Благодаря этому развивалась речь. С речью появилась способность к мышлению.

Таким образом, согласно теории Ф. Энгельса, труд и общественный характер трудовых отношений стали основным условием, определившим превращение древних человекообразных обезьян в человека.

У концепции животного происхождения человека до сих пор немало противников. Альтернативные традиционной науке знания: уфология, эзотерика и т.п. — выдвигают гипотезы внеземного происхождения людей, связывающие их появление на планете с посещениями ее инопланетянами. Однако многочисленные палеонтологические находки, а также открытия, сделанные молекулярной биологией, генетикой и другими науками, подтвердили справедливость теорий Дарвина и Энгельса.

Вопросы для самопроверки

1. Как исторически формировались взгляды на происхождение человека?
2. Что характерно для донаучных концепций антропогенеза — мифов и библейских сказаний?
3. С именами каких ученых связано развитие научных взглядов на происхождение человека?

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

1. Сравните взгляды на происхождение человека Линнея, Ламарка, Дарвина и Энгельса. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу:

Научные взгляды на происхождение человека

№ п/п	Ученые	Взгляды на происхождение человека

2. Подготовьте доклад о жизни и научной деятельности знаменитого биолога Жана Батиста Пьера Антуана де Моне Ламарка.

§ 2. СХОДСТВО И ОТЛИЧИЕ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Изучив материал данного параграфа, вы сможете устанавливать черты сходства и отличия человека и животных, выявлять положение вида *Человек разумный* в системе современного органического мира; характеризовать специфические особенности человека

Вы помните

– какие признаки современного человека доказывают его принадлежность к царству Животные, типу Хордовые, классу Млекопитающие, отряду Приматы.

Принадлежность вида *Человек разумный* (*Homo sapiens*) к царству Животные роднит его с другими организмами. Вместе с тем, как социальное существо, человек обладает существенными отличиями от других животных.

Сходство человека с другими животными. Весь процесс эмбрионального развития человека свидетельствует о родстве людей с другими позвоночными животными. В эмбриогенезе человека присутствуют все стадии, характерные для позвоночных. К концу первого месяца эмбрионального развития у зародыша человека закладывается хорда, нервная трубка, жаберные щели и хвост. На пятом месяце у плода на всем теле появляется мягкая шерсть, которая затем исчезает.

Теплокровность, развитие млечных желез, наличие волос на теле, развитие плода внутри тела матери в матке свидетельствует о принадлежности человека к классу Млекопитающие.

Множество признаков указывает на то, что человек является представителем отряда Приматы. Он обладает конечностями хватательного типа, на пальцах у него развиты ногти, имеется крупный головной мозг, в котором хорошо развиты большие полушария, характерно цветное зрение. На лице у человека развита мимическая мускулатура, присутствует, как и у высших приматов, четыре группы крови (А, В, АВ, 0) и резус-фактор, имеется одна пара млечных желез, характерны низкая плодовитость и длительный период детства в онтогенезе.

По общему плану строения тела человек сходен с позвоночными животными, особенно с человекообразными обезьянами, и обладает



Рис. 2.1. Рудименты человека: остаток мигательной перепонки птиц в углу глаза; Дарвинов бугорок на ушной раковине; аппендикс — червеобразный отросток слепой кишки

целым рядом морфологических черт, доказывающих его животную природу. В частности, к ним принадлежат многочисленные рудименты, имеющиеся у всех людей (рис. 2.1), а также изредка встречающиеся у отдельных представителей человеческого рода атавизмы.

Рудиментарными считаются органы, утратившие в процессе эволюции свое значение, но имевшиеся у предков. Всего у человека насчитывается свыше 90 рудиментов (например, копчик, червеобразный отросток слепой кишки — аппендикс и др.). Крайне редко встречаются атавизмы — случаи возврата к признакам предков, например, хвостатость и многососковость.

Отличия человека от других животных. Исследования последних лет подтвердили, что все отличия человека от других животных — результат эволюции (а не результат единичного акта творения). Поэтому у животных наблюдаются в менее развитой степени те особенности строения тела, мозга и соответственно — особенности психики — которые затем выделили человека в царстве животных и биосфере в целом.

Прямохождение — характерная особенность человека (рис. 2.2). Современные «родственники» человека — гориллы, шимпанзе — 5–10% времени также ходят на двух согнутых ногах, но им легче передвигаться, используя длинные руки, опираясь на ладони, кула-

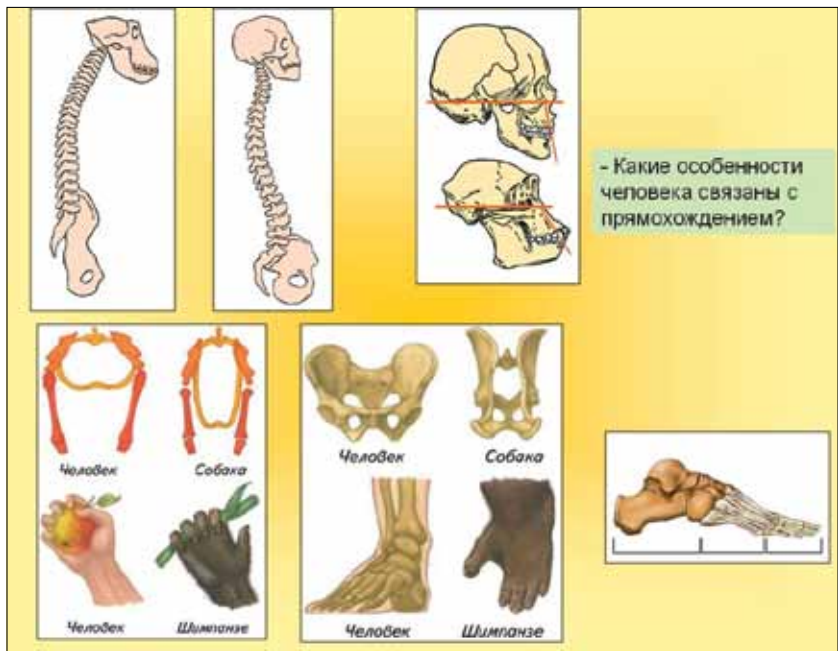


Рис. 2.2. Признаки человека, связанные с прямохождением

ки или костяшки пальцев. Однако последние исследования антропологов и палеонтологов показали, что общие предки человека, гориллы и шимпанзе мало похожи на этих современных обезьян. Многие признаки живущих сейчас человекообразных обезьян, включая способ передвижения, видимо являются результатом их специфической эволюции, связанной с местом обитания. В какой-то момент эволюционные пути их развития и развития предков человека разошлись (рис. 1.2).

Относительно причин перехода наших предков к прямохождению существует много правдоподобных версий. Исследователи отмечают, что прямохождение улучшило обзор при переходе от жизни в лесах к саванне, что оно могло возникнуть на базе наблюдающейся и сейчас манеры хождения человекообразных обезьян по тонким ветвям деревьев, что оно могло быть связано с переходами по дну водоемов и пр. Возможно, все эти факторы внесли свой вклад.

Сейчас известно, что в Африке примерно 7 млн. лет назад уже существовала большая группа обезьян, ходивших на двух ногах.

Это предки человека — ардипитеки, австралопитеки. Они жили в негустых лесах, перемежающихся открытыми местами. Однако, несмотря на прямохождение, мозг их был не больше, чем у современных шимпанзе. Видимо, более принципиальными моментами в формировании отличий человека от животных является не прямохождение, а начало изготовления каменных орудий (примерно 2,6 млн. лет назад) и начало увеличения мозга (немного более 2 млн. лет назад).

Переход к прямохождению привел в процессе эволюции предков человека к изменениям в строении тела. Для большей устойчивости при прямохождении центр тяжести тела переместился в нижнюю часть позвоночника. Позвоночник стал *S-образной формы* и вместе со *сводчатой стопой* смягчил толчки и сотрясения, возникающие при ходьбе, беге и прыжках. Возрастание нагрузки на нижние конечности вызвало увеличение размеров большого пальца стопы и появление особой сухожильной связки, обеспечившей параллельное расположение ее пальцев. Для поддержания органов брюшной полости при прямохождении в поясе нижних конечностей развились *широкие тазовые кости*. Уплотнение в переднезаднем направлении грудной клетки и перемещение затылочного отверстия черепа к центру его основания обеспечило лучшую балансировку тела.

Верхние конечности человека утратили функцию опоры и превратились в *руки* — органы труда. Противопоставление большого пальца кисти остальным способствовало ее подвижности и разнообразным движениям (письмо, игра на музыкальных инструментах, мелкие и точные манипуляции при ручной сборке приборов и др.).

Переход к прямохождению имел и свои минусы. Человек уступает в скорости бега большинству четвероногих животных. Изменения тазовых костей затрудняют роды ребенка с большой головой, соответствующей развитому мозгу.

У человека по сравнению с современными человекообразными обезьянами наблюдается *уменьшение размера челюстных костей (включая клыки)* и жевательной мускулатуры. Соответственно значительно меньше гребни на костях черепа, к которым прикрепляются жевательные мышцы. Мозговой отдел черепа преобладает у человека над лицевым (для животных характерно обратное соотношение), а надбровный костный валик отсутствует.

Принципиальным отличием человека от животных является его головной мозг, который отличается мощным развитием больших полуша-

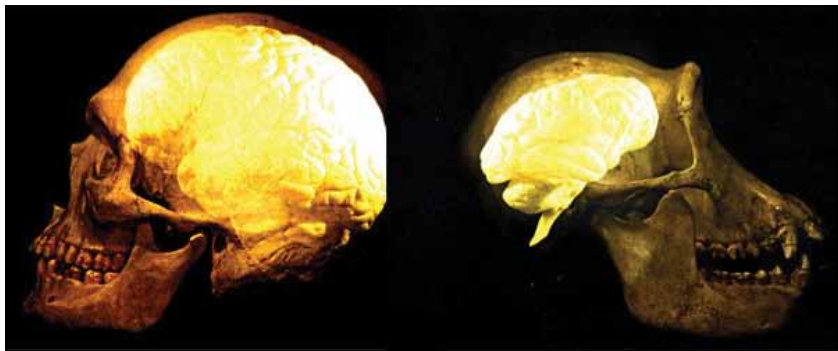


Рис. 2.3. Череп и головной мозг человека (слева) и шимпанзе (справа)

рий, особенно лобных, теменных и височных долей, ответственных за высшую нервную деятельность. Средняя масса мозга человека составляет 1350–1500 г, тогда как у человекообразных обезьян – гориллы и шимпанзе – он всего лишь 460 г. Поверхность больших полушарий у человека занимает площадь около 1200 см², а у шимпанзе – 400 см² (рис. 2.3.).

Рассудочная деятельность человека достигает наивысшего развития. Он обладает высокоразвитым сознанием, способностью к абстрактному мышлению, общению с помощью речи и письма. Особенностью высшей нервной деятельности человека является существование у него, кроме *первой сигнальной системы*, воспринимающей раздражители с помощью различных анализаторов, *второй сигнальной системы*. В основе ее работы лежит способность человека воспринимать видимую и слышимую речь, состоящую из слов. Услышанное или прочитанное слово воспринимается речевым и зрительным центрами, расположенными в лобных долях коры левого полушария головного мозга. В них возникают нервные связи, или ассоциации, а затем – конкретный образ, вызванный этим словом. Вторая сигнальная система позволяет не только оперировать конкретными образами, с ее помощью формируются и анализируются отвлеченные абстрактные понятия и символы, например математические и химические формулы. Развитие второй сигнальной системы качественно изменило характер информационных связей людей друг с другом. Речь, являясь средством общения, способствовала передаче информации в поколениях через обучение и воспитание.

Биокоммуникация свойственна и животным, вторая сигнальная система развилась у человека на ее базе в процессе эволюции. Например, эксперименты последних лет показали, что шимпанзе можно научить общаться на уровне двух – трехлетнего ребенка, но только в ответ на речь он отвечает жестами или специальными знаками-символами.

Существенным отличием человека от животных является изготовление орудий с помощью других орудий. Руки ардипитека уже принципиально отличались от сильных и цепких рук современных горилл и шимпанзе. Они ближе к рукам человека. Вначале первобытный человек использовал в своей жизни готовые естественные орудия – камень, ветку, кусок кости, т.е. такие предметы, которые применяют многие птицы и млекопитающие для добывания пищи и воды, строительства жилья и пр.

Еще Ч.Дарвин отметил, что человек – не единственное животное, способное к сложным манипуляциям с разными предметами. Животные даже проявляют первичное понимание причинно-следственных связей. Обезьяны используют листья как губку, чтобы добыть воду или стереть кровь, причем они вначале мнут и жуют эти листья. Морские выдры каланы многократно (до 12 раз) используют «удобные» камни для добычи и обработки пищи, таская их под мышкой или в складках кожи. Каланы «учитывают закон Архимеда»: при нырянии используют существенно более тяжелые камни. Новокаледонские галки носят «удачное» орудие в клюве весь день. Три зеленых цапли в Морском аквариуме Майами были пойманы на том, что подманивали рыб гранулированным рыбьим кормом, сворованным у сотрудников аквариума.

В последние десятилетия активно развивается *когнитивная этология*, которая изучает познавательные процессы у животных, в том числе исследуя особенности их орудийной деятельности. Полученные результаты помогают понять эволюционные корни орудийной деятельности и умственного развития человека.

Исследования палеонтологов показали, что примерно 2,6 млн. лет назад человек, в силу изменившихся природных условий, стал не только «собирателем» (плодов, насекомых и пр.), но и «падальщиком». Конкурируя с хищными птицами и гигантскими гиенами, люди подбирали кости с кусками мяса, оставшиеся от охоты саблезубых тигров и других крупных хищников. Чтобы успеть к месту «добычи» и быстро ее унести, требовалось быстро бегать; строе-

ние тела человека, связанное с прямохождением, продолжало развиваться. Каменные орудия были нужны для разделывания уносимых кусков мяса, добычи мозга из кости. Ими отбивались от соперников, прежде всего, гигантских гиен. Первые орудия наши предки изготавливали из кремня. На протяжении длительного времени этот встречающийся повсеместно твердый камень, способный раскалываться на тонкие пластинки с острыми режущими краями, был незаменимым материалом для изготовления каменных рубил, скребков, наконечников для копий, ножей и т.п. Создание и использование в повседневной жизни орудий способствовало развитию у наших предков мелких мышц руки и соответствующих двигательных зон коры больших полушарий головного мозга.

Впоследствии человек усовершенствовал орудия (каменные, а затем костяные и орудия из рога), перешел к самостоятельной охоте, затем земледелию. Орудия помогали ему готовить пищу, обустроить жилище. Совершенствование орудийной деятельности оказало существенное влияние на развитие мозга. Больше шансов на выживание и размножение имели группы людей, делавшие лучшие орудия и передающие свой опыт соплеменникам.

Переход к мясной пище способствовал развитию мозга. По калорийности мясная пища превосходит растительную и легче усваивается организмом; в ней содержатся животные белки с незаменимыми аминокислотами.

Изменилось взаимоотношение человека с природой. Он постепенно стал использовать различные источники энергии: органическое топливо, силу воды, силу ветра и т.д. Для их освоения человек изобрел разнообразные и весьма сложные орудия и механизмы. Так возникли и стали развиваться основы промышленности, сельского хозяйства и других видов производственной деятельности.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы черты сходства человека с животными?
2. Какие признаки отличают современного человека от животных?
3. Какие признаки современного человека обусловлены его прямохождением?
4. В чем особенность высшей нервной деятельности человека?
5. Чем орудийная деятельность человека отличается от орудийной деятельности некоторых птиц и млекопитающих?

Индивидуальные задания с использованием материала учебника

1. Приведите по 10 признаков отличий и сходств человека с обезьянами. Заполните таблицу.

	Сходство	Отличие
Человек		
Человекообразные обезьяны		

§ 3. Биологические и социальные факторы антропогенеза

Изучив материал данного параграфа, вы сможете характеризовать биологические и социальные факторы процесса историко-эволюционного становления человека как вида; сравнивать действие биологических и социальных факторов в антропогенезе

Вы помните

– *какие движущие силы (факторы) эволюции ведут к появлению у организмов приспособленности и видообразованию.*

Антропогенез — процесс историко-эволюционного становления человека как вида — был вызван теми же движущими силами (факторами), которые обеспечили эволюцию всего органического мира. Главными из них являются наследственная изменчивость и естественный отбор. Их принято называть *биологическими факторами* антропогенеза. Вместе с тем, поскольку человек — существо не только биологическое, но и социальное, в его эволюции действовали и специфические факторы — *социальные*. К ним относят групповое сотрудничество, общение, орудийную деятельность и появление у наших предков постоянных жилищ.

Биологические факторы антропогенеза. Вам уже известно, что различные формы наследственной изменчивости, прежде всего мутации, лежат в основе эволюции, являясь элементарным эволюционным материалом. Частота самопроизвольных, или спонтанных, мутаций у организмов всех видов исключительно мала, они имеют

случайный и ненаправленный характер. Другое дело — мутации индуцированные, т.е. вызванные действием факторов-мутагенов. Эволюция человека стала возможной только вследствие очень высокой скорости появления мутаций. Каковы же причины этого? На этот счет существует несколько гипотез.

Одна из них основывается на том, что приблизительно около 3 млн. лет назад на прародине человека, в Восточной Африке, происходили мощные движения земной коры и образовывались глубокие, длиной в сотни и тысячи километров разломы — рифты (рис. 3.1.). Образование разломов сопровождалось выходом на поверхность высокорadioактивных вулканических пород, что могло вызвать резкое *увеличение радиационного фона* и, как следствие, увеличение доли мутаций в генофонде предков человека.

Называются и другие причины увеличения доли мутаций. Например, за последние 76 млн. лет на Земле несколько раз изменялось положение магнитных полюсов, величина магнитного поля Земли, сдерживающего космическую и солнечную радиацию, также менялась. При ослаблении магнитного поля и возрастании внешнего радиационного излучения также могла резко возрасти вероятность мутаций.

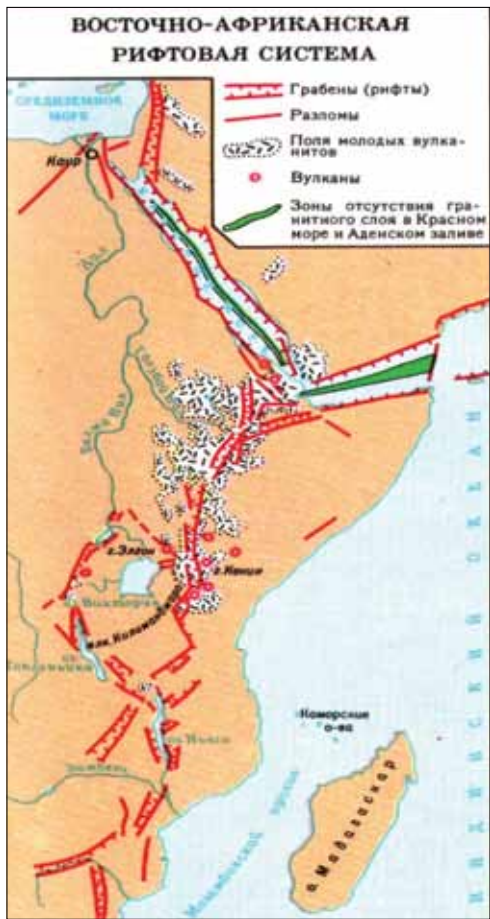


Рис. 3.1. Восточно-Африканский рифт

Естественный отбор является главным фактором эволюции, определяющим ее конкретную траекторию. На ранних этапах антропогенеза происходил *индивидуальный отбор* отдельных особей, более сильных и ловких, способных к изготовлению орудий, с помощью которых они могли эффективно добывать себе пищу, защищаться от врагов и тем самым оставлять более многочисленное потомство. Такой отбор формировал морфофизиологические особенности организации предков человека — прямохождение, изменение строения рук, увеличение головного мозга и т.п.

На более поздних этапах эволюции определяющую роль стал играть *групповой отбор*, связанный с оптимизацией социальной организации первобытного человеческого стада. В результате группового отбора сохранялись и передавались формы взаимоотношений, выработанные людьми в процессе их совместных действий. Они давали членам групп несомненное преимущество при охоте и противостоянии хищникам. Совершенствование социальной организации помогало выживать в трудных условиях индивидам с разными способностями, необходимыми группе. Например, важны были не только физически сильные люди, но и люди, способные к изготовлению орудий охоты, войны и труда, а также к обучению этому других. В итоге это значительно увеличило численность людей и способствовало освоению предками человека новых территорий на планете.

Социальные факторы антропогенеза. Таким образом, для успешной добычи пищи, охоты, защиты от зверей и других групп первобытных людей наши предки должны были научиться действовать сообща. В этих условиях пищу удавалась запасать впрок, и таким образом появилось время для изготовления более совершенных орудий, воспитания и обучения детей, изучения лечебных свойств растений и пр. Охота способствовала утверждению главенствующей роли мужчины — добытчика мясной пищи, т.е. формированию патриархальной семьи.

Первобытные люди жили, как правило, в естественных пещерах. В постоянных жилищах можно было с достаточным комфортом укрыться от непогоды, продуманно спастись от хищников и сохранить в неприкосновенности запасы провизии. В жилищах можно было поддерживать огонь, который использовался для обогрева, защиты от хищников и приготовления легко усваиваемой пищи

Коллективные действия давали первобытным людям значительное преимущество в конкуренции с другими видами (рис. 3.2).

Последние десятилетия развивается теория (О.Лавджой), согласно которой поворотным моментом в антропогенезе был именно переход к другой групповой организации. Увеличение мозга и развитая орудийная деятельность появились позже и были инициированы новой групповой организацией и половыми отношениями. Согласно этой теории, возможны были две групповые организации, базирующиеся на двух формах половых отношений. Одна, как у современных человекообразных обезьян, представляет собой «гарем», во главе которого стоит мощный самец с грозными клыками и бродящих вокруг и дожидаящихся «своего часа» молодых самцов. Вторая – прототип современного человеческого общества с выраженной моногамией и взаимопомощью при выращивании потомства. Укрепление моногамии заставляло самок выбирать не самых агрессивных и клыкастых, а самых заботливых о ней и о потомстве самцов. Уменьшение внутригрупповой агрессии между самцами способствовало успешной групповой охоте. В этой точке *бифуркации*, как ее называет синергетика, т.е. выборе одного из двух путей дальнейшего развития системы, разошлись эволюционные ветви шимпанзе и человека.

Совместная жизнь и коллективная деятельность вызвали у наших предков настоятельную потребность в развитии средств *общения*. Появилась речь, которая совершенствовалась параллельно



Рис. 3.2. Коллективная охота первобытного человека

с эволюцией головного мозга. Ее возникновение значительно расширило возможности обмена информацией, отдельные индивиды смогли постоянно передавать свой опыт следующим поколениям. Так были заложены основы человеческого общества.

Вопросы для самопроверки

1. В чем отличие эволюции человека от эволюции остального органического мира ?
2. Какие факторы антропогенеза относят к биологическим?
3. В чем возможная причина увеличения доли мутаций в популяциях предков человека?
4. Какие факторы антропогенеза относят к социальным?

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

Охарактеризуйте биологические и социальные факторы антропогенеза. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу:

Движущие силы (факторы) антропогенеза

№ п/п	Группа факторов	Фактор	Роль в антропогенезе

§ 4. Основные стадии эволюции человека

*«Современные схемы эволюции гоминид напоминают скорее пышно ветвящийся куст, чем прямую и стройную линию, ведущую «от обезьяны к человеку»»
(Александр Марков)*

Изучив материал данного параграфа, вы расширите свое представление о стадиях эволюции человека; научитесь сравнивать предков современного человека друг с другом; характеризовать основные стадии эволюции человека, особенности образа жизни и культуры предков

Вы помните

- кого ученые считают предками современного человека;
- чем характеризуются представители предков современного человека

Ч. Дарвин в своей знаменитой книге «Происхождение человека и половой отбор» высказал гениальную догадку, что ранние предшественники человека появились на Африканском континенте. Сейчас это подтверждено многочисленными палеонтологическими исследованиями.

Становление *Человека разумного* как вида прошло в антропогенезе четыре стадии: предшественника человека, древнейшего человека, древнего человека и человека современного типа (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Основные стадии эволюции человека



Рис. 4.2. Кенияпитек (по З.Буриану)

Дриопитеки — предки человека и современных человекообразных обезьян. Ближайшими общими предками человека и современных человекообразных обезьян (гориллы и шимпанзе) были *дриопитеки* (от греч. *dryos* — дерево и *pithecus* — обезьяна), жившие 25–30 млн. лет назад. Наиболее вероятным предком человека среди дриопитеков считается существовавший около 12–14 млн. лет назад кенияпитек, у которого объем головного мозга достигал 350–380 см³ (рис. 4.2).

Дриопитеки обитали на границе леса и саванны. Древесный образ жизни способствовал совершенствованию и координации сложных движений. Хорошо развитая хватательная функция передних конечностей позволила манипулировать предметами и предопределила развитие руки.

Предшественник человека. Стадии предшественника человека соответствуют вымершие виды *ардипитеков* (жили на территории современной Эфиопии примерно 4,4 млн. лет назад) и их потомков *австралопитеков*, существовавших около 1,8–3,2 млн. лет назад.

Зубы ардипитеков свидетельствуют об их всеядности. Существовало, что клыки самцов при этом мало отличались по размеру от клыков самок. Многие антропологи считают, что это признак меньшей внутривидовой агрессии, чем, скажем у горилл. Возможно, уже тогда, с уменьшением конфликтов между самцами, стали складываться иные отношения в стаде, переросшие потом в общественные отношения (см. параграф 3). В строении ардипитеков сочеталось прямохождение (хотя не столь уверенное, как у австралопитеков) и одновременно характерные для обезьян ступни с противопоставленным большим пальцем, пригодные для хватательных движений при лазании по дереву. Строение кисти ардипитеков по многим признакам похоже на человеческую. Строение австралопитеков еще ближе к современному человеку.

Среди предшественников человека, как и у других животных, были тупиковые ветви эволюции и виды, приведшие к появлению человека. К последним принадлежит *Человек умелый* (2,3–1,5 млн.

лет назад), потомок австралопитеков, объем головного мозга, которого достигал 650–680 см³, а рост — 120–130 см (рис.4.3). Человек умелый уже изготавливал орудия, и рост мозга, несомненно, с этим коррелировал. Увеличение мозга требует большей энергии¹, кроме того

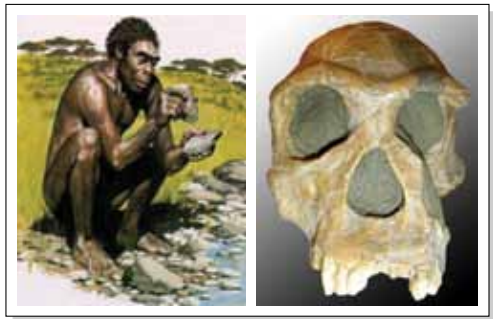


Рис. 4.3. Человек умелый

смертность при родах большеголовых детенышей больше. Тем не менее, особи с большим мозгом стали в целом оставлять больше потомков, чему способствовали их общественные отношения.

Жили представители этого вида в пещерах, занимались собирательством семян и плодов, но наряду с этим охотились на мелких животных и на других более примитивных австралопитеков.

Пример тупиковой ветви — «массивный австралопитек» или *парантроп*. В отличие от других австралопитеков, парантропы пошли по линии увеличения зубов, челюстей и жевательной мускулатуры при том же размере мозга. По косвенным данным ученые заключили, что они были «гаремными» обезьянами.

Предполагается, что в Южной и Восточной Африке 2,5–1,8 млн. лет назад жило много популяций, которые не всегда можно уверенно отнести к австралопитекам или древнейшим людям. Не исключено, что существовала межвидовая агрессия и одновременно межвидовое скрещивание.

Древнейший человек. Многочисленные находки ископаемых древнейших людей позволили ученые объединить их под общим названием *Человек прямоходящий*. Первые находки были сделаны в 1892 г. голландским врачом Эженом Дюбуа на острове Ява. Он обнаружил три зуба, черепную крышку и бедренную кость существа, названного им *питекантропом* (от греч. *pithēcos* — обезьяна, *anthrōpos* — человек), или обезьяночеловеком. Впоследствии подобные находки были сделаны и в других местах земного шара, так

¹ Взрослый человек тратит на нужды мозга от 20 до 25% всей энергии, новорожденный — 60%. Другие человекообразные обезьяны — 8%.



Рис. 4.4. Питекантропы (на врезке — черепная крышка и бедренная кость)

как наши предки стали расселяться из своей родины Африки: на территорию современной Грузии (обитали там 1,77 млн. лет назад), северо-восток Китая (1,2–1,3 млн. лет назад, *синантропы*), на юг Азии, на остров Яву. Синантропы вымерли примерно 400–350 тыс. лет назад. Питекантропы жили на острове Ява значительно дольше.

Объем головного мозга древнейших людей достигал 800–1200 см³, а рост — 150–175 см (рис. 4.4). Они могли подолгу ходить прямо и без напряжения, используя руки только для трудовой деятельности. Охотились древнейшие люди на различных животных, включая даже таких, как носороги и слоны. Они умели добывать огонь, высекая из кремния искры или получая его трением. Значительно улучшилась техника изготовления орудий, появились заостренные с двух сторон каменные рубила и скребла. На этой стадии эволюции у человека стала формироваться речь.

Древний человек. Человек прямоходящий постепенно расселялся в Европе и Азии, причем, видимо, популяции его в силу малочисленности были очень разобщены. В отличие от этого, в Африке плотность населения была существенно выше, а число разных популяций велико, и они могли скрещиваться. Сложились лучшие условия для быстрой эволюции, в том числе в орудийной деятельности. Совершеннее стали каменные орудия, продолжал увеличи-

ваться мозг. Последние исследования показали, что современное африканское население имеет гораздо более разнообразный генофонд, чем европейцы и азиаты. Мы — потомки сравнительно малочисленных выходцев из африканской колыбели человечества.

Новейшие генетические методы (см. «палеогенетика», параграф 14) свидетельствуют о трех «волнах выхода» из Африки наших предков: около 1,9 млн. лет назад, около 0,65 млн. лет назад и 130 тысяч. О взаимодействии разных популяций древних людей судят в частности по изменению технологий обработки каменных орудий (обмен опытом).

Стадии древнего человека соответствует *неандерталец*, ископаемые остатки которого впервые были обнаружены в 1856 г. под Дюссельдорфом (Германия). Затем подобные остатки были обнаружены на Алтае и в Узбекистане. Систематически неандертальцев большинство ученых относят к виду *Человек разумный* и считают его ископаемым подвидом — *Человеком разумным неандертальским*.

Существовали неандертальцы около 150–35 тыс. лет назад. Рост их был 150–160 см, а кости скелета имели плотную структуру, что указывает на большие физические нагрузки, испытываемые опорно-двигательным аппаратом. Объем головного мозга неандертальцев достигал 1200–1400 см³. Череп имел надглазничный валик, лоб был низким и покатым, а лицо широким и скуластым (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Неандертальцы (кадр из кинофильма «Происхождение человека» BBC)

Неандертальцы жили в пещерах, где устраивали убежища из ветвей, костей и шкур убитых на охоте зверей. На охоте неандертальцы использовали более совершенные кремневые и костяные орудия — наконечники и скребла. Следствием наступившего похолодания стало изобретение неандертальцами одежды, которую они шили из шкур, использование огня для обогрева жилищ и приготовления пищи. В пещерах найдены ритуальные погребения умерших от болезней или погибших на охоте, что говорит о возникновении у неандертальцев религиозных представлений.

В Европе и Азии неандертальцы существовали параллельно с другим подвидом *Человека разумного*, потомками более позднего исхода из Африки. Доказано, что между ними существовало скрещивание.

Неандертальцы исчезли около 40–30 тыс. лет назад. Ученые предполагают, что они были либо поглощены, либо частично истреблены людьми современного типа. Причины исчезновения неандертальцев неясны.

Человек современного типа. К стадии человека современного типа относят как ископаемые формы человека современного типа, так и всех ныне живущих на нашей планете людей.

Ископаемые останки человека современного типа впервые были найдены в 1868 г. в гроте Кро-Маньон (Юго-Западная Франция), поэтому он был назван *кроманьонцем*. Появились кроманьонцы около 40–35 тыс. лет назад и по физическому строению практически не отличались от современных людей (рис. 4.6). Объем головного мозга у них достигал 1400–1600 см³. У ископаемых людей



Рис. 4.6. Кроманьонец

современного типа лучше, чем у древних людей, были развиты лобные доли головного мозга, ответственные за мышление и речь. Кости скелета стали менее массивными и более тонкими. Жили кроманьонцы в естественных укрытиях — пещерах, гротах или в жилищах, построенных из стволов дере-

вьев, костей и шкур убитых на охоте животных. Улучшилась техника изготовления орудий, они стали более разнообразными и совершенными. Кроманьонцы были искусными охотниками. Считается, что именно они истребили мамонтов, шерстистых носорогов, пещерных медведей и др. Уменьшение численности промысловых видов способствовало одомашниванию животных и окультуриванию растений. Люди начали заниматься животноводством и земледелием.

На стоянках ископаемых неантропов найдены фигурки тотемных животных, их кости, лапы и хвосты, видимо считавшиеся священными фетишами, а также изображения людей, носившие, скорее всего, религиозный характер. В антропогенезе усиливается роль социальных факторов.

Из первобытного человеческого стада постепенно формируется первобытное человеческое общество.

Как очевидно из текста данного параграфа, признаки, характеризующие *Человека разумного*, формировались постепенно и с разной скоростью. Поэтому четыре стадии антропогенеза выделены условно. Провести четкую границу между «последней обезьяной» и «первым человеком» не представляется возможным.

Вопросы для самопроверки

1. Какие стадии выделяют в антропогенезе?
2. На какой стадии антропогенеза биологические факторы эволюции человека стали сочетаться с социальными? Какое значение это имело для эволюции человека?

Индивидуальные задания с использованием материала учебника

Используя текст параграфа, составьте характеристику каждой из стадий эволюции человека. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу:

Основные стадии эволюции человека

№ п/п	Название стадии	Время существования	Объем головного мозга	Образ жизни и орудия

§ 5. Расы и расогенез

Изучив материал данного параграфа, вы получите более углубленное представление о человеческих расах; сможете перечислять их особенности, связанные с приспособлением к условиям жизни; характеризовать процесс расогенеза, доказывать единство человеческих рас

Вы помните

– чем отличаются друг от друга представители больших рас современного человека

Расы (от итал. *razza* – род, порода, племя) – исторически сложившиеся группировки людей, характеризующиеся общностью наследственных особенностей (цвет кожи, глаз и волос, разрез глаз, строение век, очертания головы и т.п.). Еще в древности люди знали о существовании расовых отличий. Например, древнегреческие философы выделяли белых и черных людей и объясняли это различие влиянием климата.

Основные человеческие расы. Современное человечество ученые подразделяют на основные три или пять *больших рас* (рис. 5.1). В первом случае – это европеоидная (евразийская), негро-австралоидная (экваториальная), монголоидная (азиатско-американская) расы. Во втором – европеоидная, негроидная, австралоидная, монголоидная и американская расы.

Признаки рас характеризуют не одного человека, а целую общность людей, обычно проживающих на определенной террито-



Рис. 5.1.
Представители
больших
человеческих
рас

рии. Расы не следует путать с понятиями «нация» и «народ». В состав одной нации и одного народа могут входить разные расы и, наоборот, различные народы и нации могут принадлежать к одной расе. Рассмотрим три основные большие расы современного человека.

Европеоидная (евразийская) раса. Люди этой расы имеют светлую, реже смуглую кожу. Волосы у европеоидов, как правило, светлорусые и темно-русые, прямые или волнистые, глаза голубые, серозеленые и каре-зеленые, подбородок умеренно развит, нос узкий и сильно выступающий, губы тонкие, таз широкий. Сформировалась эта раса в Европе и Передней Азии, но сейчас европеоиды живут на всех материках.

Негро-австралоидная (экваториальная) раса. Для людей этой расы характерна сильно пигментированная кожа, защищающая их от тропического солнца. Они имеют темные курчавые или шерстистые волосы, каре-черные глаза, широкий и плоский нос, толстые губы и узкий таз. Сформировалась эта раса в Африке, но сейчас негро-австралоиды живут по всему экваториальному поясу от Африки до островов Тихого океана и Северной Америки.

Монголоидная (азиатско-американская) раса. Люди этой расы имеют смуглую кожу, желтоватого или красноватого оттенка. Для них характерны иссиня-черные прямые волосы, слегка раскосые карие глаза со складкой верхнего века во внутреннем углу, широкий и плоский нос, скуластое лицо, средние по толщине губы. Сформировалась монголоидная раса в Азии, ее представители проживают в основном в Центральной и Юго-Восточной Азии, Северной и Южной Америке.

Причины и механизмы расогенеза. Процесс возникновения и становления человеческих рас называют *расогенезом*. Возникли расы в результате действия факторов эволюции. С помощью естественного отбора в популяциях людей сохранялись и распространялись приспособительные признаки, повышающие их жизнеспособность в определенных климатических условиях. Например, действие естественного отбора по такому признаку, как цвет кожи, зависящему от количества, содержащегося в ней пигмента меланина, объясняется связью между интенсивностью солнечного освещения и продукцией противорахитного витамина *D*, поддерживающего в организме обмен кальция. Избыток этого витамина приводит к отложению кальция в костях, отчего они становятся хруп-

кими; недостаток витамина вызывает размягчение костей и их искривление, т.е. рахит. Чем светлее кожа, тем глубже в нее проникает солнечный свет, и, наоборот, чем темнее кожа, тем больше препятствий в виде меланина встречают солнечные лучи. Таким образом, люди, живущие дальше от экватора (на котором самый высокий уровень солнечного освещения), для выработки необходимого организму количества витамина *D* должны иметь светлую кожу; живущим близко к нему, наоборот, полезно быть темнокожими. Отклонение от этого правила при миграции людей с разным цветом кожи приводило к нарушению кальциевого обмена в их организме и к вымиранию в процессе эволюции. Вместе с тем, эту закономерность нельзя считать абсолютной. Например, в Арктике снег хорошо отражает падающий солнечный свет, интенсивность ультрафиолетового излучения здесь высока, поэтому цвет кожи у арктических народов более смуглый, чем у людей, живущих в умеренном поясе.

Единство человеческих рас. В качестве доказательства биологического единства всех человеческих рас можно привести следующие факты.

1. Всем представителям рас свойственны признаки вида *Человек разумный*, приобретенные ими задолго до его разделения на расы.

2. В местах совместного проживания людей разных рас происходит их смешение — *метисация* (от фран. *metis* — смешанный). Жизнеспособность потомков от таких межрасовых браков — *метисов* — доказывает отсутствие изоляции между расами и единство их как биологического вида.

3. В биологическом и психическом отношении представители человеческих рас абсолютно равноценны и находятся на одном и том же уровне эволюционного развития. Существующие у разных народов и наций различия в уровне и особенностях культуры объясняются не их расовой принадлежностью, а социальными факторами.

Попытка объяснить различия между расами и все историческое развитие человечества исключительно биологическими закономерностями, рассматривая их как следствие борьбы за существование и естественного отбора, получила название *социального дарвинизма* (*социал-дарвинизма*). Его основоположником стал английский философ Герберт Спенсер, который в 1852 г. выдвинул в качестве главного закона общественного развития формулу «выживания наиболее приспособленных». На основе социал-

дарвинизма позднее сформировался *расизм* – антинаучная концепция, утверждающая физическую и психическую неполноценность некоторых человеческих рас и обосновывающая разделение рас на низшие и высшие. В последующие годы сформировались *расовая антропология* и *расовая гигиена*. Представители расовой антропологии утверждают, что история государств должна рассматриваться только как история соответствующих человеческих рас, конкуренция между которыми является движущей силой общественного развития. Сторонники расовой гигиены считают, что интеллект и нравственные качества каждого человека генетически предопределены и его социальное положение в обществе полностью зависит от наследственной природы. Следовательно, никакие социальные программы не могут это положение изменить и осуществлять их бесполезно. Более того, гибель людей от голода и болезней рассматривается сторонниками расовой гигиены как благотворный фактор, выбраковывающий неполноценных человеческих особей.

Вопросы для самопроверки

1. Какие причины привели к возникновению человеческих рас?
2. На какие расы разделяется современное человечество?
3. Каков механизм расогенеза?
4. Какие факты доказывают биологическое единство всех человеческих рас?

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

1. Используя текст параграфа, составьте характеристику каждой из человеческих рас. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.

Человеческие расы

Название расы	Расовые признаки	Факторы среды, вызвавшие расовые признаки

2. Последние изучения генома неандертальцев показали, что он больше похож на геномы азиатов, европейцев и папуасов, чем на геномы африканцев. Как вы думаете, о чем это говорит? И еще одно подтверждение какой теории нам демонстрирует данный пример?

§ 6. Экологические адаптации человека*

Изучив материал данного параграфа, вы сможете раскрывать содержание понятия «экологические типы людей»; научитесь выявлять факторы окружающей среды, оказывающие непосредственное влияние на формирование адаптивных типов людей, перечислять признаки людей, имеющие адаптивный характер

Вы помните

– в чем выражается приспособленность организмов к условиям существования

Современное человечество широко расселено по земному шару, освоило районы, различающиеся климатом, ландшафтом, уровнем солнечного освещения и другими особенностями. Действие этих факторов, а также влияние гравитации, температуры, характера питания и др. сопровождается географической изменчивостью человека, способствует формированию экологических адаптаций человека.

Влияние географической среды. К числу наиболее важных факторов, воздействующих на людей, относится географическая среда. Под влиянием климата у человека могут изменяться обмен веществ, терморегуляция, компоненты крови, ферменты, гормоны, пигментация кожи, строение лица, волосяной покров и др. Наиболее существенно такие влияния затронули расовые признаки. Так темный цвет кожи у представителей негро-австралоидной расы обусловлен присутствием пигмента меланина, защищающего организм от избыточного солнечного излучения, а удлиненная, высокая черепная коробка, жесткие курчавые волосы предохраняют голову от перегрева. Приспособительное значение имеют также утолщенные губы и широкие ноздри, обеспечивающие испарение влаги через слизистые оболочки и терморегуляцию.

Следует отметить, что в одинаковых географических условиях разные по происхождению группы людей имеют одинаковые экологические адаптации и, наоборот, в пределах одной родственной группы встречаются разные адаптивные типы людей: арктический, высокогорный, тропический, а также умеренной зоны.

* «Звездочка» в этом и последующих параграфах означает необязательный материал, который, однако, может быть использован в научных проектах, при проведении научных конференций и пр.

Адаптивные типы людей

Арктический тип людей представлен коренным населением Крайнего Севера. В основном это представители монголоидной расы. Им присущи массивное телосложение, длинное туловище и относительно короткие ноги и руки. У представителей арктического типа повышен уровень обмена веществ в организме. Так, у эскимосов при низких температурах скорость кровообращения примерно вдвое больше, чем у европейцев, что позволяет им сохранять тепловой баланс и оберегает их тело от переохлаждения. Жирная кожа лица препятствует обморожению и, кроме того, создает для организма запас высококалорийного питательного вещества на неблагоприятные сезоны года. Узкая глазная щель и набухшие массивные веки защищают глаза от яркого света и сильного ветра (рис. 6.1).

Физиологические особенности организма людей арктического типа также приспособлены к условиям среды. Так биохимические особенности ферментов у этих народов, занятых охотой на морского зверя и рыбной ловлей, сложились за тысячи лет в соответствии с пищей и всем образом жизни. Ферменты обеспечивают переваривание сырого мяса и рыбы, работают в более низких температурных режимах, чем у представителей других адаптивных типов. Освоение Крайнего Севера сопровождалось привнесением новых продуктов питания, изменением всего образа жизни. Появление в рационе непривычных продуктов, в первую очередь богатых углеводами, повлекло за собой тяжелые заболевания, связанные с генетически обусловленной невозможностью усваивать подобную пищу. Сейчас на



Рис. 6.1. Арктический тип людей (чукчи)



Рис. 6.2. Высокогорный тип людей (шерпы)

Крайний Север привозят овощи и фрукты, но старые люди отказываются от них: их организм не привычен к такой пище, она скорее вредит им, чем приносит пользу.

Высокогорный тип людей представлен коренным населением Кавказа, Памира, Тянь-Шаня, Гималаев, Тибета, Анд и др. Жители высокогорий, принадлежат к разным расам и этническим группам, все характеризуются увеличенной емкостью грудной клетки, массивным скелетом и мускулатурой (рис. 6.2). Для них характерен повышенный уровень эритроцитов и гемоглобина в крови, что обусловлено кислородной недостаточностью в высокогорьях. Обменные процессы в организме горцев протекают медленно, особенно в детстве, менее интенсивны рост и развитие, но и старость наступает позднее, поэтому жизнь дольше и процент долгожителей среди представителей этого адаптивного типа людей достаточно велик. На сегодня самый старый житель планеты — Нараян Чаудхари, родившийся в ноябре 1856 г. Он живет в высокогорной деревне в 12 часах езды от Катманду (Непал).

Тропический тип людей представлен коренным населением Африки, Австралии, Океании, Индии и Америки, относящимся преимущественно в негро-австралоидной расе (рис. 6.3). У коренных жителей тропиков увеличено количество потовых желез на 1 см²



Рис. 6.3. Тропический тип людей (ма-саи)

кожи, что способствует интенсивному потоотделению, понижен уровень энергетического обмена, сокращен синтез жиров. Подобная приспособленность к жаркому климату характерна и для жителей пустынь, но наряду с этим у них отмечается более эффективная сосудистая регуляция теплообмена в организме, необходимая в условиях резких суточных колебаний температуры воздуха.

Люди умеренной зоны занимают промежуточное положение между представителями арктического и тропического типов. Они более, чем жители остальных групп, подвержены влиянию химических свойств почвы, воды и высоты над уровнем моря. Например, минерализация их скелета зависит от содержания солей в почве и воде, выработка гормона щитовидной железы тироксина – от содержания йода, твердость зубной эмали и предрасположенность к кариесу, от содержания фтора и т.д.

Благодаря своей экологической пластичности человек освоил почти всю планету. На ранних стадиях его эволюционного развития воздействие условий среды на организм было жестче. По мере развития техники, медицины, это давление преодолевалось, и человек смог заселить земной шар и даже выйти в космос.

Вопросы для самопроверки

1. Как географическая среда влияет на формирование признаков человека?
2. Что такое адаптивный тип людей?
3. Под действием каких условий среды формируются экологические адаптации человека?

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

1. Охарактеризуйте адаптивные типы людей. Можно ли их связать с расовыми признаками?
2. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу:

Экологические адаптации человека

№ п/п	Адаптивный тип людей	В чем проявляется адаптация?	Факторы, вызвавшие адаптацию

§ 7. Высшая нервная деятельность животных и человека

«Воображение важнее знания, ибо знание ограничено, воображение же охватывает все на свете, стимулирует прогресс и является источником его эволюции. Строго говоря, воображение – это реальный фактор в научном исследовании»

(Альберт Эйнштейн)

Изучив материал данного параграфа, Вы получите более глубокое представление об особенностях рефлекторной деятельности организма человека; выясните значение второй сигнальной системы для формирования поведенческих реакций и обучения

Вы помните

– что такое рефлекс

– чем безусловные рефлексы отличаются от условных рефлексов

Совокупность нервных процессов, происходящих в высших отделах центральной нервной системы, прежде всего коре больших полушарий головного мозга, и обеспечивающих осуществление поведенческих реакций животных и человека, образует *высшую нервную деятельность*. Она представляет собой неразрывное единство безусловных и условных рефлексов.

Изучение высшей нервной деятельности. Люди длительное время не могли объяснить целесообразность поведения животных, психическую деятельность человека, его мышление. Поэтому в данной области знаний издавна господствовали идеалистические, религиозные представления, которые все сложные процессы объясняли присутствием в теле животных и человека «божественного начала», души и тем самым закрывали доступ науке к познанию психических процессов.

Выдающийся русский ученый И.М.Сеченов (рис. 7.1) дал первое научное объяснение поведения животных и человека. В 1863 г. он опубликовал работу «Рефлексы головного мозга», в которой разнообразные сложные формы поведения и психики рассматривались с точки зрения рефлекторной теории, как проявление одних рефлексов и торможение других. Позднее И.П.Павлов

(рис. 7.2), последователь И.М.Сеченова (которого он называл «отцом русской физиологии»), развил его идеи и создал учение о высшей нервной деятельности. Это учение дало научное объяснение психической деятельности человека и животных и в значительной степени способствовало становлению современной научной картины мира.

Сигнальные системы человека.

Поведение человека намного сложнее, чем поведение любого животного. Только для человека характерны высококоразвитая психическая деятельность, сознание, способность к абстрактно-логическому мышлению. Особенности высшей нервной деятельности человека развились исторически эволюционным путем в процессе антропогенеза по мере становления трудовой деятельности и общения.

И.П.Павлов, изучая особенности высшей нервной деятельности человека и животных, создал учение о двух сигнальных системах. **Первая сигнальная система** характерна и для животных и для человека. «Это то, что и мы имеем в себе как впечатления, ощущения и представления от окружающей внешней среды, как общеприродной, так и от нашей социальной, исключая слово, слышимое и видимое. Это – первая сигнальная система действительности, общая у нас с животными» (И.П.Павлов). Так у младенца с первых дней жизни вырабатываются разнообразные условные рефлексы на положение тела, на вид матери, на температуру и т.п. Постепенно их становится все больше. Ребенок слышит слова матери, и они у него сочетаются с определенными действиями – кормлением, купанием, игрой и др. На эти слова также выраба-

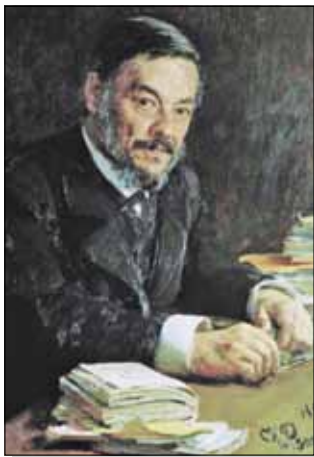


Рис. 7.1. И.М.Сеченов (1829–1905)

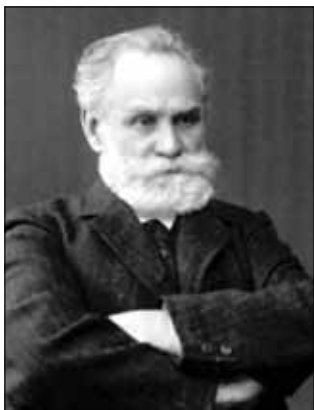


Рис. 7.2. И.П.Павлов (1849–1936), нобелевский лауреат в области физиологии и медицины 1904 г.

тываются условные рефлексы. Эти условные рефлексы ничем не отличаются от условных рефлексов животных и являются компонентами первой сигнальной системы.

Но постепенно у ребенка увеличивается словарный запас, из слов он начинает строить предложения. Слова начинают терять свое узкое конкретное значение, в них закладывается более широкий обобщающий смысл, возникают понятия – логические оформленные мысли о предметах и явлениях. Так, сначала слово «каша» для ребенка означало только определенную, например манную, кашу. Постепенно с приобретением опыта и по мере обобщения это слово начало означать понятия разных каш, и для уточнения необходимо было уже употреблять дополнительные слова (гречневая, овсяная, манная и др.). Обобщению подлежали не только слова, которые означали предметы и явления материального, т.е. вещественного мира, но и ощущения, переживания, эмоции, т.е. компоненты внутреннего, духовного мира человека. Так возникали абстрактные понятия, а с ними и абстрактное мышление. На этом этапе у человека формируется *вторая сигнальная система*: «... слово составило вторую, специально нашу, сигнальную систему действительности, будучи сигналом первых сигналов» (И.П.Павлов). Например, у человека защитный условный сгибательный рефлекс, который проявляется в отдергивании руки от электродов с электрическим током при звучании звонка, возникает не только на действие самого звонка, но и тогда, когда экспериментатор произносит слово «звонок».

У животных так же, как и у ребенка, можно выработать условные рефлексы на слова. Например, домашние собаки знают несколько сотен слов. Служебные собаки, перевезенные в другую страну, должны «учить язык».

Человек мыслит словами, поэтому мышление неразрывно связано со второй сигнальной системой, которая служит проявлением умственной деятельности человека. В связи с развитием второй сигнальной системы у человека возникли центры речи. Они непарные и находятся у большинства людей в коре левого полушария головного мозга. Их функция заключается в анализе и понимании устной и письменной речи и в контроле осмысленного произношения слов.

Функциональная асимметрия головного мозга человека.

В зависимости от преобладания первой или второй сигнальной системы ученые всех людей условно разделяют на три группы: худо-



Рис. 7.3. Функциональная асимметрия головного мозга человека

жественный тип (доминирует первая сигнальная система, образное мышление), мыслительный тип (преобладает вторая сигнальная система, словесное мышление) и средний тип, для которого характерна взаимная уравновешенность двух сигнальных систем и к которому принадлежит большинство людей.

Эти различия человеческих типов высшей нервной деятельности связаны с явлением *функциональной асимметрии* головного мозга, которое проявляется в том, что правое и левое полушария выполняют разные функции (рис. 7.3). Левое полушарие в большей степени отвечает за логическое, абстрактное мышление, словесное восприятие, а правое — за образное восприятие и мышление, эмоциональность психических процессов. Люди с доминирующим левым полушарием тяготеют к теории, имеют большой словарный запас, им присущи двигательная активность, целеустремленность, способность прогнозировать события. «Правополушарный» человек (доминирует правое полушарие) склонен к конкретным видам деятельности, он медлителен и неразговорчив, тяготеет к созерцательности и воспоминаниям. Таким образом, и «пространственное» правое, и «временное» левое полушарие обладают способностями, позволяющими им вносить важный вклад в процесс восприятия человеком окружающего мира. Особенности левого полушария позволяют ему лучше отмечать и обособлять отдельные детали. А одновременность восприятия пространственных форм и признаков правым полушарием способствует поиску интегративных отношений и схватыванию общих конфигураций.

Однако такое межполушарное деление условно. Нервная система работает по принципу «два полушария — один мозг». Это правило подтверждает история болезни известного французского композитора Мориса Равеля. В 57 лет он получил в автокатастрофе серьезную черепно-мозговую травму в области левого полушария. Правое полушарие, ответственное за музыкальные способности, осталось неповрежденным. Однако после этой травмы как композитор Равель перестал существовать. Он мог слушать музыку и даже описывать свои музыкальные ощущения, но не мог перенести на нотный лист то, что звучало у него в голове, он потерял способность читать нотную запись, петь и играть на фортепиано.

Исследования высшей нервной деятельности человека выявили половые различия между полушариями головного мозга. В среднем женщины превосходят мужчин по вербальным способностям, т.е. лучше запоминают слова, но уступают им в отношении математических и пространственных способностей. Выявленные различия невелики, и они не обязательно предполагают разницу в способностях между конкретными двумя представителями обоих полов. Некоторые мужчины обладают лучшими вербальными способностями, чем большинство женщин, а некоторые женщины имеют лучшие математические и пространственные способности, чем многие мужчины.

Вопросы для самопроверки

1. Чем характеризуется высшая нервная деятельность? С именами каких ученых связаны научные представления о высшей нервной деятельности?
2. Чем образована первая и вторая сигнальная система человека? Что чем их сходство и различие?
3. В чем проявляется функциональная асимметрия головного мозга человека?

Индивидуальные задания с использованием материала учебника

Как вы трактуете слова Вильгельма Гумбольдта (1767-1835), известного немецкого филолога, философа и государственного деятеля (младшего брата Александра Гумбольдта):

«Язык — это мир, лежащий между миром внешних явлений и внутренним миром человека»

Коллективные задания с использованием материала учебника

1. Предложите опыт, доказывающий значение для выработки условных рефлексов слов, обозначающих первые сигналы. Объясните полученные в опыте результаты с позиции учения И.П.Павлова о высшей нервной деятельности.
2. Два спортсмена, обладающие одинаковыми физическими способностями и скоростью, пробежали дистанцию. Стартовым обозначением для одного служил свисток, а для другого — красный сигнал прожектора. Какой из спортсменов и почему прибежал раньше на 2 секунды?

§ 8. Механизмы работы головного мозга человека

Изучив материал данного параграфа, Вы узнаете о принципах работы головного мозга, познакомитесь с протекающими в нем электрическими процессами

Вы помните

– в чем отличие головного мозга человека от высших позвоночных животных, например человекообразных обезьян

Как сказал один из творцов современной молекулярной биологии, лауреат Нобелевской премии английский ученый Ф.Крик: «Нет области науки более жизненно важной для человека, чем исследования его собственного мозга».

Особенности головного мозга человека. Чем мозг человека, помимо общего объема и площади коры больших полушарий, принципиально отличается, например, от мозга своих ближайших эволюционных родственников — человекообразных обезьян? Совсем недавно ученые выяснили, что элементарной структурной единицей головного мозга человека служит не нервная клетка (нейрон), как считалось раньше, а структурный ансамбль таких клеток со сложными, но фиксированными разветвлениями взаимосвязей, напоминающий конструкцию компьютерной микросхемы. Один такой ней-

ронный ансамбль обычно управляет одним процессом или одной функцией организма, т.е. высокоспециализирован в своей работе.

Эволюция головного мозга человека шла не только и не столько за счет количественного роста нейронов, хотя такой рост имел место, сколько за счет растущей организованности, упорядоченности отдельных структурных ансамблей и нервных центров. Структурные ансамбли головного мозга человека и человекообразных обезьян, отвечающие за выполнение таких функций, как зрение, слух, двигательные реакции ног и тела, практически не различаются между собой. Отличия выявлены в размерах и связях нейронных ансамблей, ведающих у человека речью и двигательными реакциями рук, особенно кистей (рис. 8.1). Существенно развиты в головном мозге человека лобные доли, нейронные ансамбли которых отвечают за поведенческие реакции, а также за мыслительные процессы, связанные со словесно-логическим и абстрактным мышлением. У человека рекордная для животного мира относительная площадь лобных долей, достигающая 25% от площади всего мозга.

Увеличение в процессе эволюции размера мозга (и соответственно головы) привело к усложнению родов. Поэтому в процессе естественного отбора предпочтительно стало рождение более маленьких и соответственно беспомощных детей, требующих

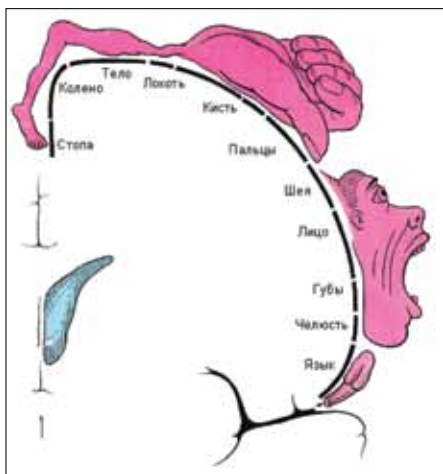


Рис. 8.1. Представительство двигательных и чувствительных функций в коре больших полушарий головного мозга человека

длительного внимания и ухода матери. Такой уход должен быть связан с соответствующим физиологическим стимулированием. Недавние исследования с использованием функциональной магнитно-резонансной томографии показали, что материнство приводит у каждой матери к увеличению объема серого вещества в нескольких отделах мозга. Это стимулирует удовольствие от материнства и (предположительно) общую сообразительность, необходимую для охраны детей.

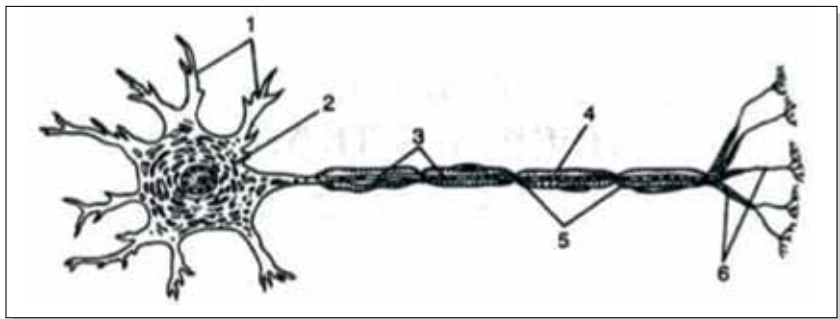


Рис. 8.2. Структура нейрона: 1 — дендриты; 2 — тело нейрона; 3 — аксон; 4 — миелиновая оболочка; 5 — перехваты узла; 6 — окончания

Распространение и передача возбуждения. Некоторые исследователи уподобляют головной мозг человека биологическому компьютеру, основу работы которого составляют нейронные цепи, или сети, возникающие между 100 млрд. его нейронов. Каждый нейрон устанавливает около 7 тыс. связей с другими нейронами, образующими структурные ансамбли мозга. Такое огромное количество нервных клеток обеспечивает гибкость, устойчивость и надежность работы мозга и всей нервной системы в целом; передаваемая в головном мозге информация многократно повторяется и дублируется в целях «перестраховки».

От центрального тела нейрона отходят два типа отростков: дендриты и аксоны (рис. 8.2).

Для обмена информацией между нейронами существуют специальные вещества — нейромедиаторы (от лат. *mediator* — посредник) — физиологически активные вещества (ацетилхолин, серотонин, дофамин и др.), которые в момент возбуждения выделяются окончаниями аксона. Другой нейрон воспринимает нейромедиаторы с помощью соответствующих белков-рецепторов, которые в основном расположены на поверхностях дендрита.

Обмен информацией происходит в местах *синапсов* (от греч. *synapsis* — соединение, связь) — клеточных контактов между аксонами и дендритами (рис. 8.3). В синапсе различают *пресинаптическую мембрану* (окончания аксона), через которую нейромодулятор выделяется; *постсинаптическую мембрану* (участок нейрона, принимающего сигнал) и *синаптическую щель* между мембранами. Нейромедиаторы выходят из лопающихся синаптических пузырьков перво-

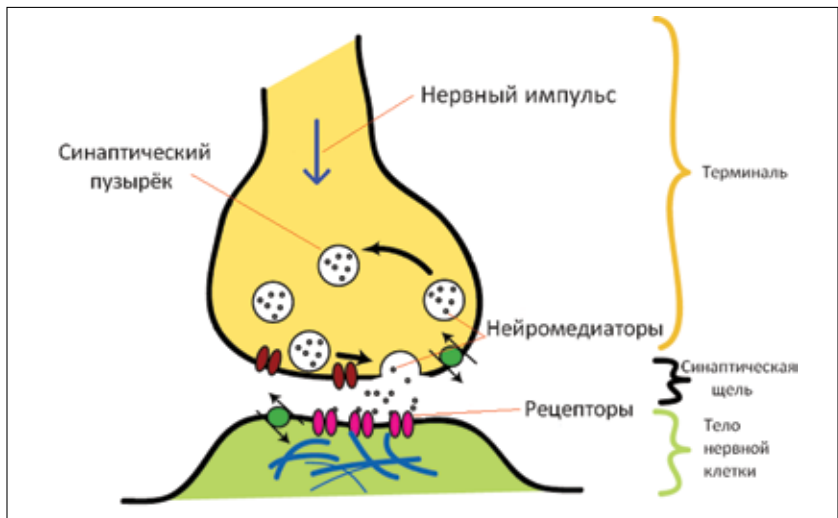


Рис. 8.3. Строение синапса

го нейрона, диффундируют через синаптическую щель и подходят к постсинаптической мембране второго нейрона. В мембране имеются рецепторы — сложные молекулы, которые в результате взаимодействия с медиатором изменяют свою конфигурацию, что в свою очередь приводит к изменению электрического состояния мембраны и к возбуждению клетки. Сигнал через синапс передается в одном направлении. Причина этого в том, что пузырьки с медиаторами находятся только на одной — пресинаптической — стороне синапса, а диффундировать медиатор может только в постсинаптическую сторону. Для передачи возбуждения в противоположном направлении носителя нет.

Иногда требуется распространить информацию общего характера, затрагивающую все нейроны в данном участке мозга (и отвечающие, например, за чувство страха). Тогда нейромедиаторы выделяются не «целенаправленно», а внесинаптически и реагируют на них также внесинаптические рецепторы многих нейронов сразу.

По функциональному значению синапсы могут быть возбуждающими или тормозящими, в соответствии с тем, активируют они или подавляют электрическую деятельность соответствующего нейрона. Нейрон может иметь тысячи постсинаптических мем-

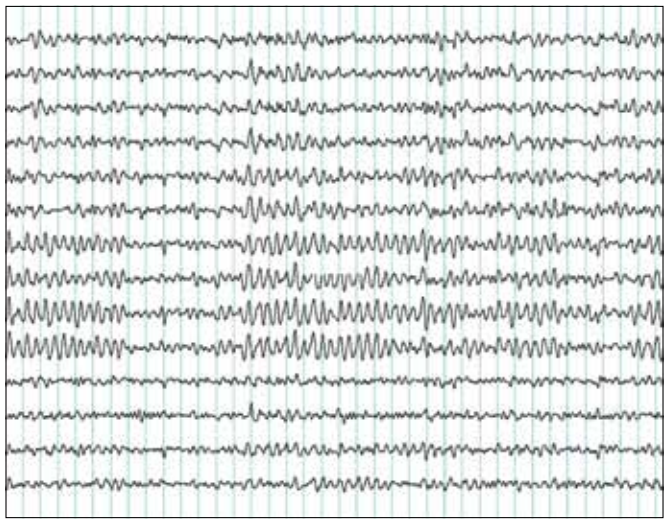


Рис. 8.4.
Пример
электроэнце-
фалограммы
(ЭЭГ)
человека

бран, получающих информацию от соседних нейронов. В итоге суммарной информации нейрон или возбуждается или не возбуждается: работает в двоичном коде, характерном для наших классических компьютеров. В случае возбуждения нейрон создает т.н. *потенциал действия*, электрический импульс бежит по телу нейрона к аксону, который выделяет нейромедиаторы. Их воспринимает соседний нейрон и испытывает или торможение, или возбуждение. Так передаются элементарные сигналы в мозгу.

Потенциал действия достигает величины 90–120 мВ и является кратковременным (1–3 мс).

Существенно, что количество выбрасываемого нейромедиатора не зависит от величины потенциала действия, но зависит от мгновенного состояния нейрона. Проводимость каждого синапса может изменяться (это лежит в основе процессов обучения и запоминания). Если еще учесть, что в мозгу используется не один, а несколько десятков разных нейромодуляторов, уже становится понятно, что двоичная система работы нейрона условна, и мозг нельзя отождествлять с классическим компьютером, пусть самым сложным.

Электрические процессы в головном мозге. Приложив электроды к поверхности головы человека, можно с помощью специальной аппаратуры записать электрические потенциалы головного мозга, являющиеся результатом сложного взаимодействия, сум-

мирования потенциалов действия отдельных нейронов (рис. 8.4). Такую запись называют *электроэнцефалграммой* (ЭЭГ). В ней различают четыре основных ритма:

- альфа-ритм имеет частоту 8–13 колебаний к секунду и амплитуду до 50 мкВ, регистрируется в условиях полного покоя;
- бета-ритм — частота свыше 13 колебаний в секунду, амплитуда до 25 мкВ, появляется на ЭЭГ при приложении различных раздражителей, при умственной работе, эмоциональном возбуждении;
- частота тета-ритма — 4–8 колебаний в секунду, амплитуда до 150 мкВ, этот ритм возникает во время сна;
- дельта-ритм (0,5–3,5 колебаний в секунду, 250–300 мкВ) наблюдается при глубоком сне человека.

Исследование головного мозга с помощью ЭЭГ позволяет судить о его работе, а также диагностировать различные заболевания.

Вопросы для самопроверки

1. В чем принципиальное отличие головного мозга человека от высших позвоночных животных, например человекообразных обезьян?
2. Что является элементарной структурной единицей головного мозга человека?
3. Что составляет основу работы головного мозга?
4. Как устроен синапс?
5. Как осуществляется передача возбуждения по нервному волокну и через синапс?
6. Что такое ЭЭГ? С какой целью ее записывают?

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

1. Опишите электро-химический механизм работы синапса.
2. Какие части синапса выполняют определенные функции в передаче нервного возбуждения? Перечертите в тетрадь и заполните таблицу:

Синапс и его работа

№ п/п	Название части синапса	Чем образована часть синапса	Выполняемые функции

§ 9. Интеллект человека

Изучив материал данного параграфа, вы узнаете, с какими психическими качествами человека связан интеллект; какова структура интеллекта

Вы помните

– чем различаются функции правого и левого полушарий головного мозга человека

Точного общепринятого определения интеллекта нет, как нет точного определения понятия «жизнь». Под интеллектом чаще всего понимают способность к осуществлению процесса познания, т.е. к приобретению нового знания на основе уже имеющихся знаний. Уровень интеллекта не является чем-то неизменным, его можно изменить, т.е. поднять на более высокий уровень, равно как и понизить. Часто интеллект отождествляют со способностью организма решать различные задачи, встречающиеся в повседневной жизни.

Сущность интеллекта и его качества. Выдающийся отечественный математик Н.Н.Моисеев интеллект связывал со способностью организма выдвигать цели, планировать ресурсы для их достижения и строить стратегии их достижения. Зачатками интеллекта обладают животные. Развитие интеллекта у человека в процессе антропогенеза выделило его из мира животных и стало началом становления общества.

Интеллект как способность к мыслительной деятельности реализуется при помощи умений познавать, мыслить логически, систематизировать информацию путем ее анализа, синтеза, сравнения; классифицировать объекты реального и виртуального мира и т.п. Существенными качествами человеческого интеллекта является любознательность и глубина ума, его гибкость и подвижность, логичность и доказательность, широта и критичность мышления. *Любознательность* проявляется в стремлении разносторонне познавать мир; *глубина ума* заключается в способности отделять главное от второстепенного, необходимое от случайного; *гибкость и подвижность* связаны со способностью человека исследовать предметы в новых связях и отношениях, преодолевать шаблонность мышления; *логичность мышления* определяется строгой последователь-

ностью в рассуждениях, а *доказательность* — умением использовать в нужный момент такие факты, которые убеждают в правильности суждений и выводов. Особые качества интеллекта связаны с *широтой* и *критичностью мышления*. Первое из этих качеств, обусловлено способностью человека охватить исследуемый вопрос в целом, видеть много вариантов в решении той или иной проблемы, а критичность мышления предполагает умение строго оценивать результаты мыслительной деятельности, подвергать их объективной оценке, отказываться от начатых действий, если они противоречат требованиям задачи.

Таким образом, *интеллект* — это весьма общая умственная способность, которая включает возможность делать заключения, планировать действия, решать проблемы, абстрактно мыслить, понимать сложные идеи, быстро обучаться на основании опыта. Это не просто изучение книг, узкие академические знания или навыки для выполнения тестов. Интеллект отражает более широкую и глубокую способность человека познавать окружающий и свой внутренний мир, понимать суть вещей и определять, что делать в той или иной ситуации.

Структура интеллекта. Наши знания приобретаются в процессе обучения и практической деятельности. Большой запас знаний, так называемая *эрудиция* — важное свойство интеллекта. Несмотря на это, нельзя оценить ум человека, овладевшего значительным количеством знаний, как большой и высокий, ибо эрудиция не определяет всего интеллекта. Можно иметь диплом об окончании высшего учебного заведения и, тем не менее, не обладать развитым интеллектом. И наоборот, человек со сравнительно небольшим запасом конкретных знаний только лишь на основании этого не может считаться интеллектуально отсталым.

Немаловажны также *внимание* и *волевые качества* человека, *способности к восприятию*, *особенности эмоциональной сферы*. Однако, так же, как и память, эти психические функции представляют собой лишь предпосылки развития интеллекта.

Интеллект, как и другие способности человека, не является постоянной величиной. Развитие способностей происходит в течение всей жизни человека, особенно интенсивно в детстве и юности. Следовательно, разовьются ли у человека заложенные в нем природой наследственные задатки, зависит от условий его жизни, обучения и воспитания, т.е. от социальной обстановки.

Вопросы для самопроверки

1. Какими качествами обладает интеллект человека?
2. Почему эрудицию считают важным свойством интеллекта?
3. От чего зависит величина интеллектуальных способностей у того или иного индивида?

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

1. Используя текст параграфа, составьте схему, описывающую структуру интеллекта человека.
2. Широко известно утверждение, что человек использует только 10% своего мозга. Но это все лишь легенда. Объясните, почему это неверное суждение, и на основании чего оно могло возникнуть.

§ 10. Гены и хромосомы

«Крупинка на весах природы может определить жизнь одной особи и смерть другой, определить, какой вид или какая разновидность будут увеличиваться в числе и какие пойдут на убыль или окончательно исчезнут»

(Ч. Дарвин, «Происхождение видов»)

Изучив материал данного параграфа, вы узнаете о строении хромосом, хромосомном наборе клеток, кариотипе организмов

Вы помните

- строение ядра эукариотической клетки
- что такое нуклеотиды
- что такое хромосомы

Эволюционная теория Чарльза Дарвина была величайшим открытием XIX века. В XX веке было совершено следующее величайшее открытие в области биологии: была расшифрована структура ДНК, содержащей всю наследственную информацию, понята материальная база наследования и модификации признаков живых организмов. «А мы только что открыли секрет жизни!» — сказал, входя в кембриджский Игл паб 28 февраля 1953 г. Фрэнсис Крик. За



Джеймс Уотсон и Фрэнсис Крик вскоре после своего открытия

расшифровку структуры ДНК Фрэнсис Крик и Джеймс Уотсон получили в 1962 г. нобелевскую премию.

Гены, ДНК и хромосомы. Способность клеток поддерживать высокую степень упорядоченности своей организации связана с генетической информацией. В процессе эволюции живых организмов эта информация изменялась, изменялись и «план» постройки и поддержания всей структуры организма.

Гены — наследственные факторы, представляющие собой определенный набор последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК, в которой хранится информация о строении и свойствах каждой клетки и организма в целом. Носителями наследственной информации являются хромосомы.

Изучение хромосом эукариотических клеток показало, что они состоят из длинных нитей молекул ДНК и белков. Если бы удалось растянуть нить ДНК каждой хромосомы, то ее длина значительно превысила бы размер ядра. ДНК соединяется с ядерными белками, образуя множество повторяющихся структур. Каждая хромосома состоит из двух молекул ДНК, которые соединяясь с белками, приобретают четкие формы.

Хромосомный набор клеток. Клетки каждого организма содержат определенный набор хромосом, который называется *кариотипом*. Для каждого вида организмов характерен свой кариотип. Хромосомы каждого кариотипа отличаются по форме, величине и набору генетической информации. *Хромосомный набор строго специфичен для каждого вида организмов.*

Исследования кариотипа различных организмов показали, что в клетках может содержаться одиночный и двойной набор хромосом.

Двойной или *диплоидный* (от греч. *diploos* – двойной и *eidos* – вид) набор хромосом характеризуется наличием парных хромосом, которые одинаковы по величине, форме и характеру наследственной информации. Парные хромосомы называются *гомологичными* (от греч. *homois* – одинаковый, подобный). Так, например, все соматические клетки человека содержат 23 пары хромосом.

Парные гомологичные хромосомы внешне очень похожи, гены в них расположены в одинаковой последовательности.

Кариотип человека составляет 46 хромосом, плодовой мушки дрозофилы – 8 хромосом, одного из культурных видов пшеницы – 28.

При образовании половых клеток происходит деление клеток, при котором число хромосом уменьшается в 2 раза. В половых клетках всех организмов содержится только одиночный набор хромосом, который называется *гаплоидным* (от греч. *haploos* – одиночный, простой и *eidos* – вид).

Оплодотворение – процесс слияния мужских и женских половых клеток, в результате которого образуется зигота. *Зигота* – это оплодотворенная яйцеклетка. Она всегда имеет диплоидный набор хромосом от двух половых клеток. Из зиготы развивается зародыш, который дает начало новому организму.

Биологическое значение оплодотворения состоит в том, что при слиянии половых пленок восстанавливается диплоидный набор хромосом, при этом новый организм несет наследственную информацию и признаки двух родителей. Еще Август Вейсман в конце XIX века высказал гипотезу, что увеличение разнообразия потомства при половом размножении работает «на руку» естественному отбору и эволюции.

Сравнительно недавно был обнаружен другой механизм вариации наследственной информации, не связанный с оплодотворением. Он характерен для современных микробов и видимо был распространен на начальной стадии возникновения жизни. Это так называемый *горизонтальный перенос генов* – ГПГ, когда организм передает часть своих генов другому организму, не являющемуся его потомком (*вертикальный перенос генов* соответствует передаче потомку). Переданные гены замещают часть первоначальных. Многие исследователи предполагают, что ГПГ был основным механизмом эволюционного разнообразия в древнейшие времена

у прокариот и, более того, половой отбор — закономерный этап эволюции ГПП.

Наконец, остается третий способ размножения — *клонирование*, получение совершенно идентичных в отношении наследственной информации организмов путем бесполого (в том числе вегетативного) размножения. Этот способ возможен для многих живых организмов, включая растения и животные. Скорость размножения в этом случае существенно больше, чем при оплодотворении (в котором потомство приносят только самки). Но зато оплодотворение, как показали теоретические и экспериментальные работы, помогает данной популяции избавляться от вредных мутаций и увеличивать число генов с мутациями, полезными в данных условиях.

Таким образом, сама эволюция «выбрала» оптимальный способ размножения.

Вопросы для самопроверки

1. Какое строение имеет хромосома?
2. Из скольких молекул ДНК состоит хромосома?
3. Какие хромосомы называются гомологичными?
4. Что такое диплоидный и гаплоидный наборы хромосом?
5. Как называется клетка, образующаяся в результате слиянии двух гамет? Какой набор хромосом она имеет?
6. Какие существуют способы передачи наследственной информации?

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

1. В кариотипе кролика 44 хромосомы. Сколько хромосом находится у кроликов в соматических и сколько в половых клетках?
2. Американский ученый Гердон пересадил ядро из клетки кишечника лягушки в ее яйцеклетку, ядро которой предварительно было разрушено путем облучения ультрафиолетом. Так ему удалось вырастить головастика, а затем и лягушку, идентичную той особи, от которой было взято ядро. Что доказывает подобный опыт?
3. Какие формы размножения организмов вам известны? Объясните особенности каждой формы размножения. Заполните таблицу:

Формы размножения организмов

Формы размножения организмов	
Число особей, участвующих в размножении	
Родительские организмы	
Процесс, лежащий в основе каждой формы размножения	

§ 11. Реализация генетической информации. Реакции матричного синтеза

Изучив материал данного параграфа, вы узнаете о матричных реакциях, которые обеспечивают строгое копирование нуклеиновых кислот и передачу наследственной информации

Вы помните

- строение молекул ДНК и РНК
- функции молекул ДНК в клетке
- что комплементарность молекул биополимеров – взаимное соответствие, обеспечивающее их взаимодействие

Генетическая информация. Вся многочисленная наследственная информация записана на ДНК в виде линейной последовательности четырех типов нуклеотидов – А, Т, Г, Ц (аденин, тимин, гуанин, цитозин) Последовательность нуклеотидов на ДНК определяет соответствующее информационное содержание.

Реализация генетической информации у организма идет по схеме:

Ген ДНК → белок → признак

Таким образом, информация о синтезе белка записана в виде нуклеотидной последовательности в ДНК, находящейся в ядре.

Генетическая информация реализуется в трех типах реакций: *репликации ДНК, синтезе РНК, синтезе белка*. В каждом из них информация, заключенная в линейной последовательности нуклеотидов, используется для создания другой линейной последовательности: либо нуклеотидов (в молекулах РНК или ДНК), либо аминокислот (в молекулах белка). Достаточная простота этих реакций и их одно-

мерность позволила подробно изучить и понять их механизм, в отличие от других процессов, протекающих в клетке. Эти процессы биосинтеза относятся к реакциям *матричного синтеза*, когда структура какой-либо матрицы диктует вторичную структуру на ее основе.

Репликация ДНК. Клетки организма способны к делению. Из одной клетки образуются новые, дочерние. Для того чтобы дочерние клетки получили идентичную генетическую информацию, которая закодирована в молекулах ДНК, молекулы должны удвоиться. Процесс самоудвоения молекулы ДНК, обеспечивающий точное копирование генетической информации, называется *репликацией*, или *удвоением молекул ДНК*. Репликация ДНК происходит перед каждым делением клетки.

В основе репликации лежат следующие принципы.

1. Каждая цепь молекулы ДНК содержит последовательность нуклеотидов, в точности комплементарную последовательности нуклеотидов на другой цепи. Аденин соединен водородной связью с тиминном, гуанин с цитозином. Следовательно, обе цепи несут одну и ту же генетическую информацию, только отраженную «зеркально». Значит, цепь А является шаблоном для синтеза цепи А', а цепь А' — шаблоном для синтеза цепи А.

2. Если разделить цепи А и А' одной молекулы ДНК, то каждая из них будет служить матрицей для синтеза соответствующей недостающей цепи. После синтеза новые молекулы ДНК будут содержать одну новую, а одну исходную материнскую цепь ДНК. В результате обе дочерние молекулы ДНК будут полностью идентичны исходной материнской.

Репликация молекулы ДНК начинается с разъединения двойной спирали с одного конца специальными белками, причем процесс идет частями, фрагментарно. В результате образуется *репликационная вилка* (рис. 11.1). По принципу комплементарности на каждой из цепей ДНК выстраиваются нуклеотиды. Их соединяет между собой особый фермент ДНК-полимераза, которая передвигается по репликационной вилке, как движок по застёжке «молния». Специальные белки передвигаются на шаг дальше, расплетывая молекулу ДНК. Фермент вновь передвигается по цепи, продолжая синтез с последнего нуклеотида.

Копирование ДНК происходит с высокой точностью. В среднем на каждые $1 \cdot 10^9$ комплементарных пар нуклеотидов, образующихся в ходе репликации, приходится одна ошибка. Эти ошибки

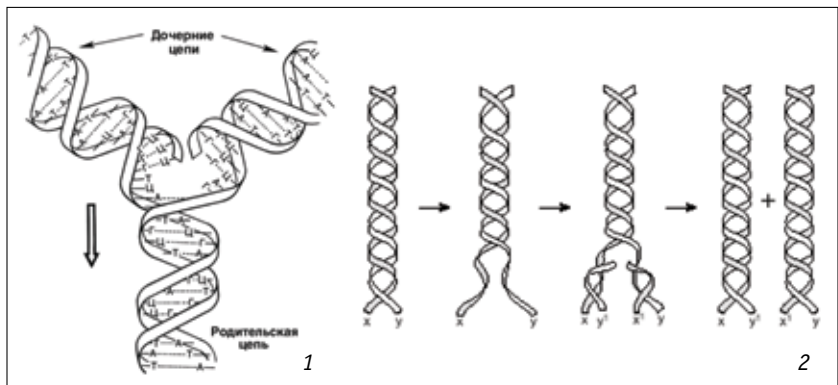


Рис. 11.1. Репликация ДНК: 1 — репликационная вилка; 2 — общая схема

устраняются особой корректирующей системой белков, распознающих и удаляющих неправильные нуклеотидные остатки. Точность копирования обеспечивает правильность передачи наследственной информации.

Синтез РНК. Процесс биосинтеза РНК на ДНК называется *транскрипцией*. Этот процесс протекает в ядре. В синтезе РНК участвует только небольшой отдельный участок молекулы ДНК, где находится информация о данной конкретной нуклеиновой кислоте. Синтезируемые РНК значительно короче и являются копиями только определенного, небольшого участка ДНК.

На одной цепи ДНК, как на матрице, по принципу комплементарности выстраиваются нуклеотиды. Специальный фермент РНК-полимераза, шаг за шагом продвигаясь по цепи ДНК, соединяет нуклеотиды между собой. В результате такого движения синтезируется РНК-копия (рис. 11.2).

В зависимости от участка ДНК таким образом синтезируются все виды РНК, играющие свою роль в организме: рибосомальные, транспортные, информационные.

Собственно **синтез белка** (см. следующий параграф) происходит в цитоплазме на рибосомах. Для синтеза белка необходима структура, которая переносила бы информацию от ДНК к месту синтеза белка. Таким посредником является информационная РНК, иРНК, которая передает информацию от молекулы ДНК к месту синтеза белка на рибосомы.

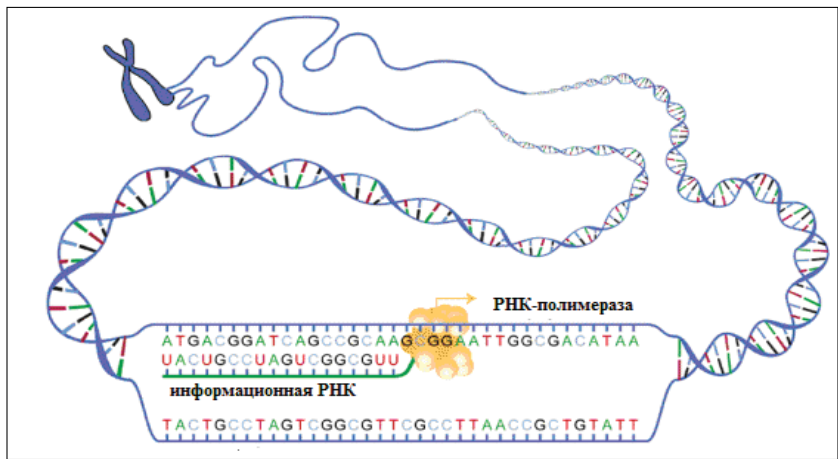


Рис. 11.2. Синтез информационной РНК

Вопросы

1. Объясните последовательность передачи генетической информации: ген — белок — признак.
2. В каких реакциях идет передача наследственной информации?
3. Какое свойство лежит в основе матричных реакций?
4. По каким принципам идет репликация ДНК?
5. Почему синтез молекулы ДНК идет фрагментарно, а не целиком по всей длине?
6. Какой фермент участвует в синтезе дочерних цепей ДНК?

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

Определите и запишите в тетрадь последовательность второй цепи ДНК, если первая цепь имеет следующую последовательность нуклеотидов: ЦТТААЦАЦЦГГЦАТТЦЦГГЦААТТГ.

Коллективные задания

с использованием материала учебника

Прочтите текст ниже.

Открытию механизма репликации предшествовали многочисленные эксперименты по синтезу ДНК. В процессе эксперимента были выдвинуты 3 гипотезы.

А. *Консервативная репликация.* Двухцепочечная молекула ДНК служит матрицей для синтеза полностью новой молекулы ДНК, то есть новая ДНК является полной копией исходной.

Б. *Полуконсервативная репликация.* На каждой цепи исходной молекулы ДНК синтезируется вторая недостающая цепь по принципу комплементарности. Каждая новая ДНК состоит из одной исходной и одной новой цепи ДНК.

В. *Фрагментарная репликация.* Молекула ДНК распадается на короткие фрагменты, которые используются в качестве матрицы для достройки недостающих фрагментов новых молекул ДНК.

Установите, какая из гипотез позволяет осуществлять репликацию ДНК с наиболее высокой точностью. Ответ поясните.

§ 12. Синтез белка. Реализация наследственной информации

Изучив материал данного параграфа, вы узнаете, что такое генетический код, познакомитесь с его свойствами, узнаете, как происходит передача генетической информации от ДНК к белку и как происходит биосинтез белка.

Вы помните

- принцип комплементарности
- виды РНК и их функции в клетке
- особенности строения рибосом
- что АТФ (аденозинтрифосфат) – универсальный источник энергии биохимических процессов в организме

Генетический код. Белок состоит из последовательности аминокислот. Синтез белка представляет собой сложный многоэтапный процесс и зависит от деятельности различных видов РНК. Генетическая информация для синтеза представлена последовательностью нуклеотидов.

Правила перевода последовательности нуклеотидов в нуклеиновой кислоте в аминокислотную последовательность белка называется *генетическим кодом*. Он был расшифрован в 60-х годах XX века.

В результате ряда экспериментов и математических расчетов было определено, что одна аминокислота кодируется последовательностью из трех нуклеотидов. В молекуле ДНК или РНК встречаются 4 типа нуклеотидов (А, Т, Г, Ц). Одну аминокислоту кодируют 3 нуклеотида — *триплет*. Всего таких триплетов можно набрать, комбинируя 4 типа нуклеотидов; число комбинаций равно $4^3 = 64$. Этих 64 триплетов с избытком хватает для кодирования 20 нужных аминокислот.

Последовательность триплетов на ДНК в процессе транскрипции переписывается на *информационную РНК* (иРНК) в виде последовательности *кодонов*: кодирующих триплетов аминокислот. Так как синтез белка происходит на матрице иРНК, то генетический код составлен по иРНК.

Таблица генетического кода (по иРНК)

Название аминокислот	Кодирующие триплеты аминокислот — кодоны					
1. Глицин	ГГУ	ГГЦ	ГГА	ГГГ		
2. Аланин	ГЦУ	ГЦЦ	ГЦА	ГЦГ		
3. Валин	ГУУ	ГУЦ	ГУА	ГУГ		
4. Лейцин	ЦУУ	ЦУЦ	ЦУА	ЦУГ	УУА	УУГ
5. Изолейцин	АУУ	АУЦ	АУА			
6. Серин	УЦУ	УЦЦ	УЦА	УЦГ	АГУ	АГЦ
7. Треонин	АЦУ	АЦЦ	АЦА	АЦГ		
8. Цистеин	УГУ	УГЦ				
9. Метионин	АУГ					
10. Глутаминовая кислота	ГАА	ГАГ				
11. Аспарагиновая к-та	ГАУ	ГАЦ				
12. Глутамин	ЦАА	ЦАГ				
13. Аспарагин	ААУ	ААЦ				
14. Аргинин	ЦГУ	ЦГЦ	ЦГА	ЦГГ	АГА	АГГ
15. Лизин	ААА	ААГ				
16. Фенилаланин	УУУ	УУЦ				
17. Тирозин	УАУ	УАЦ				
18. Пролин	ЦЦУ	ЦЦЦ				
19. Гистидин	ЦАУ	ЦАЦ	ЦЦА	ЦЦГ		
20. Триптофан	УГГ					
Стоп-коды	УГА	УАГ	УАА			

В результате исследований были установлены следующие свойства генетического кода.

1. Код *триплетен* — каждой аминокислоте соответствует сочетание из 3-х нуклеотидов. Всего таких сочетаний — кодонов — 64. Из

них 61 код смысловой, т.е. соответствуют 20 аминокислотам, а 3 кода — *стоп-коды*, которые не соответствуют аминокислотам, а заполняют промежутки между генами (см. ниже).

2. Код *однозначен* — каждый триплет соответствует только одной аминокислоте.

3. Код *избыточен* — каждая аминокислота имеет более чем один код.

4. **Код универсален** — все живые организмы имеют один и тот же генетический код аминокислот.

5. Код *неперекрываем* — конечный нуклеотид одного кода не может служить началом другого.

6. Код *непрерывен* — между кодами нет промежутков.

Условия биосинтеза белка. Белки являются необходимыми компонентами всех клеток, биосинтез белка протекает во всех клетках организмов. **Весь генетический аппарат клетки — ДНК и разные виды РНК — фактически настроен на синтез белков.**

Для непосредственного биосинтеза белка необходимы следующие компоненты:

1. *информационная РНК* (иРНК) — переносчик информации от ДНК к месту синтеза;

2. рибосомы — органоиды, где происходит собственно синтез белка;

3. набор необходимых для синтеза аминокислот в цитоплазме;

4. *транспортные РНК* (тРНК), кодирующие аминокислоты и переносящие их к месту синтеза на рибосомы;

5. АТФ — вещество, обеспечивающее энергией процессы кодирования аминокислот и синтеза полипептидной цепи.

Кодирование аминокислот. Изучение структуры молекул т-РНК показало, что наиболее важной частью является центральная петля, в которой находится *антикодон* — нуклеотидный триплет, соответствующий кодону определенной аминокислоты (рис. 12.1). Каждая тРНК может переносить только одну из 20 аминокислот, соответствующую ее антикодону. Соответственно и каждая аминокислота присоединяется к своей тРНК. Так происходит кодирование аминокислот (рис. 12.2).

Этапы биосинтеза белка. Процесс синтеза полипептидной цепи, осуществляемый на рибосоме, называется *трансляцией*.

Синтезированная в процессе транскрипции иРНК соединяется с рибосомой. Далее тРНК своим антикодоном присоединяется

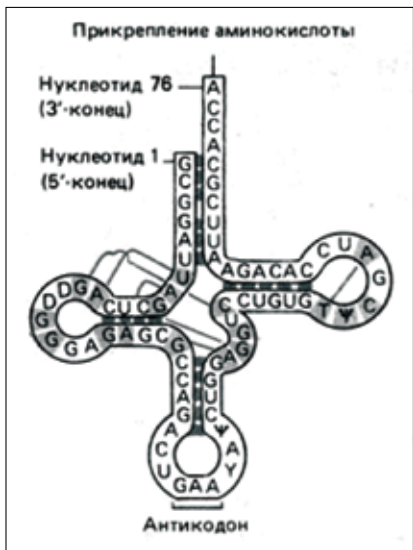


Рис. 12.1 Структура молекулы тРНК

к соответствующему кодону на иРНК (все по тому же универсальному принципу комплементарности), вместе со «своей» аминокислотой. Образуется комплекс:

иРНК – рибосома –
тРНК-аминокислота.

Начинается сборка полипептидной цепи. Поочередно тРНК с аминокислотами соединяются антикодонами с кодоном иРНК и входят в рибосому. Между внесенными с помощью тРНК аминокислотами образуется пептидная связь. Свободная тРНК покидает рибосому, а входит следующая со

своей аминокислотой. Аминокислоты укладываются в структуру белка, соответствующую структуре иРНК. Синтез продолжается до стоп-кодонов. Как только в рибосому попадает стоп-кодон, синтез прекращается. Синтезированная молекула белка снимается с рибосомы и поступает в ЭПС (эндоплазматическую сеть) или цитоплазму. С рибосомы отсоединяется также иРНК и тРНК.

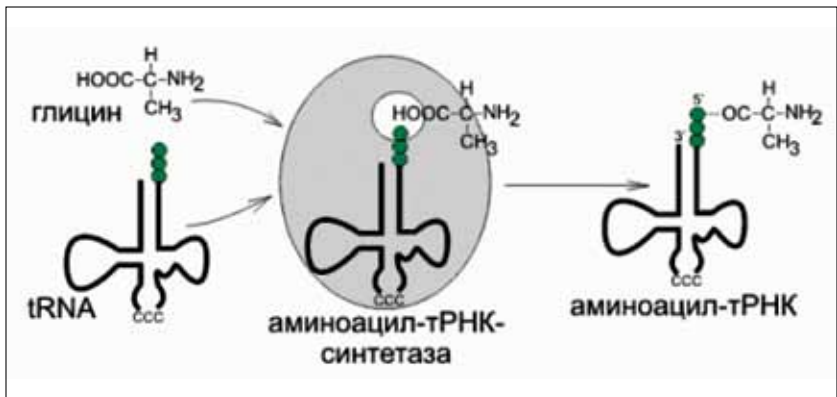


Рис. 12.2. Кодирование аминокислоты — прикрепление к тРНК

Процесс трансляции обычно осуществляется многократно. Одна иРНК может соединяться с несколькими рибосомами, образуя *полирибосому*, или *полисому*, где идет одновременно синтез многих молекул одного белка.

Весь процесс синтеза одного белка длится в среднем от 20 до 500 сек и зависит от длины полипептида. Например, в рибосоме кишечной палочки белок из 300 аминокислот синтезируется приблизительно за 15–20 сек.

Вопросы для самопроверки

1. Какое строение имеет молекула тРНК? Назовите ее главные участки.
2. Сколько видов тРНК имеется в клетке? Чем они отличаются друг от друга? Почему их такое количество?
3. Назовите процесс синтеза полипептидной цепи. В каких органоидах клетки он происходит?
4. Каким образом синтезируются одновременно несколько молекул одного и того же белка?

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

А. Индивидуальные задания с использованием материала учебника:

1. Используя таблицу генетического кода, определите аминокислотный состав фрагмента полипептидной цепи, если участок гена на ДНК имеет следующую нуклеотидную последовательность: ГАТГАТЦАГГАТ-ГЦЦТГТЦТГТТЦААГГГАЦТЦАТТ.
2. Одна из цепей ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов ЦТТААЦАЦЦГГЦАТТЦЦГГЦААТТГ. Используя таблицу генетического кода, определите аминокислотный состав фрагмента белковой молекулы, последовательность нуклеотидов иРНК и антикодоны тРНК, которые переносят эти аминокислоты к месту синтеза.

Б. Коллективные задания с использованием дополнительного материала:

3. На некоей планете были обнаружены живые существа. При изучении установили, что их белки содержат 40 аминокислот. У них также обнаружена ДНК, содержащая три типа нуклеотидов. Можем ли мы что-то сказать о генетическом коде этих организмов?

§ 13. Наследственность человека

Изучив материал данного параграфа, вы узнаете о кариотипе человека, познакомитесь с идиограммой хромосом

Вы помните

– строение хромосом

– что такое гомологичные хромосомы

Если при этом строение ДНК не изменяется, и возникшие признаки не наследуются, такие изменения называются *модификацией*. В случае *наследственной изменчивости* возникшие признаки могут передаваться потомству.

Наследственность и изменчивость — два противоположных свойства организма, которые составляют единое целое. Именно эти свойства являются основой для эволюции органического мира. *Наследственность* — это способность организма сохранять и передавать свою генетическую информацию, признаки и особенности развития потомству. Благодаря этому каждый вид сохраняет свои свойства из поколения в поколение в течение долгого времени. *Изменчивость* — это способность организма изменяться в процессе индивидуального развития под воздействием факторов среды. *Изменчивость* — это явление нестабильности наследственных свойств, важное для процесса эволюции.

Материальной основой наследственности является *ген* — участок молекулы ДНК, ответственный за проявление какого-либо признака. Ген является единицей наследственности, определяющей признак, единицей измерения биологического явления. Гены располагаются в хромосомах в определенных участках. Каждая хромосома содержит множество генов. Гены в хромосомах располагаются линейно.

Кариотип человека. Хромосомный набор, или кариотип, человека включает 46 хромосом диплоидного набора, или 23 пары гомологичных хромосом. Из них 22 пары *аутосом* (одинаковые для мужских и женских организмов) и одна пара — *половых хромосом* XX (у женщин) и XY (у мужчин) — рис. 13.1.

Идиограмма кариотипа человека. Для изучения кариотипа человека исследуют клетки костного мозга или лейкоцитов, так как их

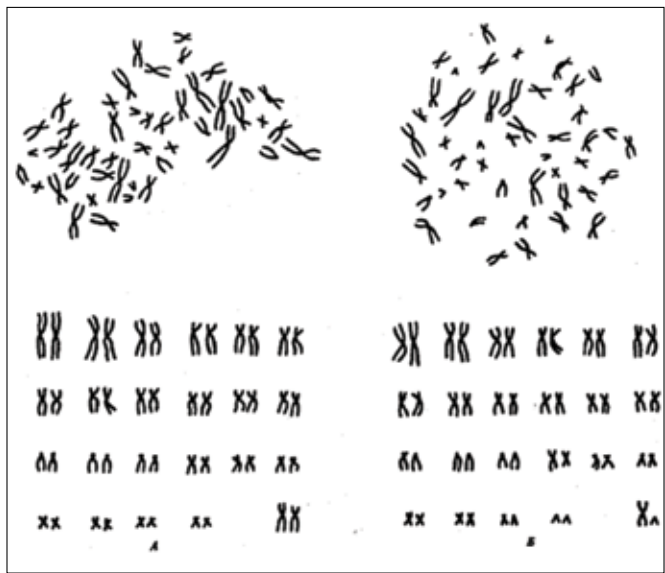


Рис. 13.1.
Кариотип че-
ловека: хро-
мосомные
комплексы
(вверху)
и идиограм-
мы (внизу)
женщины
(слева),
мужчины
(справа)

наиболее легко выделить из организма. Согласно стандартной классификации все хромосомы располагаются попарно в порядке убывания их величины. Исключение составляют лишь половые хромосомы. Хромосомные пары пронумерованы от 1 до 22 в соответствии с их длиной. Половые хромосомы не имеют номеров и обозначаются, как X и Y. Так была построена *идиограмма* (от греческ. *idios* – своеобразный, *грамма* – запись) кариотипа человека, представляющая собой схемы хромосом, основанные на их длине (рис. 13.2).

Геном человека. *Геном* – это генетическая карта (структура) гаплоидного набора хромосом организма. Каждый ген имеет свое место на ДНК хромосомы. Порядок расположения генов на ДНК создает уникальный генетический «профиль» каждого отдельного человека.

В 2003 году завершена работа над сложнейшим международным проектом «Геном человека» – по полной раскладке генов человеческого организма. Работа над проектом продолжалась 13 лет. В задачу чрезвычайно трудоемкого проекта «Геном человека» входило выяснение точной последовательности нуклеотидов в ДНК и расположения человеческих генов, то есть их полного картирования. В результате работы было обнаружено, что ДНК человека содержит, по меньшей мере, 25 тысяч генов. Они располагаются

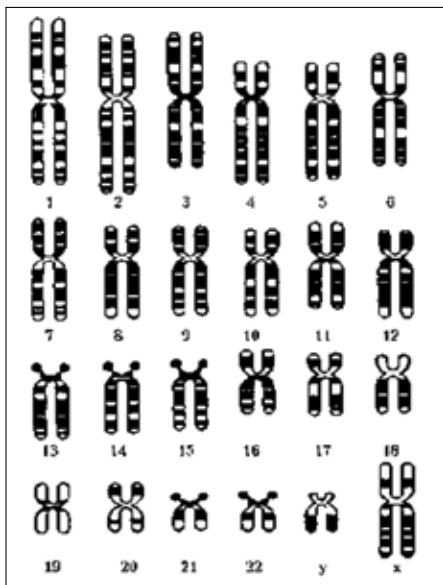


Рис. 13.2. Идиограмма кариотипа человека

в клетках вдоль спиралевидно закрученных хромосомных нитей.

Расшифровка генома человека открывает огромные перспективы в лечении наследственных заболеваний. Хотя уже сейчас имеются куда лучшее, чем прежде, представление о генах, ученым все еще неизвестен механизм их работы. А так как гены — это всего лишь два процента от генома человека, ученым предстоит еще многое выяснить и понять.

Благодаря проекту «Геном человека» разрабатываются новые методы диагностики и лечения четырех

тысяч наследственных болезней, обнаруженных к настоящему моменту четырех тысяч наследственных болезней.

Вопросы

1. Что такое кариотип? Сколько хромосом в кариотипе человека?
2. На какой стадии митоза хромосомы хорошо видны? Ответ обоснуйте.
3. Чем отличаются кариотипы мужчины и женщины?
4. Какое значение имел проект «Геном человека»?

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

1. Объясните, почему генотип организма по одному признаку обозначается двумя буквами. Запишите генотип гомозиготы и гетерозиготы. Чем они отличаются друг от друга?
2. Определите, сколько типов гамет дадут особи со следующими генотипами: AA, Vb, AaVV, AaVb, AABVCC, AaVVCC. Запишите соответствующие им гаметы.

§ 14. Методы изучения генетики человека

Материал данного параграфа познакомит вас с методами изучения генетики человека; вы узнаете, как составляются родословные и исследуются возможности наследования аномальных признаков; что такое палеогенетика и каковы ее достижения.

Вы помните

- что такое генеалогия, генеалогическое древо
- что такое доминантный признак
- что такое рецессивный признак

Изучение генетики человека имеет ряд особенностей. Во-первых, нельзя использовать гибридологический метод, так как экспериментальное скрещивание людей невозможно. Во-вторых, у человека медленная смена поколений, и пронаблюдать характер наследования признака сложно. В-третьих, у человека очень малое число потомков в одной семье, что не дает статистически достоверного результат. Кроме того, в отличие от классических генетических объектов (мух дрозофил, мышей), у человека большое число хромосом. Поэтому для изучения генетики человека используются специфические методы, а характер наследования того или иного признака определяется на больших человеческих популяциях. Рассмотрим основные методы изучения генетики человека.

Генеалогический метод основан на составлении родословной человека и изучении характера наследования признака. Это самый давний метод, впервые предложенный Ф. Гальтоном в 1865 г. Суть его состоит в установлении родословных связей и определении доминантных и рецессивных признаков и характера наследования. Особенно эффективен этот метод при исследовании генных мутаций.

Метод включает два этапа: сбор сведений о семье за возможно большее число поколений и генеалогический анализ. Родословная составляется, как правило, по одному или нескольким признакам. Для этого собираются сведения о наследовании признака среди близких и дальних родственников. При составлении родословной используются специальные символы (рис. 14.1). Потомство одного поколения располагается в одном ряду в порядке их рождения.

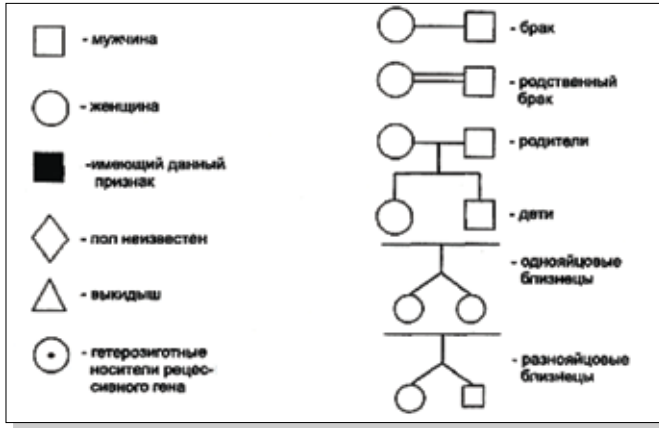


Рис. 14.1. Стандартные символы, принятые для составления родословных

Далее начинается второй этап – анализ родословной с целью установления характера наследования признака. В первую очередь устанавливается, как проявляется признак у представителей разного пола, т.е. *сцепленность* признака с полом. Далее определяется, является ли признак доминантным или рецессивным, сцеплен ли он с другими признаками и т. д. При рецессивном характере наследования признак проявляется у небольшого числа особей и не во всех поколениях. Он может отсутствовать у родителей. При доминантном наследовании признак встречается часто и практически во всех поколениях.

Характерной особенностью наследования признаков, сцепленных с полом, является их частое проявление у лиц одного пола. В случае если этот признак доминантный, то он чаще встречается у женщин. Если признак рецессивный, то в этом случае он чаще проявляется у мужчин.

Именно генеалогическим методом удалось определить характер наследования гемофилии. Эту болезнь еще в XIX веке называли королевской, так как она проявлялась у представителей королевских фамилий Европы. Для определения характера наследования признака была составлена и проанализирована родословная британского королевского дома, а также семей, царствующих в Европе и имеющих родственные связи с этой фамилией (рис. 14.3). Исследование родословной показало, что признак является рецессивным и сцеплен с полом. Носителем рецессивного гена оказалась британская королева Виктория.

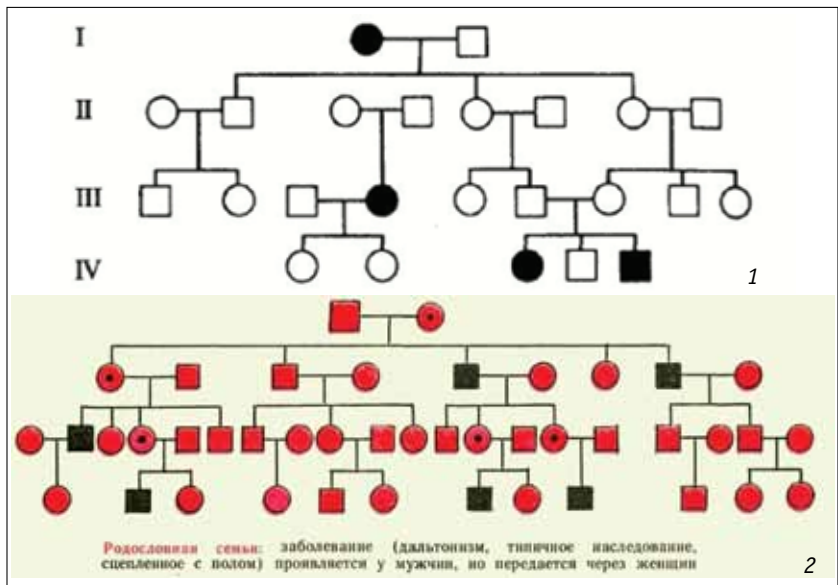


Рис. 14.2. Типы наследования: 1 — рецессивного признака; 2 — признака дальтонизма, сцепленного с полом

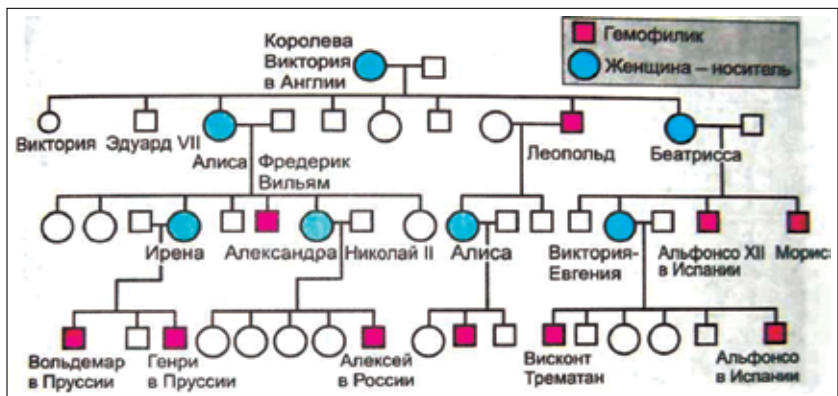


Рис. 14.3. Наследование гемофилии у потомков королевы Виктории. Родословная

Анализ многочисленных родословных и характер распространения признака в обширной человеческой популяции помогли генетикам установить характер наследования многих признаков человека (таблица).

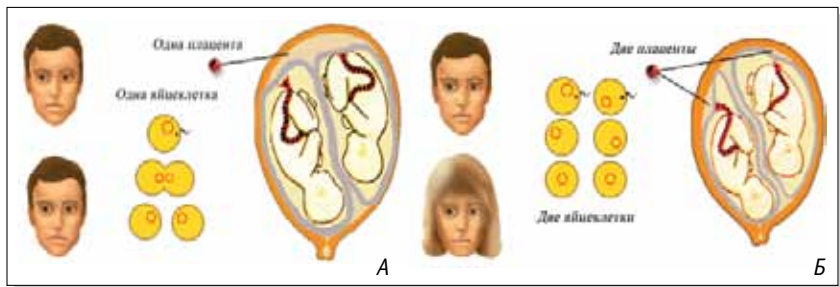


Рис. 14.4. Схема образования двух типов близнецов: А — однойцовые; Б — двухйцовые

Исследования показали, что некоторые способности человека: музыкальность, математический склад ума определяются также наследственными факторами. Генеалогическим методом доказано наследование у человека сахарного диабета, глухоты, шизофрении, слепоты. Этот метод используется для диагностики наследственных заболеваний и медико-генетического консультирования. По характеру наследования определяется вероятность рождения ребенка с генетическими аномалиями.

Близнецовый метод основан на изучении фенотипа и генотипа близнецов для определения степени влияния среды на развитие различных признаков. Среди близнецов выделяются однойцовые и двухйцовые

Однойцовые близнецы (идентичные) образуются из одной зиготы, разделившейся на ранней стадии дробления на две части. В этом случае одна оплодотворенная яйцеклетка дает начало не одному, а сразу двум зародышам (рис. 14.4). Они имеют одинаковый генетический материал, всегда одного пола и наиболее интересны для изучения. Сходство у таких близнецов почти абсолютное. Мелкие различия могут объясняться влиянием условий развития.

Двухйцовые близнецы (неидентичные) образуются из различных зигот, в результате оплодотворения двух яйцеклеток двумя сперматозоидами. Они похожи друг на друга не более чем родные братья или сестры, рожденные в разное время. Такие близнецы могут быть однополыми и разнополыми.

Близнецовый метод позволяет определить степень проявления признака у пары, влияние наследственности и среды на развитие признаков.

Изучение разнояйцовых близнецов позволяет проанализировать развитие разных генотипов в одинаковых условиях среды. Близнецовый метод позволил установить, что для многих заболеваний значительную роль играют условия среды, при которых происходит формирование фенотипа (таблица).

Таблица. Степень совпадения признаков у близнецов

Признаки	Степень совпадения (в %)	
	Однояйцовые	Двужайцовые
Нормальные		
Группа крови (ABO)	100	46
Цвет глаз	99,5	28
Цвет волос	97	23
Патологические		
Косолапость	32	3
«Заячья губа»	33	5
Врожденный вывих бедра	41	3
Эпилепсия	67	3
Корь	98	94
Туберкулез	37	15
Гипертония	26	10
Ревматизм	20	6

Как видно из таблицы, группа крови, цвет глаз и волос определяются только генотипом и от среды не зависят. Инфекционные заболевания, хотя и вызываются вирусами и бактериями, в некоторой степени зависят от наследственной предрасположенности. Такие заболевания, как гипертония и ревматизм в значительной степени определяются внешними факторами и в меньшей степени наследственностью.

Цитогенетический метод заключается в микроскопическом исследовании структуры хромосом и их количества у здоровых и больных людей. Наиболее простым методом является экспресс-диагностика — исследование количества половых хромосом. Хромосомные мутации связаны с изменением структуры хромосом. Их выявляют под микроскопом при специальном окрашивании. Этот метод используется для определения поглощенных людьми радиационных доз и в научных исследованиях.

Биохимический метод основан на изучение характера биохимических реакций в организме, обмена веществ для установления носительства аномального гена или уточнения диагноза. Заболева-

ния, в основе которых лежит нарушение обмена веществ, составляют значительную часть генной наследственной патологии. К ним относятся сахарный диабет, галактоземия (нарушение усвоения молочного сахара) и другие. Этот метод позволяет установить болезнь на ранней стадии и лечить ее.

Популяционно-статистический метод. Он дает возможность рассчитать в популяции частоту встречаемости нормальных и патологических генов, определить соотношение носителей аномальных генов.

Изучение генетики человека позволяет диагностировать, лечить и предсказывать вероятность генетической аномалии. В настоящее время изучен характер наследования около 2000 признаков. Для профилактики и прогнозирования вероятности генетического заболевания созданы медико-генетические консультации.

В последние годы методы генетики активно используются в изучении *антропогенеза*.

Один из общих подходов к проблеме состоит в сопоставлении человеческого генома с геномами ныне живущих человекообразных обезьян. У шимпанзе, например, с которым наш эволюционный путь разошелся 6–7 млн. лет назад, 98–99% генома совпадает с человеческим. Представляет особый интерес проанализировать эту разницу в 1–2%. В некоторых случаях удалось выделить гены, связанные с чисто человеческими качествами. Например, проанализирован ген, связанный с членораздельной речью. Мутации в нем приводят к серьезным нарушениям речи. Вместе с тем выяснилось, что этот ген помимо речи оказывает весьма сложное влияние на функции мозга, регулируя активность ряда других генов. Изменения этого гена в процессе эволюции было существенным фактором становления человека. Методами *палеогенетики* (см. ниже) было показано, что у неандертальцев этот ген был такой же, как у человека, то есть наши предки значительно раньше овладели членораздельной речью, чем это считалось раньше.

Проводятся также работы по сопоставлению участков ДНК, отличающих человека как от шимпанзе, так и от других животных.

Второе, совершенно новое и удивительное, направление генетических исследований — анализ фрагментов ДНК, полученных из ископаемых костей: т.н. *палеогенетика*. Она позволила, например, проследить пути расселения наших предков от «колыбели» человечества — Африки. В 2009 г. был практически прочтен геном неан-

дертальца. Он отличается от генома современных людей всего на 0,16%. Был сделан вывод, что хотя наша ветвь сапиенсов (*Человека разумного*) отделилась от неандертальцев, но на территории Европы они скрещивались, и в геноме каждого современного человека присутствует от 1 до 4 % генов неандертальца.

В процессе эволюции животных меняется не столько белок-кодирующие гены, сколько их активность. У человека по сравнению с шимпанзе особенно сильно изменилась активность (в сторону увеличения) генов в клетках мозга.

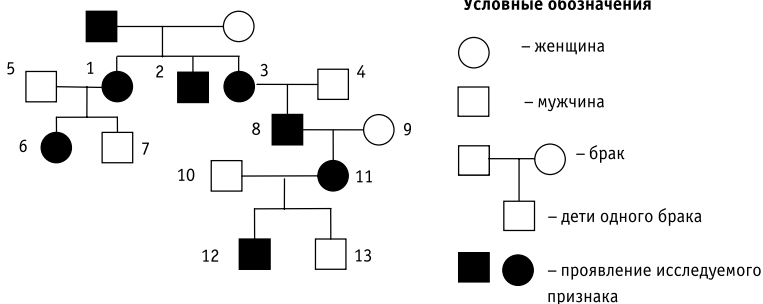
Вопросы

1. В чем специфика изучения генетики человека?
2. Какие исследования лежат в основе генеалогического метода?
3. Какие выводы о наследовании признаков можно сделать при помощи близнецового метода?
4. В чем отличие цитогенетического и биохимического методов?
5. Что такое палеогенетика? Какое значение она имеет?

А. Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

1. По изображённой на рисунке родословной определите и объясните характер наследования признака, выделенного чёрным цветом. Определите генотипы родителей, потомков 1–13. Объясните формирование их генотипов.



Б. Коллективные задания

с использованием дополнительного материала

2. Близнецы какого пола рождаются чаще — одинакового или разного? Ответ поясните.

3. Обсудите, какие близнецы представляют интерес для изучения роли генотипа в формировании фенотипа человека? Какие близнецы представляют интерес для изучения роли среды в формировании фенотипа человека? Ответы поясните.

4. Два идентичных близнеца-мужчины вступили в брак с двумя идентичными близнецами-женщинами. Будут ли дети от каждого брака похожи между собой также как идентичные близнецы? Ответ поясните.

§ 15. Наследственная изменчивость.

Мутации у человека

Изучив материал данного параграфа, вы узнаете о мутационной изменчивости, ее видах, особенностях генных, геномных и хромосомных мутациях, причинах мутаций и мутагенных факторах.

Вы помните

– что такое изменчивость

Генотип любого организма подвергается воздействию внешней среды. Иногда такие воздействия могут вызвать изменения, «ошибки» в структуре хромосом или генов. В результате возникает новый признак — *мутация*.

Мутационная изменчивость — это наследственные изменения генотипа клетки или организма, при которых изменяется структура гена или хромосомы. В отличие от *модификаций* мутации связаны с изменением генотипа и наследуются. Причины появления мутаций различны, но все они связаны с ошибками в репликации ДНК, копировании хромосом, нарушении процесса деления клетки. В основе любых мутаций лежит появление новых типов белков, которые обуславливают появление новых признаков.

Классификация мутаций. В зависимости от характера мутации можно выделить следующие группы. По характеру изменения фенотипа мутации могут быть *биохимическими*, *физиологическими*, *анатомо-морфологическими*. Например, при биохимических мутациях изменению подвергаются белки-ферменты, которые могут ускорить синтез определенных белков, а в некоторых случаях, наоборот,

рот, прекратить синтез белков. Например, альбинизм — мутация, связанная с отсутствием в организме фермента, ответственного за синтез пигмента меланина.

По локализации в клетке мутации бывают *ядерными* и *цитоплазматическими*. Ядерные мутации связаны с аномалиями в хромосомном аппарате ядер. Цитоплазматические мутации связаны с нарушением ДНК в таких структурах цитоплазмы, как митохондрии. Так как эти органеллы сохраняются только в яйцеклетках, то цитоплазматическая мутация передается по материнской линии. Митохондриальная ДНК регулирует синтез дыхательных ферментов.

По типам клеток, в которых возникают мутации, они делятся на *половые* и *соматические*. Если изменения связаны с хромосомами в половых клетках, то они проявляются в последующих поколениях. Но мутации могут происходить и в соматических клетках. В этом случае они не передаются по наследству при половом размножении. Примером соматической мутации у человека является появление белой пряди волос на голове — нарушением образования пигмента. Это мутация появляется не сразу, а в процессе жизни. Однако аналогичная мутация белой пряди волос встречается и как половая, передается по наследству и проявляется сразу при рождении.

По характеру изменения генотипа мутации делятся на генные, хромосомные и геномные. Все мутации, так или иначе, связаны с изменениями генотипа. Они затрагивают хромосомный аппарат клетки.

Генные мутации. Качественные перестройки отдельных генов, связанные с изменениями в структуре молекулы ДНК, называются *генными мутациями*. В результате генных мутаций происходят изменения в единичных нуклеотидах в составе ДНК. Они приводят к образованию аномального гена, следовательно, и аномального белка, что вызывает развитие аномального признака. Генная мутация — это результат «ошибки» репликации ДНК.

Примерами генной мутации у человека являются такие заболевания как серповидно-клеточная анемия, дальтонизм, гемофилия, альбинизм. Вследствие генной мутации возникают новые аллели (варианты структурных состояний) генов, что приводит к возникновению нового признака. При серповидно-клеточной анемии изменяется один нуклеотид, в результате чего в гемоглобине одна аминокислота меняется на другую. Это, казалось бы, ничтожное изменение приводит к деформации эритроцитов, которые приобре-



Рис. 15.1. Генная мутация. Серповидно-клеточная анемия. нормальные эритроциты (справа), мутантные эритроциты (слева)

тают форму серпа и уже не способны нормально связывать кислород.

Хромосомные мутации.

Хромосомные мутации, или хромосомные перестройки, — это изменения структуры хромосом, которые затрагивают сразу ряд генов. Хромосомные мутации чаще всего приводят к изменению функционирования генов, что является причиной патологических нарушений в орга-

низме. Примером хромосомной мутации у человека является перестройка 5 хромосомы, в результате возникает синдром «кошачьего крика». Плач ребенка напоминает мяуканье кошки, наблюдаются также сращение пальцев, нарушения центральной нервной системы. Мутация приводит к гибели организма после рождения.

Хромосомные перестройки играют существенную роль в эволюционном процессе.

Геномные мутации. Это количественные изменения числа хромосом в клетке, за счет появления лишних или утраты хромосом

Частота и причина мутаций. Генотип достаточно устойчивая и консервативная система, а процесс репликации ДНК близок к совершенству. Стойкость гена имеет большое биологическое значение. Она обеспечивает постоянство вида и его неизменность в относительно стабильных условиях. Однако, кроме этого свойства гену присуща и способность к мутированию.

Мутации возникают в природе случайным образом. Это так называемые *спонтанные* мутации. Они происходят независимо от человека. В природных условиях каждый отдельно взятый ген мутирует очень редко, и, на первый взгляд, может показаться, что изменения в генах несущественны для особи. Но в действительности у организма имеется несколько тысяч генов. Если учесть, что мутации могут происходить в любом из них, общее число мутаций резко повышается.

Каждая отдельная мутация, связанная с изменением структуры ДНК, имеет какую-то причину. Однако в большинстве случаев эти



Рис. 15.2. Генные мутации. Хромосомный набор человека с синдромом Дауна

причины неизвестны. Исследования ученых показали, что некоторые факторы могут существенно повысить частоту мутаций. Впервые такие свойства были обнаружены у рентгеновских лучей. У экспериментально облученных растений и животных в 150 раз чаще наблюдались мутации.

В настоящее время разработаны методы, позволяющие получить направленные мутации. Специально полученные человеком мутации называются *индуцированными*. Факторы, вызывающие мутации называются *мутагенами*. Это физические факторы: α -, β - и γ -лучи, образующиеся при радиоактивном распаде, ионизирующее излучение, ультрафиолетовые лучи.

Мутагенным действием обладают и химические вещества: органические соединения, такие как иприт, кофеин, формальдегид, колхицин, гербициды, некоторые лекарственные препараты, пищевые консерванты. Мутагенами могут быть и биологические объекты — бактерии и вирусы. Все возникающие при этом мутации не адекватны воздействию факторов, единичны и разнообразны.

Большинство мутаций рецессивные, поэтому они лишь изредка проявляются в популяциях, могут длительное время сохраняться, никак себя не проявляя. Поэтому определить наличие мутаций можно только при анализе нескольких поколений. Доминантные мутации встречаются реже, они проявляются сразу же и в случае летальности быстро исчезают вместе с организмом.

Значение мутаций для эволюции предков человека обсуждалось в параграфе 3.

Вопросы

1. Что такое мутации?
2. Какие виды мутаций вам известны? Приведите примеры.
3. В каком случае в ген в ДНК будет более всего изменен: при выпадении или замене одного нуклеотида? К каким последствиям это может привести?
4. С чем связано изменение кариотипа и появление геномных мутаций. Какие виды геномных мутаций вам известны?

Индивидуальные задания**с использованием материала учебника**

Перечертите в тетрадь и заполните таблицу:

Классификация мутаций

№ п/п	Группа мутации	Вид мутации	Характеристика	Примеры

Б. Коллективные задания**с использованием дополнительного материала**

2. Люди с трисомией по половым хромосомам имеют нормальную жизнеспособность. Трисомия по 15 и 21 парам хромосом приводит к снижению жизнедеятельности. Объясните, с чем может быть связана летальность трисомии по другим парам хромосом в раннем эмбриогенезе.

§ 16. Наследственные заболевания человека*

Изучив материал данного параграфа, вы познакомитесь с наследственными болезнями человека и причинами, их вызывающими. Вы узнаете, чем отличаются наследственные заболевания и болезни с наследственной предрасположенностью.

Вы помните

- какие бывают мутации,
- какие законы открыл Г. Мендель.

С генетической точки зрения наследственные заболевания представляют собой мутации в половых и соматических клетках. Все наследственные болезни человека принято делить на три группы: генные болезни, болезни с наследственной предрасположенностью и хромосомные.

Генные болезни связаны с мутациями отдельных генов за счет преобразования химической структуры ДНК (изменение последовательности нуклеотидов ДНК, выпадение одних и включение других). Это в свою очередь изменяет образующуюся на ДНК молекулу РНК и обуславливает синтез нового нетипичного белка, что приводит к появлению у организма новых свойств. В результате генной мутации повреждается один ген, поэтому такие наследственные заболевания называют *моногенными*. К ним относится большинство наследственных аномалий обмена веществ, таких как фенилкетонурия (нарушение обмена аминокислоты фенилаланина, приводящая впоследствии к развитию слабоумия), галактоземия (нарушение обмена молочного сахара лактозы, что приводит к отставанию физического и умственного развития), гипотериоз (врожденное нарушение функции щитовидной железы) и т.д. К генным мутациям относятся также гемофилия, дальтонизм, серповидно-клеточная анемия, полидактилия, синдром Марфана (поражение соединительной ткани, высокий рост, удлинение конечностей, «паучьи пальцы») и другие (рис. 16.1, 16.3)



Рис. 16.1. Полидактилия. На картине Рафаэля «Сикстинская Мадонна» у папы римского Сикста II на правой руке шесть пальцев («сикст» — шесть)



Рис. 16.2. Наследственный признак в династии Габсбургов — «габсбургская губа». Выпяченная нижняя губа и узкая недоразвитая, выступающая вперед нижняя челюсть. Многие представители этой фамилии имели подобную аномалию. 1. Фердинанд I (1503–1564) — император Священной Римской империи; 2. Рудольф II (1552–1612) — император Священной Римской империи; 3. Карл II (1661–1700) — король Испании. Эта же аномалия отмечалась и у последнего представителя этой фамилии — Альфонса XII Испанского, умершего в 1941 г.

Болезни с наследственной предрасположенностью относятся к *полигенным*, так как вызываются чаще изменением нескольких генов и для их проявления требуется воздействие определенных факторов внешней среды. Эти заболевания наиболее часто встречаются и составляют 92% от общего числа наследственных заболеваний. К ним относятся такие заболевания, как ревматизм, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет, бронхиальная астма, мигрень, язвенная болезнь, эпилепсия и др. В этом случае по наследству передается не само заболевание, а предрасположенность к нему, но заболевание может и не проявиться у потомков. Наследование этих болезней не соответствует законам Менделя, имеет возрастные и половые отличия, может клинически отличаться у разных индивидуумов. Кроме того, для них характерна высокая частота встречаемости в популяции человека. Например, сахарным диабетом больны 5 % населения промышленно развитых стран, аллергическими заболеваниями — более 10 %, а гипертонией — около 30 %.

Наследование и степень проявления таких заболеваний зависит от степени выраженности болезни у родителей, так как тяжесть заболевания обусловлена дефектом нескольких генов. Например, если гипертонией страдают оба родителя, то возрастает риск проявления заболевания в более тяжелой степени у детей, а также вероятность передачи по наследству патологических ге-

нов. Большое значение имеет и степень родства данного индивидуума с пораженным патологическим заболеванием членом семьи. Чем дальше в родстве они состоят, тем меньше вероятность проявления заболевания. При прогнозировании наследственной предрасположенности к заболеванию учитывается число больных родственников.

Немаловажным фактором для проявления этих заболеваний имеют и условия среды. Так при наличии у ближайших родственников язвенной болезни необходимо следить за режимом питания, характером пищи, избегать нервных перегрузок, чтобы предотвратить развитие этого же заболевания у потомства.

Хромосомные болезни связаны как с изменениями в структурах хромосом, так и изменением их количества. Они вызываются хромосомными и геномными мутациями. Хромосомные болезни являются довольно частой формой патологии. Известно, что около 40 % всех спонтанных абортсвязаны с хромосомными изменениями, а 6 % мертворожденных детей имеют нарушения в количестве и структуре хромосом. Шесть из 1000 новорожденных детей имеют хромосомные нарушения. Почти все хромосомные болезни проявляются в нарушении умственного развития и врожденными пороками.

Геномные мутации связаны с изменением числа хромосом в геноме человека. Они сводятся к появлению лишних хромосом (например, *трисомия*) или утрате хромосом (*моносомии*). Так при трисомии 21 хромосомы развивается болезнь Дауна (рис. 16.4).

Причины хромосомных мутаций установит практически невозможно. Это могут быть физические, химические и биологические факторы. Однако риск рождения ребенка с трисомией возрастает у женщин с возрастом. Например, для женщин в 45 лет он в 60 раз больше, чем в 19–24 года. Очень молодые женщины (моложе 14 лет) также имеют повышенный риск рождения ребенка с хромосомными аномалиями.

Вредными факторами для беременной женщины являются также вирусные и бактериальные инфекции, употребление некоторых лекарственных препаратов, алкоголь, отравляющие токсические



Рис. 16.3. Синдром Марфана. Удлиненные конечности



Рис. 16.4. Синдром Дауна

вещества, а также различные виды облучения и другие. Особенно к тяжелым последствиям приводят такие повреждающие факторы на ранних стадиях беременности (от 2 до 20 недель), когда идет закладка нервной системы, всех органов и тканей эмбриона.

Разграничение врожденных и наследственных

заболеваний имеет важное значение при прогнозировании потомства в семье.

Медико-генетическое консультирование. В последнее время ученые установили у человека множество заболеваний, появление которых обусловлено наследственными факторами. Правильное распознавание этих патологий важно для их профилактики, диагностики и лечения. Все это стало возможным лишь после того, как были разработаны методы генетического исследования наследственности человека. Для профилактики наследственных заболеваний человека проводится медико-генетическое консультирование. Основная цель консультирования – предупреждение рождения детей с генетическими аномалиями. Наследственные заболевания определяются особенностями генотипа. Однако это не означает, что медицина не может с ними бороться. В случае ранней диагностики многих заболеваний удастся их лечить и предотвратить последствия развития аномалий.

Вопросы

1. Какие виды наследственных заболеваний человека вам известны?
2. Какие заболевания, генные или хромосомные, имеют большую вероятность передаваться из поколения в поколение? Ответ поясните.
3. В чем сущность медико-генетического консультирования? Какие методы используются для этого? Охарактеризуйте их.
4. Как влияет наличие лишней хромосомы на жизнеспособность организма человека?

5. Человек получил дозу ионизирующего излучения. К чему это может привести?
6. Повреждение каких клеток наиболее опасно для последующего поколения? Для мужчин или для женщин это повреждение более опасно? Ответ поясните

А. Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

1. Решите задачу. Серповидноклеточная анемия у человека наследуется как неполностью доминантный аутосомный признак. Гомозиготы умирают в детском возрасте. Гетерозиготы жизнеспособны и устойчивы к заболеванию малярией. Малярийный плазмодий не может использовать для своего питания видоизмененный гемоглобин. Какова вероятность рождения детей, устойчивых к малярии в семье, где один из родителей гетерозиготен в отношении признака серповидноклеточной анемии, а другой нормален в отношении этого признака.

Б. Коллективные задания

с использованием дополнительного материала

2. У человека существует геномная мутация по половым хромосомам, когда кариотип равен 45, т.е. в организме присутствует только одна X-хромосома. Почему нет людей с кариотипом 45, у которых присутствует только одна Y-хромосома?
3. В Японии по существующему законодательству отец, выдавая дочь замуж, должен выделить ей участок земли. Чтобы не «распылять» семейного землевладения, часто женихов и невест подбирают среди родственников. В семьях от таких браков наблюдается резкое повышение наследственных заболеваний. Объясните, с чем это связано.

Глава **2** Развитие науки, техники
и технологий

§ 17. Взаимосвязь науки и техники (технологии)

*Знание – сила ((Scientia est potential)
(Фрэнсис Бэкон)*

На материале этого параграфа вы получите возможность обсудить общую во все времена проблему взаимосвязи науки и техники

Между наукой и техникой (после их выделения в деятельности человечества) всегда существовала обратная связь. Техника и технологии материально и тиражировано воплощали идеи и достижения науки в различных устройствах, приборах, материалах. В свою очередь наука получала новые экспериментальные возможности, в последнее время – также новые вычислительные возможности.

Например, при создании атомно-силового микроскопа (АСМ) (рис. 17.1) использовался факт зависимости сил межатомного взаимодействия от расстояния между атомами. В этом приборе тонкая гибкая балочка (кантилевер) заканчивается тонким острием-зондом. Радиус закругления зонда буквально равен нескольким атомам. При движении по исследуемой поверхности, в зависимости от ее топографии, зонд поднимается и опускается, как патефонная игла (рис. 17.2). Это движение фиксируется с помощью луча лазера, а компьютер преобразует данные в визуальную картинку, на которой видны отдельные атомы. С помощью АСМ изучают не только неорганические поверхности, но и биологические объекты (рис. 17.3).

Однако чтобы реализовать эту простую научную идею потребовалось ждать, когда техника создаст такие микродвигатели, которые могут перемещать зонд АСМ буквально на доли ме-



Рис. 17.1. АСМ (Solver P-47 PRO) производства российской компании NT-MDT, 2003 г.

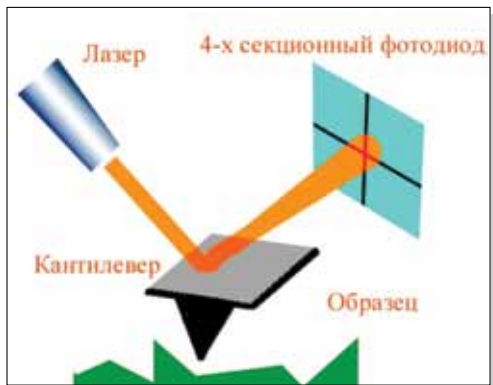


Рис. 17.2. Схема работы кантилевера атомно силового микроскопа

жатомных расстояний вдоль поверхности и в вертикальном направлении. Были и другие технические сложности.

АСМ теперь производится достаточно массово, предполагается, что вскоре это будет прибор размером с компьютерную «мышь». Он широко используется в физике, химии, биологии, материаловедении.

Современная наука немислима без компьютеров, которые создает и продолжает усовершенствовать электронная техника. С их помощью по специальным программам обрабатывают статистические материалы демографии, рассчитывают развитие ураганов, определяют результаты сложнейших экспериментов на ускорителях. Все современные приборы снабжены компьютерами, управляющими экспериментом и выдающими результаты в виде определенных рисунков, таблиц, диаграмм.

Первым возможности применения компьютеров в науке пропагандировал Джон фон Нейман.

Характерным примером необходимости компьютерной техники для современной науки является история расшифровки структуры гемоглобина¹ и миоглобина². Во второй половине 30-х годов XX века в знаменитой Кавендишской лаборатории (Кембриджский университет в Англии) Макс Перутц начал изучать строение гемоглобина рентгеноструктурным методом. Лабораторией в то время руководил Уильям Лоуренс Брэгг, получивший в 1915 году вместе со своим отцом Уильямом Генри Брэггом нобелевскую премию «за

¹ Гемоглобин — красный железосодержащий пигмент крови человека и животных, переносящий кислород из органов дыхания к тканям; играет также важную роль в переносе углекислого газа от тканей в органы дыхания.

² Миоглобин — железосодержащий белок скелетных мышц и миокарда, связывающий переносимый гемоглобином кислород и передающий его окислительным системам клетки; придает мышцам красный цвет.

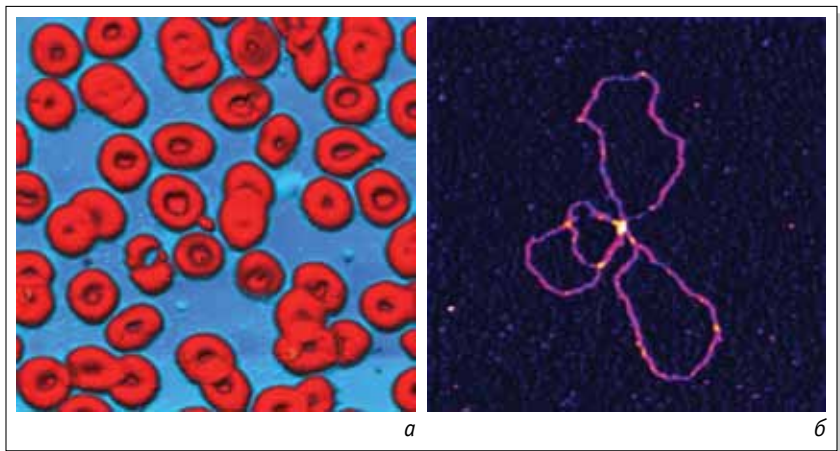


Рис. 17.3. Снимки, полученные на АСМ: а — эритроциты, размер кадра 50 x 50 мкм; б — ДНК, размер кадра 310 x 310 нм. Источник: <http://www.ntmtd.ru/scan-gallery>

заслуги в исследовании кристаллов с помощью рентгеновских лучей». Несмотря на все ухищрения расшифровать рентгенограммы гемоглобина не удавалось из-за его очень сложной структуры: его молекула содержит почти 10 тысяч атомов и состоит из 574 аминокислотных остатков. В 1946 году к Перутцу присоединился Джон Кендрю, поставивший задачу расшифровки структуры более простой молекулы миоглобина (она содержит около 2 500 атомов и состоит из 153 аминокислотных остатков).

Кендрю впервые начал применять для этих работ ЭВМ, причем для окончательной расшифровки структуры миоглобина понадобилась работа на тогдашних компьютерах шестерых сотрудников в течение нескольких месяцев. Естественно, на современных компьютерах для этого понадобилось бы неизмеримо меньшее время. Закончил благодаря использованию ЭВМ свою многолетнюю работу и Перутц.

В 1962 году Макс Перутцу и Джону Кендрю была присуждена нобелевская премия по химии «за исследование в области глобулярных белков». В этом же году в присутствии английской королевы состоялось открытие Института молекулярной биологии, директором которого стал Перутц. Многочисленные работы Макса Перутца в этом институте сделали его одним из главных создателей молекулярной биологии.

Одновременно с Перутцем и Кендрию нобелевскую премию (по физиологии и медицине) получили Фрэнсис Крик и Джеймс Уотсон, работавшие в той же лаборатории под руководством Перутца, «за открытия, касающиеся молекулярной структуры нуклеиновых кислот и их значения для передачи информации в живых системах», т.е. за открытие структуры ДНК.

Техника часто выдвигает конкретные проблемы, наука, решая их, обнаруживает новые явления и закономерности общего характера.

Полимерные материалы стали широко использоваться сравнительно недавно. Одна из первых областей их использования – авиационная промышленность. Выяснилось, что при циклическом нагружении полимерных деталей они разрушаются раньше, чем это следовало из расчетов. Научный анализ показал, что при этом в местах даже небольших дефектов упругая энергия превращается в тепло, и материал локально нагревается до очень высоких температур. Внешне эти локальные нагревы не выявлялись, но они были фатальными для материала. Эффект представлял большой интерес для физики полимеров.

В настоящее время связь техники и науки стала особенно тесной. Развитие информационных технологий, биотехнологий, нанотехнологий привело, по мнению ряда зарубежных и российских ученых, к изменению *парадигмы*¹ научных исследований. В микро- и наномире физики, химики, биологи используют одни и те же приборы, научные методики, идеи. В результате идет процесс конвергенции (слияния) этих наук, а также соответствующих технологий.

Вопросы для самопроверки

1. Приведите примеры взаимосвязи и взаимовлияния науки и техники.

Задания

1. Известный английский физик и химик сэр Гемфри Дэви (получивший титул лорда в возрасте 34 лет за научные работы) отмечал, что «ничто не способствует прогрессу знания в большей мере, чем приме-

¹ Парадигма (греч. *παράδειγμα* – пример, образец, модель) – совокупность фундаментальных научных принципов, представлений, терминов, принимаемых большинством ученых.

нение нового прибора». С помощью учителей физики, химии и биологии подготовьте конференцию с докладами и презентациями о роли новых (в соответствующее время) приборов в развитии науки. В качестве возможных примеров возьмите изобретение термометра, телескопа, сканирующего туннельного и сканирующего атомно-силового микроскопов (коллективное задание).

§ 18. Развитие техники

*Если бы мы делали все, на что мы способны,
то буквально поразили бы сами себя*
(Томас Эдисон)

В этом параграфе вы узнаете об основных достижениях первой и второй научно-технической революций и объективных причинах перехода к третьей научно-технической революции — эре нанотехнологий

«Сегодня в вашем сотовом телефоне заключена большая вычислительная мощность, чем та, что находилась в распоряжении NASA в 1969 г., когда два его астронавта впервые ступили на Луну» (Митио Каку, «Физика будущего»).

Во все времена техническая культура общества определялась «тремя китами»: *материалами, энергией и информацией*.

Вместе с тем развитие техники всегда влияло на архитектуру, живопись, скульптуру, прикладное искусство. Бронзовый век — это не только бронзовое оружие, но и бронзовые украшения, статуи. Разработка в XIX веке современного бетона вызвала у архитекторов желание продемонстрировать его возможности. Так появился дом «Гимн бетону» в Киеве



Рис. 18.1. «Дом с химерами» или «Гимн бетону» в Киеве (архитектор Владислав Городецкий, фигуры Элио Саля)

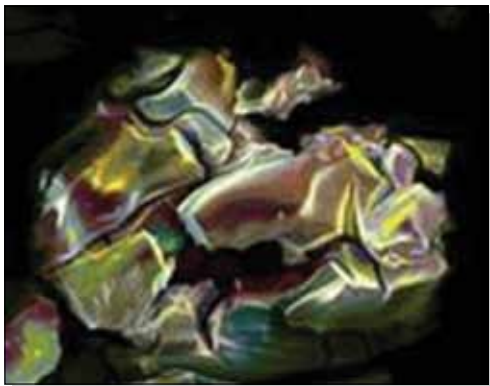


Рис. 18.2. Знаменитая картина Криса Орфеску «Осколки» (микроосколки графита, разбитые в жидком азоте; условные цвета заданы компьютерной программой)

(рис. 18.1), особняки Шехтеля в Москве. Современная информатика фантастически увеличила технические и творческие возможности кино и телевидения. Развитие нанотехнологий привело к появлению «наноарта» (рис. 18.2).

Уже наши предки наряду с орудиями охоты и труда делали из тех же материалов статуэтки зверей, людей, флейты (рис. 18.3; 18.4).

Первая научно техническая революция — индустриальная или энергетическая — условно отсчитывается от получения Джеймсом Уаттом (рис. 18.5) в 1769 г. основного патента на усовершенствованный паровой двигатель, который резко увеличил производительность труда на всех видах производства, добычи ископаемых, в сельском хозяйстве



Рис. 18.3. одному из самых древних изображений человека как минимум 35 тысяч лет. Это изображение женщины — символ плодородия



Рис. 18.4. Флейты наши предки 35 тысяч лет назад делали из бивня мамонта и кости грифа

и на транспорте. До этого источником энергии была энергия ветра, падающей воды и (очень часто) просто мышечная сила животных и людей. Развитие фабрик (в частности, ткацких в тогдашней Англии), увеличение добычи угля, руды, интенсивное общение между странами и континентами требовали новых источников энергии.

Первая научно-техническая революция резко увеличила физические возможности человека.

В дальнейшем стали использовать энергию двигателей внутреннего сгорания, электрическую энергию, реактивные двигатели, атомную энергию. В последние годы, в связи с экологическими проблемами и ограниченностью запасов природного энергетического сырья, во всех развитых странах начала разрабатываться альтернативная энергетика. Быстро развивается солнечная энергетика, т.е. непосредственное использование экологически чистой и непрерывно поступающей энергии Солнца. Признаны перспективы водородной энергетики, где в качестве носителя энергии выступает водород. Обсуждаются пути развития биоэнергетики, основанной на различных отходах древесной и сельскохозяйственной промышленности, бытовых отходах, водорослях и пр.

В 60-х годах 20 века, с началом развития микроэлектроники, началась **вторая (информационная) научно-техническая революция**. В работах Алана Тьюринга (рис. 18.6) и Джона фон Неймана (рис. 18.7) были сформулированы основы компьютерной технологии.

Вторая научно-техническая революция тоже, естественно, была вызвана объективными потребностями человечества. Усложнившаяся



Рис. 18.5. Джеймс Уатт (1736–1819)



Рис. 18.6. Алан Тьюринг (1912–1954)



Рис. 18.7. Джон фон Нейман (1903–1957)

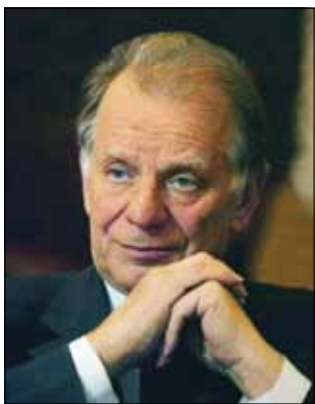


Рис. 18.8. Академик Жорес Иванович Алферов

яся техника, в том числе военная техника второй мировой и последующей «холодной» войны, требовала соответствующего управления. Возросли потребности в быстрой передаче информации, ее кодировке и раскодировке. Итогом второй научно-технической революции стало создание нового информационного пространства. Вся Земля и околоземное пространство покрылись сетью различных информационных каналов: радио, телевидение, сотовая и спутниковая связь. Существенный скачок в передаче информации был в свое время сделан при изобретении книгопечатания, но книгопечатание развивалось в течение сотен лет, а информационная революция — за десятилетия. Возрастает роль дистанционного обучения. ИНТЕРНЕТ сделал возможным объединение вокруг исследовательских проблем специалистов из разных стран и сообществ. Например, в 2006 г. в работе конференции IBM's Innovation Jam. приняли участие 140 тысяч человек. Развитие сетевых сообществ — необычный социальный и политический феномен.

Достижения информационной революции фантастически увеличили ту способность человека, которая сделала его ведущим биологическим видом на Земле — способность к передаче информации.

В 2000 г. нобелевская премия по физике была вручена академику РАН Ж.И.Алферову (рис. 18.86), Дж.Килби, Г.Кремеру «за основополагающие работы в области информационных и коммуникационных технологий». Этот факт рассматривается как символическое подтверждение значения второй НТР для всего человечества.

На ваших глазах с каждым годом уменьшаются размеры сотовых телефонов и персональных компьютеров и одновременно уве-

личиваются их возможности. Автомобили и другие средства передвижения, станки и приборы остаются макроскопическими телами, так как единицей масштаба служат размеры человеческого тела, но управляющие элементы, устройства для передачи и приема информации становятся все сложнее, а составляющие их единицы (транзисторы, конденсаторы, сопротивления) все миниатюрнее.

Специалисты в области микроэлектроники обоснованно называют ее развитие одним из стратегических направлений мирового научно-технического прогресса. Именно развитие микроэлектроники послужило одним из объективных факторов, вызвавших в конце XX века **третью научно-техническую революцию — нанотехнологию**.

Как и предыдущие научно-технические революции, нанотехнологии возникли в силу ряда объективных причин. Во-первых, развитие электроники позволило создать во второй половине XX века сканирующие микроскопы (сканирующий туннельный, атомно-силовой, усовершенствованный электронный, микроскоп ближнего поля), в которых можно было различить отдельные атомы и передвигать их (рис. 18.9). Нобелевский лауреат, создатель *супрамолекулярной химии*, Жан-Мари Лен писал, что одним из трех основных условий для возникновения и бурного развития новой научной дисциплины являются новые инструменты для изучения объектов в данной области. К этому времени объектами атомных размеров интересовались и физики, и химики, и биологи. Во-вторых, обострились экологические проблемы: человечество в итоге бездумного развития технологий «замусорило» не только воду, воздух и землю, но даже ближний космос (рис. 18.10). Решение этих проблем во многом берут на себя нанотехнологии. В-третьих, остро встали энергетические проблемы. На-

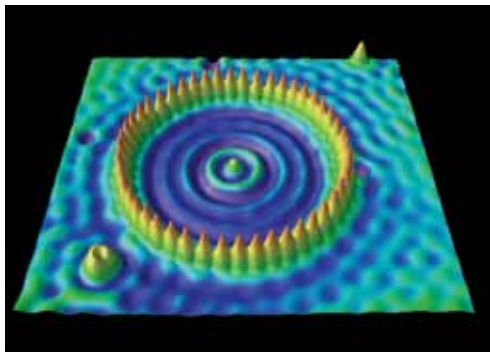


Рис. 18.9. Знаменитый «Загон для скота». С помощью сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) на чистую медную пластинку высажены по кругу атомы железа. Возникшая ситуация проанализирована также с помощью СТМ; «волны» отражают состояние электронов меди

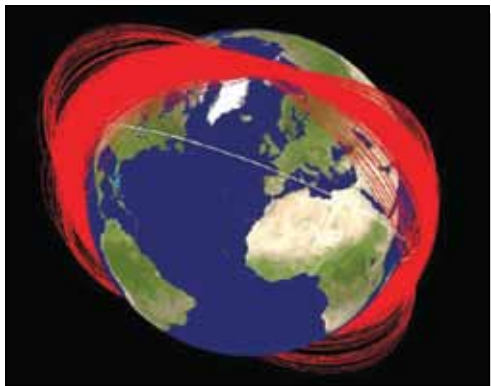


Рис. 18.10 Космический мусор. Состоит из отработавших последних ступеней ракет-носителей, сброшенных защитных щитов, монтажных деталей и пр. Его общая масса в настоящее время оценивается в 3 000 т, и он представляет для КА на низких околоземных орбитах большую опасность, чем частицы естественного происхождения. Белый пунктир — орбита МКС

пример, до 20% получаемой энергии человечество щедро тратит на освещение. Необходим переход к энергосберегающему освещению (например, светодиодам), эффективным батареям и конденсаторам, увеличению роли альтернативных источников энергии и пр. Наконец, проблемы современной медицины могут решить только совместно био- и нанотехнологии.

Нанотехнологии имеют в принципе междисциплинарный характер, объединяя идеи и методы

физики, химии, биологии, информатики, они как бы узаконили тот процесс ассоциации, который наблюдался между этими науками в области исследования, получения, применения наноструктур.

Нанотехнологии рассматриваются во всех странах мира как основа инновационно-технологической цивилизации XXI века.

Вопросы для самопроверки

1. Какими тремя факторами определяется развитие технической культуры общества?
2. Составьте таблицу различных источников энергии, используемых человечеством, с указанием времени их открытия.
3. Что дали человечеству первая и вторая научно-технические революции?
4. Каковы объективные причины появления нанотехнологий?

Задания

1. Подберите материал и сделайте постер на тему «Влияние техники и науки на искусство и литературу» (коллективное задание).

§ 19. Нанотехнологии — третья научно-техническая революция

«Внизу располагается поразительно сложный мир малых форм, и когда-нибудь (например, в 2000 г.) люди будут удивляться тому, что до 1960 г. никто не относился серьезно к исследованиям этого мира...»

(Ричард Фейнман)

В этом параграфе вы познакомитесь с основными понятиями нанотехнологий и историей их возникновения, с некоторыми практическими достижениями нанотехнологий в России

«Нано» означает одну миллиардную, 10^{-9} . На греческом языке «нано» имеет смысл «карлик». Нанометр (10^{-9} м) видимо впервые ввел А. Эйнштейн при рассмотрении размеров молекулы сахара. В низкомолекулярных твердых телах (металлах, ковалентных кристаллах типа алмаза, ионных кристаллах) расстояние между атомами составляет десятые доли нанометра: на длине в 1 нм уложится несколько атомов. **По принятому международному определению наноструктуры могут иметь наноразмеры от 1 нм до 100 нм** хотя бы в одном направлении (сверхтонкие пленки и поверхности) или только в двух (нанонити, нанотрубки) или по всем трем направлениям (кластеры) (рис. 19.1) и в целом содержать большое число атомов, но их свойства все равно принципиально отличаются от обычных макроскопических тел.

Нанотехнологии позволяют получать наноструктуры, устройства и материалы на их основе; изучать их свойства; проектировать возможности их рационального использования в технике, медицине, быту, военном деле и пр.

Сам термин «нанотехнологии» было введено в 1974 году японским исследователем Норио Танигучи применительно к точности обработки деталей.

До недавнего времени физика и химия изучали два крайних случая — отдельные атомы и молекулы или макроскопические объемы, содержащие большое число частиц. Для привычных нам макроскопических тел действуют статистические законы усреднения их свойств, как действует в демографии большого города статисти-

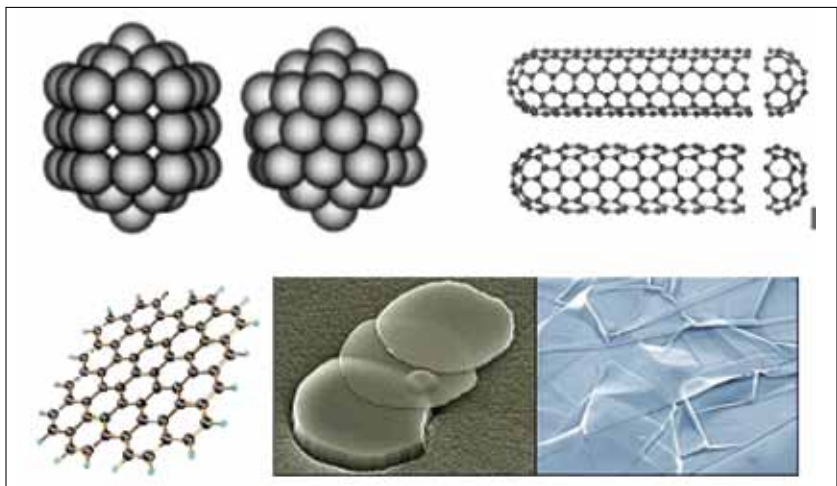


Рис. 19.1. Примеры наноструктур. Вверху слева — кластеры, состоящие из одинаковых атомов и имеющие по всем трем направлениям размеры в пределах 100 нм; вверху справа — углеродные нанотрубки, ажурные полые структуры из атомов углерода, в длину их размеры уже превышают 100 нм, но поперечные размеры находятся в этих пределах; внизу — новый материал графен, один слой графита, имеющий наноразмер только по толщине (один атом)

ческое усреднение возраста, роста, образования и других показателей населения. Наноструктуры занимают промежуточное положение между отдельными атомами, свойства которых описываются квантовой механикой, и макроскопическими телами, в которых свойства отдельных атомов усреднены.

Многие физические законы, справедливые в макроскопической физике, для наночастиц нарушаются. Например, несправедливы известные формулы сложения сопротивлений проводников при их параллельном и последовательном соединении. Вода в нанопорах горных пород не замерзает до -20 – 30°C , а температура плавления наночастиц золота существенно меньше по сравнению с массивным образцом. Необычные свойства наноструктур, определяющиеся законами квантовой механики, затрудняют их тривиальное техническое использование и одновременно открывают совершенно неожиданные технические перспективы.

Недавние исследования показали, что фактически человек давно использовал микро- и наноструктуры в технике, но чисто эмпи-



Рис. 19.2. Средневековый витраж и дамасский клинок XVII века

рически. Поколения ремесленников обрабатывали технологию, добываясь желаемых результатов, но не зная их физико-химических основ. Итальянские ученые выяснили, что знаменитая цветная глазурь на средневековой керамике из города Дерута содержит наночастицы металлов (серебра, меди и др.). В учебнике для гончаров середины 16-го века есть подробная эмпирически отработанная рецептура этих великолепных эмалей. Наночастицы металлов определили и красоту средневековых витражей (рис. 19.2а). Знаменитые дамасские клинки (рис. 19.2б), как оказалось, имели своеобразные нанозазубрины.

С наночастицами давно имели дело химики, занимавшиеся коллоидной химией. В 1914 г. Вильгельм Вольфганг Оствальд (сын нобелевского лауреата Фридриха Вильгельма Оствальда) издал учебник по коллоидной химии со знаменательным названием «Мир обойденных величин». Наночастицами являются мельчайшие частицы железа и углерода в стали, мелкие частицы в различных эмульсиях или в композиционных материалах и пр.

Природные наночастицы, в частности, образуют разные по функции части живых организмов: ДНК, различные белки и пр.

Вообще объекты наноструктурных размеров, составляющие части макроскопических тел, являются скорее правилом. Однако нанотехнология впервые объединила все эти разнообразные структуры

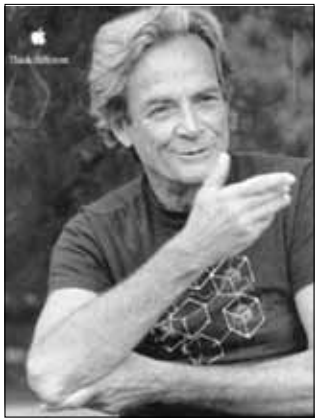


Рис. 19.3. Нобелевский лауреат Ричард Филипс Фейнман (1918–1988)



Рис. 19.4. Эрик Дрекслер

по размерному принципу, а единый принцип, подход дает сразу иные перспективы для исследования и применения.

Отцом нанотехнологий считают одного из самых знаменитых физиков нашего времени лауреата Нобелевской премии Ричарда Фейнмана (рис. 19.3). 29 декабря 1959 г. на лекции перед Американским физическим обществом (лекция называлась «Есть много места там внизу. Приглашение в новый мир физики») он высказал мысль, что «принципы физики... не говорят о невозможности манипулирования веществом на уровне атомов». Фейнман впервые предложил возможность микрозаписи с использованием ионных пучков шириной в несколько нанометров, создание из небольших скоплений атомов вычислительных систем, массовое производство на миллионах микроскопических фабрик микродеталей и т.п. В те годы это казалось научной фантастикой. Но уже в 1981 году Герд Биннинг и Генрих Ререр (швейцарское отделение IBM) изобрели сканирующий туннельный микроскоп, а в 1986 г. Герд Биннинг – атомно-силовой микроскоп. С их помощью можно манипулировать отдельными атомами и «видеть» отдельные атомы.

Фейнман впервые поставил задачу смены старой технологии получения различных материалов и устройств, которую называют технологией «сверху вниз» (**top-down**), технологией «снизу вверх» (**bottom-up**). В технологии «сверху вниз» из макроскопических материалов различными методами получают другие макроскопические или микроскопические материалы и устройства, применяя дробление, растворение и осаждение, обработку поверхности электронным или лазерным излучением и т.п. В новой технологии

«снизу вверх» любой материал или устройство, уже существующее в природе или создаваемое впервые, в принципе можно собрать, начиная с отдельных атомов, по безотходной технологии. Такая сборка напоминает детскую игру «лего».

Вторая область применения нанотехнологий, позволяющая говорить о новой научно-технической революции, сформулирована в футуристической книге Эрика Дрекслера «Машины созидания», вышедшей в 1986 году. Развивая идеи медицинского применения нанороботов, Дрекслер (рис. 19.4) провозгласил нанотехнологии как «путь к бессмертию и свободе».

Технически развитые страны во всем мире вкладывают все увеличивающиеся средства в нанофизику и нанотехнологию. Уже в 2003 г. государства всех стран мира потратили на нанотехнологию 2 млрд. долл., после чего данная научная область стала самой финансируемой.

Вместе с тем, как всякая новая технология, нанотехнологии могут быть источниками различных проблем и опасностей. Прежде всего, это пока недостаточно изученное воздействие наночастиц на живой организм, как при производстве нанопродуктов, так и при их применении и утилизации. По этой тематике во всех странах мира ведутся исследования. Во-вторых, развитие нанотехнологий приведет к новым проблемам в области социологии, экономики, военном деле. Например, в последнем случае, как считают специалисты, меняются сами военные доктрины. Тем не менее, огромные преимущества от внедрения нанотехнологий перевешивают всегда имеющиеся риски. Ведь даже использование огня первобытным человеком было сопряжено с опасностью.

26 апреля 2007 г. в послании Федеральному собранию президент России В.В. Путин обозначил нанотехнологии в качестве одного из наиболее приоритетных направлений развития науки и техники и предложил учредить Российскую корпорацию нанотехнологий, которая с 2011 года перерегистрирована в ОАО РОСНАНО. Основной задачей РОСНАНО является инвестирование государственных средств в перспективные наукоемкие разработки в области нанотехнологий, а также организация подготовки специалистов в этой ключевой области. За два года при участии «Роснано» в России было создано 30 производств по выпуску продукции с использованием нанотехнологий. Продукция внедрена на железнодорожном транспорте, в сельском хозяйстве, спорте. Так в 2012 году



Рис. 19.5. В ледовом дворце «Большой» (Сочи) система солнечных батарей разработана по заданию РОСНАНО

на ж/д вокзале Анапы запущена в промышленную эксплуатацию первая в России система солнечной генерации энергии ООО «Хевел», эти разработки использованы также в олимпийском ледовом дворце «Большой» (рис. 19.5). На рис. 20.6 приведен спектр излучения разработанного по заданию РОСНАНО светодиодного светильника, обеспечивающего (вместе с естественным освещением) существенную стимуляцию роста растений в теплицах.

Когда академик Ж.И.Алферов в 2000 г. получил нобелевскую премию по физике, одним из первых его поздравил нобелевский лауреат Лео Исааки, который сказал, что до созданных в лаборатории Алферова полупроводниковых гетероструктур мы могли говорить о God Made Crystals (о кристаллах, сделанных Богом), а сейчас мы можем говорить о Man Made Crystals (о кристаллах, сделанных

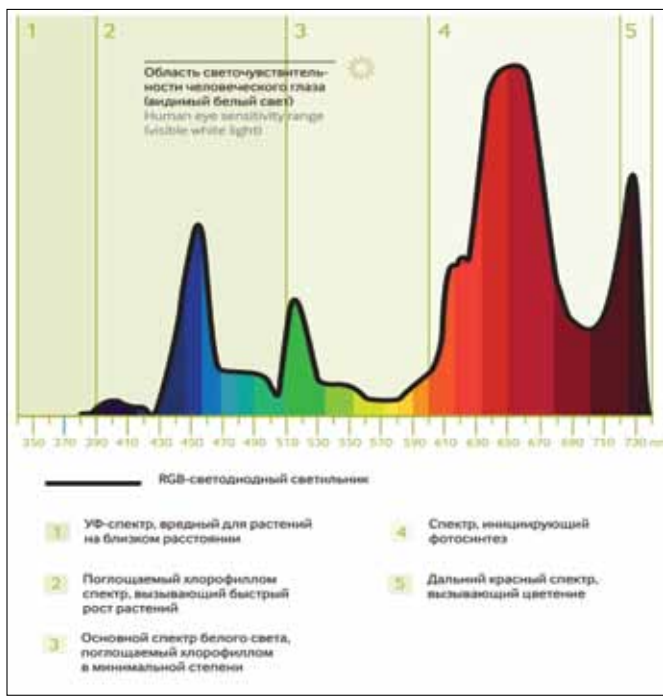


Рис. 19.6. Спектр светодиодного светильника, разработанного для нужд агропромышленного комплекса по заданию РОС-НАНО, в 1,5–2 раза ускоряет созревание растений

человеком). Третья научно-техническая революция делает человека своеобразным демиургом не только в области технических устройств и материалов, но и применительно к собственному организму. Пожалуй, самым важным достижением нанотехнологий в содружестве с биотехнологиями станет возможность поддерживать и усовершенствовать все функции организма человека, включая функции мозга.

«По многим прогнозам именно развитие нанотехнологий определит облик XXI века, подобно тому, как открытие атомной энергии, изобретение лазера и транзистора определили облик XX столетия» (Нобелевский лауреат академик Ж.И.Алферов).

Вопросы для самопроверки

1. Что такое нанометр?
2. Дайте определение наноструктуры, приведите примеры.
3. Кого считают «отцом» нанотехнологий?
4. Что такое технологии «сверху вниз» и «снизу вверх»?

Коллективные задания с использованием материала учебника

Используя материал параграфа и соответствующие ИНТЕРНЕТ-сайты, ответьте на следующие вопросы (коллективное задание с последующим обсуждением в классе):

- где применяется светодиодное освещение? Каковы его преимущества по сравнению с лампами накаливания и люминесцентными лампами?
- где применяются нанокomпозиционные материалы, в чем выгода их применений?
- что такое низкоэмиссионное стекло? Где и зачем оно применяется?
- где применяются солнечные батареи? В чем их преимущество?

§ 20. Современные материалы и наноматериалы

*«После того, как щит он сковал, огромный и крепкий,
Вывокал также и панцырь Гейфест ему, ярче, чем пламя;
Крепкий сковал ему шлем, на висках прилегающий плотно, -
Пестрый, прекрасный; а зрени из золота сделал,
После ему и поножи из гибкого олова создал»
(Гомер, «Илиада» в переводе В.Вересаева)*

В параграфе обсуждается роль используемых материалов в культуре общества и удивительные свойства современных материалов

Используемые материалы являются одним из основных показателей технической культуры общества. Это было отражено в названии веков «каменный век», «бронзовый век», «железный век». XXI век, вероятно, назовут веком многофункциональных нано — и биоматериалов.

Макроскопические материалы можно отнести к наноматериалам, если элементами их структуры являются нанобъекты, наноразмерные элементы, что принципиально изменяет свойства материалов.

Международная организация стандартизации (ISO) относит к наноструктурным материалам материалы с наноструктурами внутри самих материалов и на их поверхности.

Материалы можно условно разделить на конструкционные и функциональные. Конструкционные материалы обеспечивают необходимые в эксплуатации механические свойства различных изделий и конструкций, от столовых приборов до ракет. Функциональные материалы, как это следует из их названия, обеспечивают другие конкретные требования к изделиям и конструкциям: радиационную стойкость оболочек космических аппаратов, биологическую совместимость имплантатов, определенные оптические, электрофизические, магнитные свойства и пр.

Когда первобытный человек обрабатывал кремень для наконечника копья, кремень выступал в роли конструкционного материала. Когда кремень начали использовать для получения огня — он работал как материал функциональный.

В наше время конструкционные материалы, способные работать в экстремальных условиях, в том числе в жестких условиях, характерных для современной аэрокосмической техники или атомной энергетики, тоже могут быть отнесены к материалам функциональным. Так материалы на базе титановых сплавов используются в сложных термомеханических условиях, когда надо сохранять жесткость и прочность при 1100°C и выше. Здесь трудно разделить конструкционные и функциональные свойства.

Из класса функциональных материалов выделяют активные или «умные» материалы. «Умные» или «интеллектуальные» материалы (smart materials) должны эффективно и самостоятельно менять свои свойства в непредвиденных обстоятельствах или при смене режима работы устройства. По одному из проектов DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency, USA) они будут использоваться в аэродинамических элементах самолета, способных изменять свою жесткость и понижать вибрацию конструкции на определенных режимах полета. Ткань костюма «солдата будущего», разрабатываемого, в том числе и в России, должна увеличивать жесткость при приближении пули и распределять энергию удара пули по большой площади.

Материалы, изменяющие свои свойства в зависимости от конкретных условий среды, известны давно. Например, это сплавы и полимеры с памятью формы, которые деформируются и затем восстанавливаются при изменении температуры или напряженности магнитного поля; рН-чувствительные полимеры, которые набухают или коллапсируют при изменении кислотности окружаю-

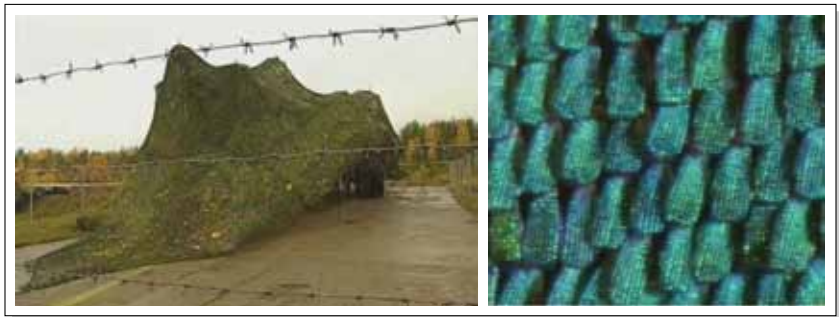


Рис. 20.1. Военная маскировка и вид наноматериала

щей среды; галохромные, электрохромные, термохромные, фотохромные материалы, которые обратимо изменяют свою окраску при изменении кислотности среды, приложенного напряжения электрического поля, температуры среды, облучении светом, соответственно и др. Вы, например, знаете об очках, изменяющих свой цвет под влиянием солнечного излучения.

На базе этих простых «умных» материалов создаются более сложные. Фактически речь идет о некоторой организованной системе, в которую кроме самого материала входит подсистема (датчики), реагирующая на внешние условия и их изменения; подсистема, считывающая эти сигналы, обрабатывающая их; подсистема, обеспечивающая функциональный отклик материала; подсистемы обратной связи, самодиагностирования и самовосстановления.

Например, в простейшем случае «невидимость» военных машин, самолетов на земле обеспечивается специальной маскировочной тканью, созданной с помощью нанотехнологии (рис. 20.1). Ткань для глаза сливается с хвоей окружающих деревьев; с другой стороны, в диапазоне частот, характерных для радара, дает тот же «отклик», что и хвоя. Это достигается за счет рассчитанной геометрии и состава «иголочек».

Вместе с тем более сложный и более эффективный вариант «невидимости» (рис. 20.2) может быть достигнут в будущем только при наличии множества миниатюрных видеодатчиков и светоизлучающих элементов, посылающих изображение окружающей среды с обратной стороны предмета. То, что фиксируется со спины, с помощью микропроцессора проецируется на переднюю часть костюма, и наоборот.

Таким образом, в области создания современных «умных» материалов физика и химия сочетаются с информатикой. Для нанотехнологии это слияние представляется принципиальным.



Рис. 20.2. Японский «плащ-невидимка»

Современная техника открывает поистине безграничные возможности создания новых функциональных материалов, наноматериалов и их сочетаний.

Потребность в умных материалах вызвана тем, что современные механизмы и устройства становятся уязвимыми, с одной стороны, из-за своей сложности, с другой — из-за все более жестких условий эксплуатации: разные среды, радиация, большие скорости движения и пр. Например, при разработке космической техники требуются новые материалы, которые должны выдерживать нагрузки космических полетов (высокие температура и давление, вибрационные нагрузки на этапе выведения, низкие температуры космического пространства, глубокий вакуум, радиационное воздействие, удары микрочастиц и т.д.) и при этом иметь достаточно низкую удельную массу.

Разработка «умных» материалах связана также с ограниченными психофизиологическими возможностями человека. Известно, что прогресс в области управляемых воздушных средств сдерживается этим фактором. Специалисты в военной технике сухо характеризуют оператора-человека как «объект с малым быстродействием и существенным ограничением психофизиологических возможностей».

Техника XXI века, от космической до медицинской, будет во многом определяться разработкой функциональных и «умных» материалов. «Умные» материалы обшивки самолетов и ракет будут самозалечивающимися. «Умные» имплантаты будут автономно реагировать на свое состояние и при необходимости выделять нужные лекарства. «Умный» костюм космонавта, солдата, спасателя будет оптимально реагировать на механическую, химическую, радиационную опасность прежде, чем сам человек сумеет ее проанализировать.

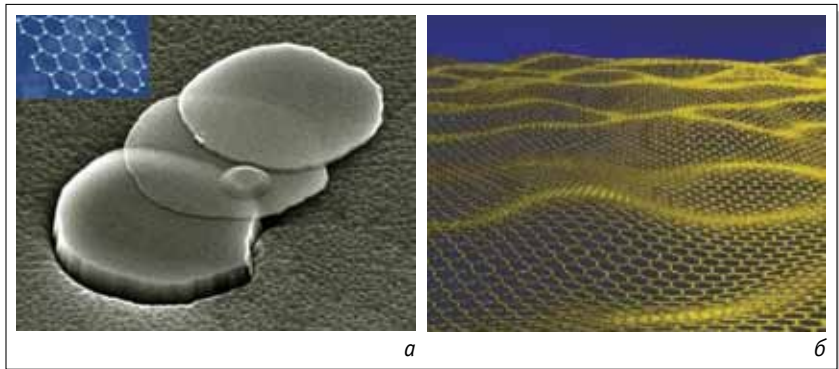


Рис. 20.3. *а* — схема структуры графена и фотография его образцов.

[<http://www.spiegel.de>, <http://www.grendel.ph.man.ac.uk>];

б — рисунок Янника Майера [<http://www.physicsworld.com>] показывает, что свободные плёнки графена из-за нескомпенсированности межатомных связей (атомы углерода четырехвалентны, а в структуре графена имеют только трех соседей) образуют поверхность сложной волнистой формы, длина «волн» около 5–10 нм, высота — 1 нм

Таким образом «умные» материалы сближаются с биологическими системами, которые в процессе эволюции стали суперфункциональными. Применительно к «умным» материалам, разрабатываемым человеком, ставится футурологическая задача создания гиперфункциональных материалов, превосходящих в некоторых аспектах возможности отдельных биологических органов.



Рис. 20.4. Нобелевские лауреаты Андре Гейм (слева) и Константин Новоселов; Манчестерский университет

Нанотехнология позволяет вывести функциональность материалов на принципиально новый уровень за счет наноразмера составляющих его структур и возможностей их разнообразного сочетания. Свойства конструкционных материалов также могут быть существенно улучшены.

Пожалуй, самым удивительным наноматериалом наших дней является графен – единственный в мире материал одноатомной толщины, фактически единичный слой графита (рис. 20.3). За его открытие и «переводные опыты с двумерным материалом – графеном» нобелевская премия по физике 2010 года была вручена Андре (Андрею) Гейму и Константину Новоселову (рис. 20.4).

Графен обладает уникальными физическими свойствами, которые делают его перспективным материалом нанoeлектроники.

Весьма перспективными считаются гибридные наноматериалы, состоящие из неорганических, органических и биологических компонентов. Среди последних выделяется ДНК.

В последние годы возросло число работ, использующих *комплементарность* ДНК для построения сложных структур, в том числе трехмерных. Свободные концы ДНК в генной инженерии называют липкими концами, именно они используются для наращивания и разветвления структуры. В полости таких структур можно ввести различных «гостей» (рис. 20.5). Трехмерные конструкции из молекул ДНК после металлизации перспективны для использования в нанoeлектронике. Австрийские ученые использовали естественную периодическую структуру кристаллического белка, существующего на поверхности бактерий, поместив его на различные подложки (металлические, полимерные, кремниевые). Далее белок можно было использовать как фоторезист в фотолитографии или как биоаналитический сенсор (если привить к белку специальные сенсор-

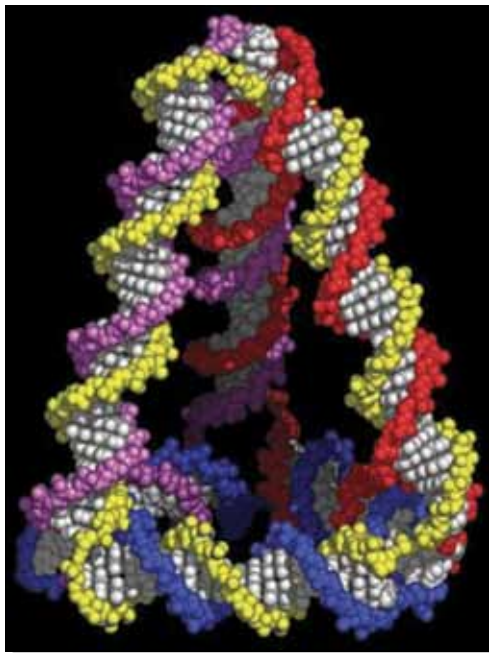


Рис. 20.5. Нано-«пирамидки» из ДНК (размер 10 нм)

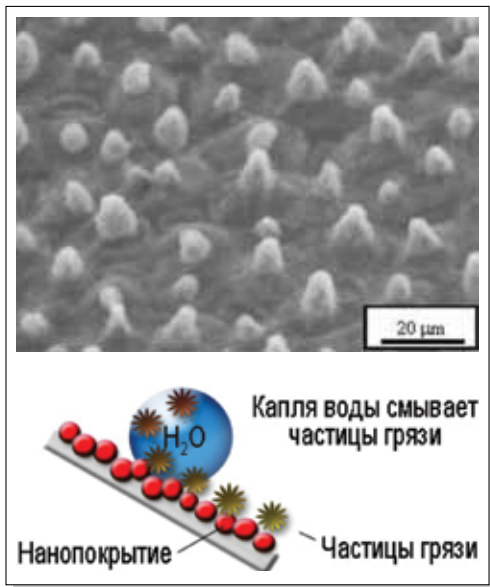


Рис. 20.6. «Микрокочки» на листе лотоса и принцип работы искусственного нанопокрывтия

ные молекулы). Различные бактерии и вирусы используются в ряде работ для формирования на их основе металлических наноструктур.

Биомиметика (бионика) – так автор «Life Sciences» Жанин Беньюс назвал нововведения, осуществляемые по образцу природы. Переход к изучению и исследованию наноструктур и наноматериалов невольно заставил по-иному взглянуть на некоторые свойства растительного и животного мира, для которого наноразмер является естественным.

Лотос – символ чистоты, даже в грязной воде его листья остаются идеальными. Причина – «микрокочки» на листьях, с которых вода скатывается (рис. 20.6). По этому образцу сделаны многие самоочищающиеся поверхности – от лобовых стекол автомобилей до футболок.

Во многих книгах и статьях приводится пример с материалом, сделанным по принципу лапок геккона (рис. 20.7), способного ползать по вертикальной поверхности и потолку. Оказалось, что на его лапках густо расположены кератиновые нанометровые волоски. По влажной поверхности геккон ползает за счет капиллярного эффекта, по сухой – за счет сил Ван-дер-Ваальса. Наилучший искусственный материал, имитирующий волоски с лапок геккона, создан в Берклеевском Университете (Калифорния). Его преимущество в легкости присоединения к поверхности и одновременно легкости отрыва: ткань «прилипает» не когда ее прижимают, а только когда она скользит по гладкой поверхности. Эти свойства естественной «ткани» лапок геккона необходимы ему, т.к. бегущий геккон может прикладывать и отрывать лапки от поверхности до двад-

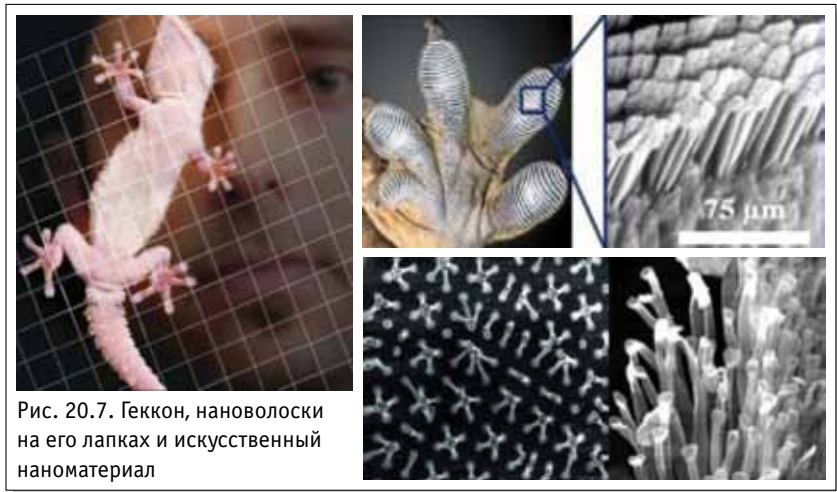


Рис. 20.7. Геккон, нановолоски на его лапках и искусственный наноматериал

цати раз в секунду, и он не может тратить каждый раз много энергии, прижимая лапки к поверхности. Материал можно использовать при создании небольших роботов, способных взбираться по стенам.

Новым классом материалов являются т.н. *метаматериалы*, свойства которых определяются в основном особенностями конструкции, а не химическим составом. Примером служат знаменитые материалы с *отрицательным коэффициентом преломления*, предсказанные советским профессором Виктором Веселаго еще в 1967 году, в которых луч, преломленный в более оптически плотной среде, располагается по другую сторону от перпендикуляра к поверхности раздела сред (рис. 20.8; 20.9). На базе таких материалов можно создать «невидимый» футляр для предмета, что интересует военных. Впрочем, при этом «изнутри» также ничего нельзя будет увидеть. Но такие материалы работают в определенном интервале электромагнитных колебаний, так что возможно создать невидимость на частоте радара и продолжать видеть «изнутри» в оптическом диапазоне.

Из анализа экспертных оценок специалистов следует, что в ближайшие 15 лет 90 % современных материалов, применяемых в промышленности, будут заменены новыми, в частности «интеллектуальными», что позволит создать элементы конструкций, которые будут определять технический прогресс XXI в.

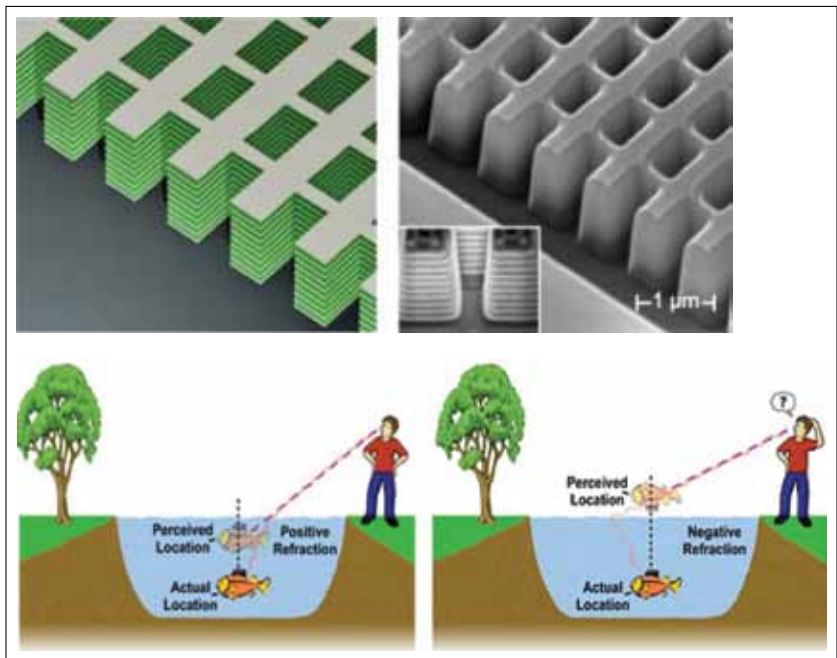


Рис. 20.8. Вверху два метаматериала с отрицательным коэффициентом преломления. Внизу — если бы вода обладала отрицательным коэффициентом преломления, мы видели бы рыб **над** ее поверхностью

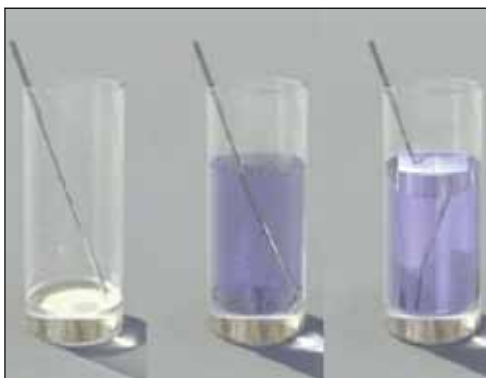


Рис. 20.9. Пустой стакан с ручкой, стакан с водой, стакан с гипотетической жидкостью с отрицательным коэффициентом преломления. Изображение с сайта aph.uni-karlsruhe.de



Рис. 20.10. Современный теплоизолирующий материал. Внизу — газовая горелка

Вопросы для самопроверки

1. Что такое конструкционные и функциональные материалы? Приведите примеры.
2. Что такое наноматериалы?
3. Почему появилась потребность в «умных» материалах?
4. Почему перспективны гибридные материалы?
5. Что такое метаматериал?

Индивидуальные задания с использованием материала учебника

Нарисуйте ход лучей, подтверждающий рисунок 20.8 (рыбы над «водой» с отрицательным коэффициентом преломления).

§ 21. Нанотехнологии и медицина

*«Любая достаточно развитая технология
неотличима от магии»
(Артур Кларк)*

Данный параграф позволит вам узнать, каковы перспективы применения нанотехнологий в социально значимой сфере медицины

С самого начала развития нанотехнологий медицина рассматривалась как одна из основных сфер их приложения. Причина в том, что основу биологических систем составляют структуры, имеющие наноразмеры. Можно сказать, что природа давно освоила нанотехнологии. Таким образом, достижения и перспективы нанотехнологии в области медицины часто граничат с биотехнологией или фактически представляют собой биотехнологию.

Основные области применения нанотехнологий в медицине, разрабатываемые в настоящее время:

- биодатчики, в том числе в живом организме,
- полноценные импланты,
- инженерия тканей,

- доставка лекарств в живой организм «по адресу»,
- дистанционная хирургия,
- новые наноматериалы и лекарства
- модернизация диагностических приборов и методов

Медицина (в том числе космическая) и экология требуют создания микро- и наноустройств, осуществляющих длительный мониторинг состояния живого организма и воздействия на него различных неблагоприятных факторов (например, радиации – актуальнейшая проблема для космонавтов). Особо стоят задачи генетического контроля продуктов питания и обнаружения биологического оружия.

Основой работы различных биодатчиков является *комплементарность*, способность к распознаванию на молекулярном уровне (ДНК, антитела и пр.). Принцип работы биодатчика изображен на рис. 21.1-А.

В качестве вещества, осуществляющего молекулярное распознавание, используются антитела, ДНК, ферменты, некоторые сложные химические соединения. Взаимодействие интересующего нас агента (например, вируса) с распознающим веществом изменяет какие-либо физические характеристики датчика – электрическое сопротивление, уровень рассеяния света и пр., что фиксируется на экране.

Широко используемым практическим достижением микро- и нанотехнологии являются «лаборатории на-чипе», проводящие экспресс-анализ ДНК и других биомолекул. Это аналитическое микроустройство на кремниевом или стеклянном чипе, которое потребовало разработки новых методик обработки и передачи информации и новых источников питания. На поверхность чипа или наночастиц можно наносить белковые маркеры, комплементарные к определенным вирусам. Когда вирус связывается со «своим» маркером, меняются характеристики наночастицы, что можно зафиксировать за несколько минут анализа. На рис. 21.1-Б дана в качестве примера схема детектирования одиночного вируса гриппа. Нанопроволока, отмеченная как «красная», после обработки способна захватить вирус; «синяя» нейтральна к вирусам. При захвате (*адсорбции*) всего одного вируса фиксируется падение электропроводности «красной» нанопроволочки; при его *десорбции* значение электропроводности восстанавливается.

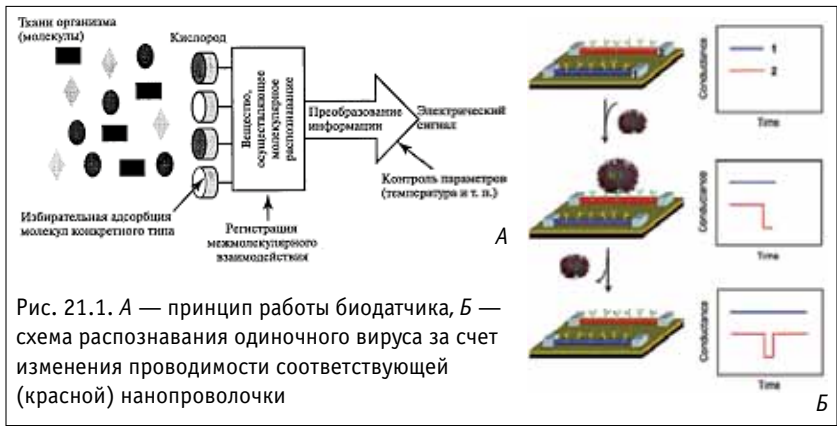


Рис. 21.1. А — принцип работы биодатчика, Б — схема распознавания одиночного вируса за счет изменения проводимости соответствующей (красной) нанопроволочки

Сегодня уже разработаны системы диагностики ВИЧ-инфекции на шесть порядков точнее традиционных. Новейший сенсор определения глюкозы срабатывает за 12 секунд. Через несколько лет вся процедура анализа крови принципиально изменится, и не будет требовать высокой квалификации.

Особо можно выделить такие мультисенсорные системы, как «электронный нос» и «электронный язык», функции которых ясны из названия.

В полноценных имплантах используются новые наноматериалы, обеспечивающие их быстрое приживление и предупреждающие отторжение. На рис. 21.2 изображена искусственная роговица, дающая практически 100%-е приживление, в то время как натуральная роговица донора приживляется долго и в 20% случаев отторгается.

Известно, что лекарства влияют на весь организм и часто отрицательно. В идеале желательна доставка лекарства «по адресу», именно к больному органу или больным клеткам. Для этого разрабатываются различные

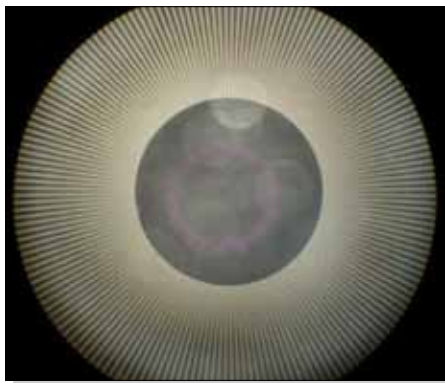


Рис. 21.2. Искусственная роговица

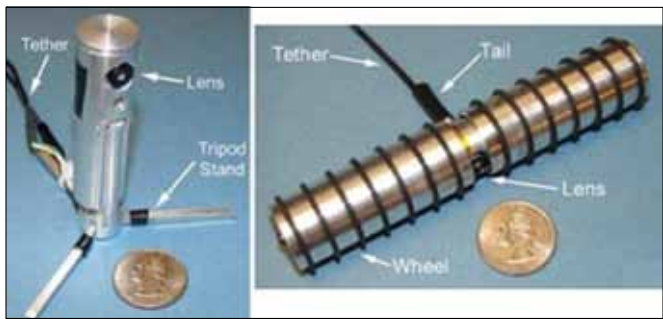


Рис. 21.3.
Роботы-хирурги (США)

методы, также основанные на распознавании нужных клеток (особое внимание уделяется раковым клеткам). Например, лекарства могут включаться в наноконтейнеры, поверхность которых обработана так, чтобы они «распознавали» только больные клетки и не повредили здоровые клетки и органы.

Очень перспективной представляется дистанционная хирургия, когда ведущий операцию врач находится за много километров от больного и ведет операцию за счет микроманипуляторов и отражения всего процесса на компьютере. В случае военных действий, стихийных бедствий это имело бы огромное значение. Первые опыты в этой области обнадеживают.

В области хирургии ставится задача отойти от традиционных методов, основанных на вскрытии органов и полостей. Используемые в современной хирургии методы (например, *лапароскопия*) являются переходом к дистанционно управляемым микророботам и микрохирургам (рис. 21.3).

Использование достижений наноэлектроники обеспечит более высокий уровень точности при операциях. На рис. 21.4 приведена фотография робота-хирурга, с помощью которого хирург-человек проводит операции на мозге, достигая точности манипуляций до 50 мкм — точность, недоступная непосредственно рукам лучшего хирурга.

Новые наноматериалы используются в стоматологии, медицинских инструментах и пр. Особый интерес представляет переход к наноструктурированным лекарствам, мазям, кремам, т.к. они лучше усваиваются организмом и, следовательно, их можно применять в меньших дозах, исключая вредные последствия. В последние годы при синтезе новых эффективных лекарств все шире использу-



Рис. 21.4. Робот-хирург **NeuroArm**

ется предварительное компьютерное моделирование. Не решая задачу синтеза целиком, такое моделирование позволяет исключить некоторые варианты синтеза, наметить перспективные пути и тем самым существенно снизить расходы на разработку технологии.

Модернизация диагностических приборов и методов заключается в увеличении точности одновременно с более щадящим воздействием на организм. Достижения наноэлектроники открыли возможность замены рентгеновского излучения в медицинской диагностике нанолокацией в субмиллиметровом диапазоне с щадящей интенсивностью, близкой к фоновой. В области ультразвуковой диагностики также планируется снижение уровня излучения с одновременным увеличением разрешающей способности.

Многие из перечисленных применений нанотехнологий в области медицины пока не покинули стен лабораторий, внедрение некоторых из них сдерживает экономический фактор, но их будущее, по словам Эрика Дреклера, это «ключ к бессмертию и свободе», возможность существенно продлить полноценную жизнь человека и даже усовершенствовать некоторые функции его тела и мозга.

Вопросы для самопроверки

1. Почему медицина рассматривается как одна из основных сфер приложения нанотехнологий?
2. Перечислите области медицины, в которых применяются и в перспективе будут применяться нанотехнологии.

3. Как Вы понимаете утверждение Э.Дрекслера, что нанотехнологии — это «ключ к бессмертию и свободе»?

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

Как можно расшифровать слова Уильяма Гибсона: «Будущее уже здесь. Оно просто распределено неравномерно»?

§ 22. Биотехнология как отрасль производства

Ознакомившись с материалом данного параграфа, вы узнаете о междисциплинарной науке — биотехнологии и ее значении в промышленности, экологии, энергетике, сельском хозяйстве и медицине.

Вы помните

- строение и применение биосенсоров и биочипов
- области применения нанотехнологий в медицине и промышленности

Биотехнология является современной междисциплинарной областью знаний, базирующейся на микробиологии, биохимии, молекулярной биологии, биоорганической химии, вирусологии, иммунологии, генетике и др. дисциплин. В последние годы наблюдается конвергенция биотехнологии и нанотехнологий, единство многих методов, приборов и объектов часто стирает грань между ними.

Изучение биологических процессов протекающих внутри живой клетки и организмов, установление природы наследственности и раскрытие механизмов молекулярных взаимодействий клеточных структур послужили основой для развития биотехнологии — использования живых организмов и биологических процессов в различных областях сельского хозяйства, промышленности и медицины. Объектами биотехнологии являются бактерии, грибы, клетки растительных и животных тканей.

Развитие биотехнологии позволяет существенно интенсифицировать производство, повышать эффективность использования природных ресурсов, решать экологические проблемы, создавать

новые источники энергии. Возможно биотехнологии при международном сотрудничестве специалистов могут быть направлены на решение мировых кризисных проблем, связанных с восполнением дефицита белка и энергии, предотвращением опасных заболеваний, охраной окружающей среды.

Начало биотехнологии было положено в середине XIX в. Луи Пастером (рис. 22.1), который исследовал свойства микроорганизмов и разработал пути их использования. Однако корни биотехнологии уходят гораздо глубже: еще в древности для выпечки хлеба использовались дрожжи, а для получения кисломолочных продуктов и квашеных овощей — молочнокислые бактерии.

Перспективная область биотехнологии — биоэлектроника и использование биосенсоров в различных отраслях промышленности и медицины (см. параграф 21). Внедрение биотехнологии в добывающую промышленность позволит перейти от тяжелой индустрии к высоким технологиям (извлечение из руд драгоценных металлов, увеличение нефти из скважин, удаление серы из угля, метана из шахт).

Широкое использование биотехнологических процессов способствует стиранию грани между промышленным и сельским производством, поскольку продукты питания, корма и другие сельскохозяйственные продукты вырабатывают в промышленных условиях. На фермах применяют установки для переработки сельскохозяйственных отходов в биогаз, используемый как топливо, внедряются промышленные методы производства компонентов кормов и др. Внедрение новейших биотехнологий особенно перспективно в тех случаях, когда продукт не может быть получен другими способами или может быть получен в недостаточных количествах, по более высокой цене.

Достижения биотехнологии востребованы в следующих отраслях:



Рис. 22.1. Луи Пастер, один из основоположников микробиологии и иммунологии (1822–1895)

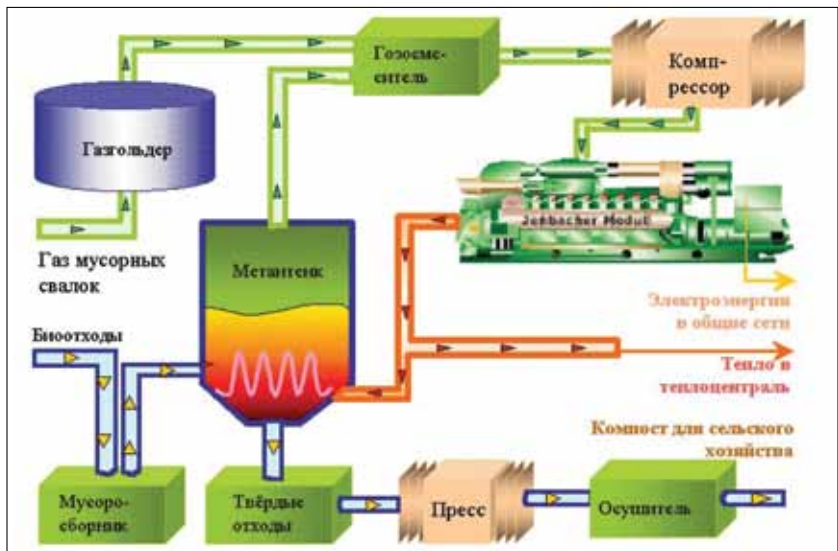


Рис. 22.2. Современная биотехнологическая установка

- в промышленности (пищевая, фармацевтическая, химическая, нефтегазовая) — использование биосинтеза и биотрансформации новых веществ на основе сконструированных методами генной инженерии штаммов бактерий и дрожжей с заданными свойствами на основе микробиологического синтеза;
- в экологии — разработка экологически безопасных технологий очистки сточных вод, утилизация отходов агропромышленного комплекса, конструирование экосистем;
- в энергетике — применение новых источников биоэнергии, полученных на основе микробиологического синтеза и моделированных фотосинтетических процессов, биоконверсии биомассы в биогаз;
- разработка в области растениеводства трансгенных агрокультур, биологических средств защиты растений, бактериальных удобрений, микробиологических методов рекультивации почв; в области животноводства — создание эффективных кормовых препаратов из растительной, микробной биомассы и отходов сельского хозяйства, репродукция животных на основе эмбриогенетических методов;

- в медицине – разработка медицинских биопрепаратов, моноклональных антител, диагностикумов, вакцин, развитие иммунобиотехнологии в направлении повышения чувствительности и специфичности иммуноанализа заболеваний инфекционной и неинфекционной природы.

Новейшими методами селекции микроорганизмов, растений и животных являются *клеточная хромосомная и генная инженерия*.

Вопросы

1. Что представляет собой биотехнология, и в каких основных направлениях идет ее развитие?
2. На каких науках базируется современная биотехнология?
3. Какой вклад вносит биотехнология в развитие сельского хозяйства, микробиологической промышленности и медицины?
4. В каких отраслях востребованы достижения современной биотехнологии?

Задание

Пользуясь информацией в СМИ, напишите эссе о применении методов биотехнологии в одной из областей: промышленности, экологии, энергетике, сельском хозяйстве (по выбору).

§ 23. Микробиологическая технология

Содержание данного параграфа ознакомит вас с микробиологическими технологиями и их практическим применением. Неоценимая роль биотехнологии в производстве аминокислот, белков, ферментов, гормонов и витаминов, кроме того, микробиологическая технология является одним из реальных путей решения энергетической проблемы.

Вы помните

- *строение и функции белков*
- *строение и функции ДНК и РНК*

Наиболее значительные практические достижения биотехнологии связаны с *микробиологической технологией* – использованием

микроорганизмов в производственных целях. Клетки микроорганизмов, в первую очередь бактерий и дрожжей, представляют удобный объект для биологических технологий. Они обладают быстрым ростом, огромными темпами увеличения биомассы, способны жить в экстремальных условиях и утилизировать разнообразные вещества и материалы – пластмассу, нефть, уголь, целлюлозу.

Интенсивному развитию микробиологической промышленности способствовало открытие антибиотиков. В 1928 г. английский ученый А. Флеминг установил, что грибок из рода пенициллиум вырабатывает вещество, убивающее микробов. Это вещество было названо пеницилином. Первый штамм грибка оказался неудобен для производства – он рос только на поверхности питательной среды и выделял незначительное количество антибиотика. Настоящая революция в производстве пеницилина произошла, благодаря использованию в селекционной работе метода радиационного мутагенеза. Были получены новые штаммы, продуктивность которых примерно в 10 тыс. раз превосходила исходный дикий штамм. Таким же образом удалось значительно улучшить ряд других грибов, вырабатывающих антибиотики. Сегодня создана мощная промышленность, производящая антибиотики, препараты против вирусов, бактерий и грибов.

Другое важное направление микробиологической технологии – производство кормового белка. Главным природным источником белкового корма являются высокобелковые растения (люцерна, соя, люпин, клевер, рапс). Однако их выращивание ограничено посевными площадями и поэтому микробиологическое производство – важный резерв увеличения продукции кормового белка.

Значительное преимущество микробиологического белкового синтеза состоит в скорости его получения (дрожжи накапливают белок в 100 тыс. раз быстрее, чем организм животного) и возможности использования дешевого сырья (парафины нефти, природный газ, отходы растениеводства и т.д.). Один производственный аппарат ежедневно вырабатывает около 15 т, а за год – 4–5 тыс. т белка. Такое количество белка дает урожай гороха, собранный с площади 18 тыс. га. В нашей стране ежегодно производится около 1 млн. т кормового микробного компонента, содержащего до 60% белка, что обеспечивает дополнительное получение около 1 млн. т мяса в птицеводстве и свиноводстве.

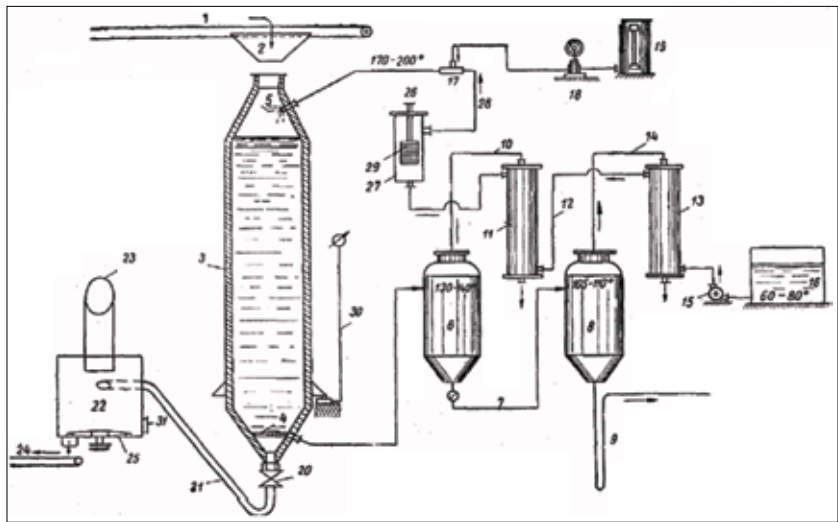


Рис. 23.1. Микробиологическая технология. Получение этилового спирта и других соединения из древесины

Белки, полученные с помощью микробиологического синтеза, после пропитки формообразующими веществами, придания им соответствующего вкуса, цвета и запаха могут имитировать любой вид пищи и использоваться в рационе современного человека. Таким способом уже созданы искусственные мясо, молоко, сыры, черная икра и другие продукты. Искусственные продукты питания открывают широкие перспективы для лечения ряда болезней, для питания вегетарианцев и людей, страдающих ожирением. Их применяют также для обогащения малопитательных продуктов: повышения в них общего содержания протеина (белка) и значительно улучшения аминокислотного состава.

Во второй половине XX века широко распространение получило микробиологическое производство белка и аминокислот. С помощью микробиологических технологий получают витаминные препараты и ферменты для пищевой промышленности, медицины и сельского хозяйства.

Чрезвычайно многообразны микробиологические технологии, используемые для получения вакцин и сывороток в ветеринарии. В перспективе будут созданы новые экологически чистые и безопасные средства борьбы с болезнями и вредителями расте-

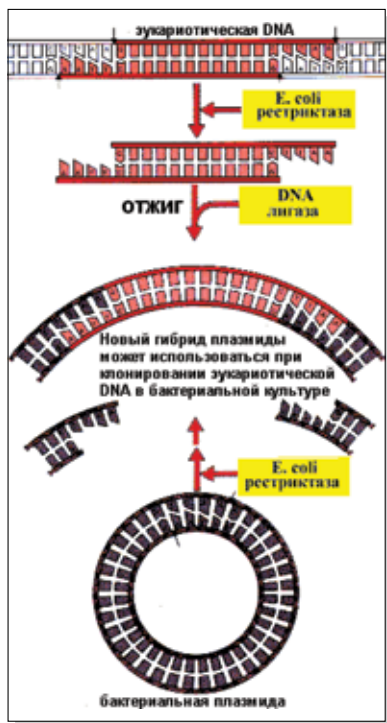


Рис. 23.2. Конструирование рекомбинантной ДНК

ний, альтернативные химическим гербицидам и пестицидам.

Значительное применение микробиологические технологии нашли в промышленности. В первую очередь это касается утилизации металлов из разбавленных растворов (например, из сточных вод). Некоторые бактерии накапливают до 17% меди, 5% свинца, 8% кадмия, 1,5% цинка (по отношению к биомассе). Многие микроорганизмы могут поглощать из среды (например, из морской воды) растворенный уран. Микроорганизмы используют для извлечения меди, марганца, золота, урана из сульфидных, карбонатных и силикатных руд. Микробиологическая технология находит также применение при добыче нефти.

Неоценима роль биотехнологии в решении современных экологических проблем, в частности, в очистке окружающей среды

от загрязнений. Бактерии рода родококкус применяются для извлечения углеводов нефти из водной среды. Некоторые штаммы галобактерий эффективны при удалении мазута с песчаных пляжей.

Микробиологическая технология – один из реальных путей решения мировой энергетической проблемы. Используя отходы древесины можно получить высококалорийное топливо в виде этилового спирта, метана, водорода.

Одним из наиболее интересных и перспективных является применение микробиологических систем для утилизации солнечной энергии. Ученые работают над созданием культур микроорганизмов, позволяющих эффективно использовать энергию Солнца для выделения водорода из воды, чтобы на его основе получать электрическую энергию в биологических топливных элементах. Это настоящая безмашинная биотехнологическая солнечная энергетика.

Микробиологические замкнутые системы жизнеобеспечения безусловно важное звено в работе космических кораблей. Перспективно развитие культур одноклеточных водорослей, бактерий и грибов, способных утилизировать выделяемые людьми углекислый газ и органические отходы, превращая их в белково-витаминные вещества, которые могут употребляться в пищу членами экипажа. Биологические топливные элементы могут в дальнейшем стать источником электроэнергии для питания различных приборов космического корабля в длительном полете.

Настоящий прорыв – «экспансия микробиологических технологий» – наступил благодаря разработкам родившейся во второй половине XX века *генной инженерии* – конструированию микробиологической ДНК с встраиванием генов, кодирующих продукцию требующихся соединений. Таким путем был получен ряд ценных медицинских препаратов: интерферон, инсулин, гормон роста человека, вакцина против гепатита В.

Микробиологические технологии – вечные спутники человека. Стремительное расширение сферы их использования обусловлено не только тем, что микроорганизмы при невысоких температурах и атмосферном давлении осуществляют множество уникальных реакций, на которые не способны никакие другие живые существа, реакций, которые недоступны для химических методов, но и потому, что они привлекают своей экологической безопасностью.

Вопросы для самопроверки:

1. Оцените роль микробиологии в решении современных экологических проблем.
2. Клетки каких микроорганизмов являются наиболее удобными объектами для биологических технологий?
3. Какие вещества возможно синтезировать с помощью микроорганизмов?

Индивидуальные задания с использованием материала учебника

Используя энциклопедии, подберите примеры, которые подтверждают тот факт, что микробиологические технологии можно назвать «вечными спутниками человека». Выпишите их в тетрадь.

§ 24. Клеточная технология и инженерия

Вы познакомитесь с основами клеточной инженерии, ее практическими применениями

Вы помните

- принципы классификации мутаций
- строение прокариотической и эукариотической клетки

Клеточная инженерия — это один из основных разделов современной биотехнологии, основанный на выделении и культивировании тканей и клеток высших многоклеточных организмов. Культивирование тканей и клеток происходит вне организма — *in vitro* («в пробирке, в колбе, в стеклянной посуде»), в специально подобранных условиях.

С помощью методов клеточной инженерии возможно слияние клеток растений, относящихся к разным видам и родам (отдаленная гибридизация), что может служить одним из путей преодоления природной нескрещиваемости видов. Таким образом, созданы межвидовые гибриды табака, картофеля, капусты с турнепсом. Широко распространен гибридный сорт томатов, полученный путем гибридизации клеток высокопродуктивного сорта с диким видом, устойчивый к двум вирусам, поражающих эти растения.

С помощью гибридизации соматических клеток культурного картофеля и его дикой формы выведены сорта, устойчивые к ряду заболеваний. Таким же способом получены устойчивые к болезням гибриды культурного и дикого видов табака.

Интересны работы по гибридизации растительных клеток с микроорганизмами, особенно с азотфиксирующими бактериями. Проблема придания растениям свойства азотфиксации имеет большое значение, поскольку производство азотных удобрений требует существенных материальных затрат, а их использование ведет к загрязнению окружающей среды.

Клеточная технология. В культуре клеток, выращиваемых в сосудах на искусственной питательной среде, можно получить значительное количество биомассы, из которой удастся выделить необходимые вещества. Процесс искусственного выращивания клеток — *клеточная технология* — представляет не только чисто науч-

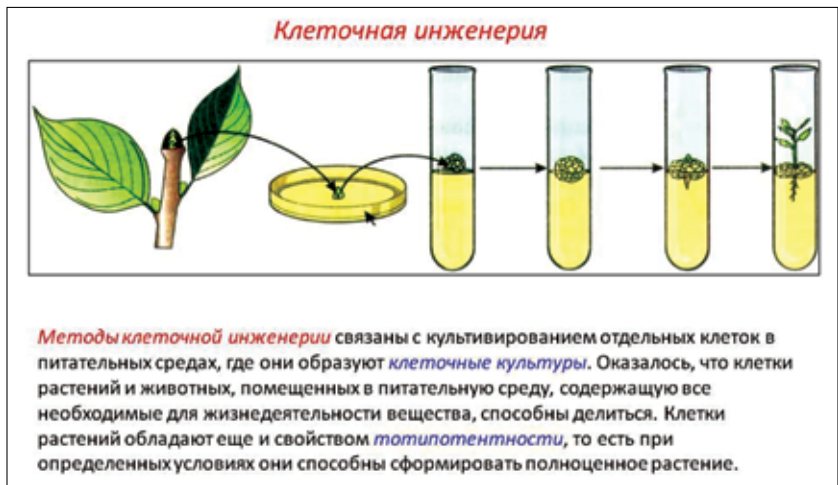


Рис. 24.1. Клеточная инженерия растений

ный интерес (изучение процессов жизнедеятельности отдельно взятой клетки), но и имеет большое практическое значение. В результате возникают клетки (или особи) одного типа, произошедшие от одного общего предка путем бесполого размножения — *клон*. В основе образования клона лежит *митоз*, поэтому он состоит из генетически однородных клеток (рис. 24.1).

Например, существует целый ряд экзотических растений очень редких или с трудом поддающихся культивированию — женьшень, раувольфия, диоскорея. Сырье этих растений очень дорого, из него изготавливают ценные лекарственные препараты. Женьшень растет медленно и только в определенных условиях. Масса корня у него увеличивается всего на несколько граммов в год.

Важной особенностью культуры клеток растений является то, что одна соматическая клетка, последовательно делясь, может дать начало целому растению.

Клеточная селекция — эффективное направление в создании и поиске хозяйственно ценных форм растений. В период вегетации растениям нередко приходится испытывать воздействие различных неблагоприятных условий внешней среды — засухи, холода, недостатка или избытка влаги, засоленности почвы. Эти факторы часто приводят к снижению урожая. Одним из важнейших путей увеличения генетической изменчивости растений и получе-

ния новых ценных форм является использование искусственного мутагенеза. Однако ценные в хозяйственном плане мутации возникают достаточно редко, и ученым приходится высевать десятки и сотни тысяч растений на больших площадях, а затем среди них отыскивать полезные мутации.

Переход с организменного уровня на клеточный значительно упрощает задачу селекционера, так как дает возможность работать с миллионами клеток в колбе вместо миллионов растений в поле. Преимущество такой работы по сравнению с выращиванием целых растений состоит еще и в возможности легко подвергнуть клетки контролируемому воздействию мутагенов. Обработанные клетки высаживают на селективные среды, а затем отбирают появившиеся мутантные клетки. Из них обычно удается вырастить полноценные растения. Если полученные растения обладают хозяйственно полезными признаками, они могут в дальнейшем служить материалом для селекции и создания новых сортов.

Таким путем были получены линии табака, томатов и перца, устойчивые к пониженным температурам. Выделены также клеточные линии растений, устойчивые к высоким концентрациям солей, металлов, антибиотиков, гербицидов, невосприимчивые к ряду вирусных и бактериальных инфекций.



Рис. 24.2. Создание растения с заданными признаками

Испытания по сохранению жизнеспособности *животных клеток* и их выращивания в питательной среде были предприняты ещё в конце XIX в.

Существует несколько методов культивирования животных тканей:

1. В качестве субстрата для культивирования обычно используют сгусток плазмы крови цыпленка с добавлением эмбрионального экстракта кур, культура помещается на часовое стекло, а затем в чашку Петри и содержится в термостате при 37,5 °С.

2. Технология выращивания культуры тканей на плотной агаризованной среде.

3. Выращивание тканей и органов на поверхности металлической сетки.

Важным вопросом иммунологии является регуляция иммунного ответа на конкретный антиген. Его решение позволит преодолеть многие проблемы *трансплантационного* (пересадка органов и тканей), противоопухолевого и противовирусного иммунитета. Направление клеточной инженерии, связанное с созданием антител определенной специфичности, приближает решение этих проблем. Для получения таких антител конструируют *гибридомы* – гибридные клетки, образованные из лимфоцитов селезенки иммунизированных животных и раковых клеток. Гибридомы способны неограниченно размножаться (как раковые клетки) и производить один конкретный тип антител.

Такие антитела, полученные из одного клона, используют для диагностики, профилактики и лечения многих заболеваний, производства различных противовирусных вакцин. С их помощью получают химически чистые ферменты, гормоны, интерфероны и другие биологически активные вещества. В кардиологии такие антитела дают возможность диагностировать инфаркт миокарда, атеросклероз, осуществлять направленный транспорт лекарственных препаратов.

Используя культуру клеток животного происхождения, производят целый ряд медицинских препаратов, такие как гормон роста, кортикостероиды и др. Путем обработки лейкоцитов донорской крови вирусами или специальными веществами получают *интерфероны* – белки, необходимые для борьбы с вирусами и широко применяемые в медицинской практике.

Использование в сельскохозяйственной практике культуры зародышей и метода замороженных эмбрионов. Практическое

использование нашел также способ культивирования гибридных зародышей на искусственной питательной среде. При отдаленной гибридизации растений зародыши часто оказываются недоразвитыми и неспособными к последующему развитию. Однако при выращивании в специальных условиях они могут развиваться в жизнеспособное растение и после самоопыления давать нормальные семена. Применение *культуры зародышей* оказалось успешным для создания гибридов между различными видами тыквы, табака, картофеля, ячменя, пшеницы, фасоли, некоторых декоративных и плодовых растений.

В животноводстве для получения большего потомства от элитных высокопродуктивных особей применяется метод трансплантации зародыша из матки самки-донора в матку самки-реципиента. Для того чтобы иметь возможность регулировать этот процесс во времени и пространстве (например, переправить эмбрион в другое хозяйство), используют *метод замороженных эмбрионов* — замораживание и размораживание зародышей. Помещенные в раствор глицерина эмбрионы охлаждаются с определенной скоростью, а затем хранят длительное время в жидком азоте. После размораживания эмбрионы способны развиваться как полноценные особи. Пересадка эмбрионов позволяет получить от одной коровы-донора до 500 и более телят.

Большой интерес представляет также разработка путей для клонирования высокопродуктивных животных через использование ядер из их соматических клеток. Эти ядра могут быть перенесены в коров-«воспитательниц». Таким путем можно получить целые стада коров, каждая из которых будет обладать генотипом сверхпродуктивной матери.

Культуру клеток человека используют в медицине для диагностики, изучения происхождения и разработки методов лечения наследственных заболеваний. Во многих странах созданы специальные банки нормальных и мутантных клеток человека. Один из самых крупных таких банков — Банк мутантных клеток человека Института медицинских исследований в Камдене (США), насчитывающий в своей коллекции более 3600 образцов.

Культуры клеток и тканей нашли широкое применение в вирусологии. Они используются в качестве субстрата для выращивания вирусов в целях изучения последних, а также для получения противовирусных вакцин.

Использование культур клеток позволяет преодолеть многие проблемы *биоэтики* (биологической этики), связанные с умерщвлением животных. Сохраняя культуры клеток, можно сохранять генотипы отдельных организмов и создавать банки генофондов целых видов.

Вопросы для самопроверки

1. Какие теоретические и практические задачи решает клеточная инженерия?
2. Какие преимущества дает исследователям селекция на клеточном уровне?
3. Что такое клеточная инженерия? Приведите примеры ее использования в сельскохозяйственном производстве и медицине.
4. Какие существуют методы культивирования животных тканей?

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

1. Расскажите о практических аспектах использования метода культуры клеток для получения ценного растительного сырья.
2. Изобразите в тетради в виде схемы превращение соматической клетки растений в целое растение.
3. Каким образом используют антитела, полученные из одного клона?

§ 25. Хромосомная и генная инженерия*

В данном параграфе вы получите представление о целенаправленном изменении наследственности организмов с помощью хромосомной и генной инженерии

Вы помните

- что такое *ген*
- строение *хромосом*
- механизмы *передачи генетической информации в клетке*

Термин «хромосомная инженерия» был введен американским ученым Эрнестом Сирсом и впервые озвучен в его знаменитой ста-

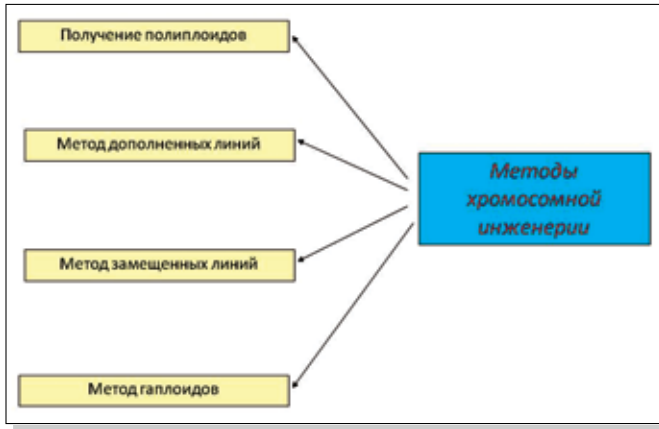


Рис. 25.1.
Методы хромосомной инженерии

тье «Хромосомная инженерия пшеницы», опубликованной в материалах Стадлеровского симпозиума. Это означает перенос сегментов чужеродных хромосом, несущих отдельные желаемые гены, в хромосомы пшеницы. По мере разработки этого направления содержание понятия «хромосомная инженерия» было расширено и сейчас включает манипуляции хромосомным составом растений на уровне целых геномов, отдельных хромосом и их сегментов с целью увеличения генетического разнообразия культурных видов.

В настоящее время возможно выделение из соматических клеток отдельных хромосом с известным набором генов и перенос их в клетки другого организма. Так, удается перенести от одного организма в другой одну отдельную хромосому с генами, контролирующими ценные в хозяйственном плане признаки. Манипуляция отдельными хромосомами или участками хромосом организма носит название хромосомной инженерии.

В целях замещения одной из хромосом растения на другую ученые разработали специальные системы скрещивания. Например, культурным сортам томата от диких видов таким путем была передана устойчивость к заболеваниям фузариозом и нематодой.

Наибольшее применение хромосомные технологии нашли в генетико-селекционных программах по зерновым культурам.

Объединение в одном организме генетических потенциалов пшеницы и ржи привело к созданию культуры, которая по показателям урожайности и питательной ценности превосходит обоих родителей, а по устойчивости к неблагоприятным почвенно-

климатическим условиям не уступает ржи. В то же время этот гибрид — тритикале — не лишены недостатков, главный из которых — низкие хлебопекарные качества. Он может быть устранен с помощью методов хромосомной инженерии.

Одним из первых этапов хромосомной инженерии был разработан способ замещения хромосом при выведении линий тутового шелкопряда.

Но, несмотря на очевидное значение характера наследования основных признаков для селекции животных.

Генная инженерия. В 70-х гг. XX в. образовалось новое направление в биологической науке — генная инженерия. *Генная инженерия* — это целенаправленное конструирование новых, не существующих в природе сочетаний генов, с использованием методов молекулярной биологии и генетики. Генная инженерия возникла на стыке молекулярной биологии, генетики, вирусологии и энзимологии (учения о ферментах). Развитие *молекулярной биологии* и генетики позволило установить структуру и особенности работы генов у разных объектов, *вирусология* помогла найти *векторы* (переносчики) для генно-инженерных работ, а *энзимология* (наука о ферментах) дала исследователям ферменты, необходимые для конструирования новых молекул ДНК.

Задачей генной инженерии является выделение отдельных генов и создание *рекомбинантной ДНК* с искусственной комбинацией генов. Такая ДНК затем вводится в клетки бактерии или в клеточные культуры. Далее обнаруживают проявление этих новых комбинаций генов в процессах транскрипции и трансляции.

Создание искусственных генетических конструкций — очень сложный процесс. Вначале необходимо получение «библиотеки» генов и выделение гена, который хотят использовать в работе. Для этого изучаемую ДНК разрезают на множество фрагментов с помощью ферментов-рестриктаз. Перспективным является также получение нужного гена с использованием матричного синтеза. В 1970 г. американский вирусолог Г. Темин обнаружил фермент, дающий возможность «переписывать» наследственную информацию с матрицы и-РНК на молекулы ДНК. Такой синтез осуществляется ферментом — обратной транскриптазой, с помощью которого теоретически может быть получен любой ген любого организма.

Следующим этапом генно-инженерных работ является создание рекомбинантной ДНК. В выделенный ген встраивают переносчик,

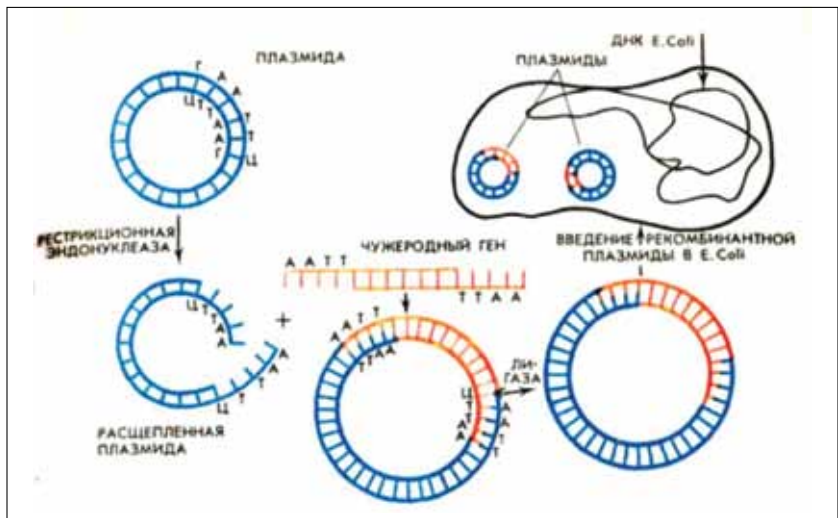


Рис. 25.2. Плазмида из бактериальной клетки

способный перенести его в клетку. В качестве таких переносчиков обычно используют *плазмиды* – внехромосомные факторы наследственности. Плазмиды представляют собой небольшие, дополнительные двухцепочечные кольцевые молекулы ДНК, которые присутствуют у многих бактерий. Плазмиду разрезают с помощью специальных ферментов (рестриктаз) в определенном месте, а затем с помощью других ферментов (лигаз) вшивают в нее нужный ген. Таким образом, получается кольцевая молекула ДНК, в которой соседствуют участки ДНК разного происхождения *рекомбинантная ДНК*.

Основные этапы решения генно-инженерной задачи:

1. Получение изолированного гена.
2. Введение гена в вектор для переноса в организм.
3. Перенос вектора с геном в модифицируемый организм.
4. Преобразование клеток организма.
5. Отбор генетически модифицированных организмов (ГМО).

Рекомбинантная ДНК, внесенная в бактериальную клетку, начинает работать, и бактериальная клетка синтезирует чужеродный белок.

Кроме того, плазмидная ДНК многократно удваивается, и чужеродный ген размножается, происходит клонирование гена. Клонированные гены микроинъекцией могут быть введены в яйце-



Рис. 25.3. Технология рекombинантных ДНК

клетки млекопитающих, а из них выращены целые животные, геном которых содержит чужеродные гены. Таких животных называют «трансгенными»

Практическое использование генной инженерии. Методы генной инженерии широко используются для производства бактериями различных биологически активных веществ, характерных для животных – гормонов (инсулин, соматотропин – гормон роста, паратирин, кальцитонин, эритропоэтин), ферментов, интерферонов, регуляторных пептидов (белков), иммуномодуляторов. Генная инженерия лежит в основе получения вакцин для борьбы с вирусами гепатита А и В, герпеса, гриппа, бешенства, ящура, стоматита.

Интерферон – белок, синтезируемой организмом в ответ на вирусную инфекцию, изучают сейчас как возможное средство лечения рака и СПИДа. Понадобились бы тысячи литров крови человека, чтобы получить такое количество интерферона, какое дает всего один литр бактериальной культуры. Очень важную роль играет также получаемый на основе микробиологического синтеза инсулин, необходимый для лечения диабета. Методами генной инженерии удалось создать и ряд вакцин, которые испытываются сейчас

для проверки их эффективности против вызывающего СПИД вируса иммунодефицита человека.

Очень перспективными являются исследования по использованию методов генной инженерии для придания пшенице, ячменю, кукурузе, подсолнечнику и другим растениям возможности азотфиксации. Клубеньковые бактерии рода ризобиум – симбионты бобовых растений – имеют гены, вырабатывающие ферменты, которые превращают атмосферный азот в азотистые соединения. Растение-хозяин может поглощать их как питательные вещества, обходясь без дополнительной подкормки. Возможность привнесения «азотфиксирующих» генов другим растениям будет неоценима в сельском хозяйстве.

Вопросы для самопроверки

1. В каких целях используется хромосомная инженерия? Приведите примеры ее успешного применения на практике.
2. Какие научные открытия способствовали развитию генной инженерии?
3. Опишите этапы встраивания чужеродного гена в клетку. Что такое плазмиды и как их используют в генной инженерии?
4. Приведите примеры практического использования генной инженерии.
5. Какие задачи решает генная инженерия?

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

1. Изобразите на рисунке в тетради рекомбинантную РНК и опишите метод ее получения.
2. Приведите в тетради примеры успешного применения методов генной инженерии в практических целях.
3. Используя полученные знания, перечертите в тетрадь и заполните таблицу:

Применения биотехнологии

№ п/п	Отрасли биотехнологии	Основные области практического применения	Конкретные примеры

§ 26. Биоэтика*

Содержание данного параграфа даст вам представление о проблемах биоэтики

Биотехнологические процессы, как и нанотехнологии, обуславливают формирование качественно нового типа взаимоотношений общества и природы.

Экологическое значение и биоэтическая ценность современной биотехнологии очевидна и бесспорна. Однако преобразование биосферы с помощью биотехнологий, вторжение в эволюцию жизни может создать угрозу существованию человека и всей жизни на Земле.

Термин «Биоэтика» был введен в 1969г. американским биохимиком и онкологом В.Р. Поммером для обозначения этических проблем, связанных с потенциальной опасностью выживания человечества в современном мире.

Биоэтика понимается как раздел этики, рассматривающий область отношения человека к различным живым формам. Само слово «этика» определяется как ответственность человека перед окружающими; таким образом, биоэтика понимается как область знаний о поведении человека по отношению к другим и как философское понятие, касающееся нравственной стороны поведения человека.

Биоэтика рассматривает этичность поведения человека по отношению к животным. Другое направление биоэтики — этика отношения к человеческим существам; в этом плане биоэтика смыкается с медицинской этикой. Медицинская биоэтика касается вопросов биотехнологии, генной инженерии, отношения к пациентам; в первую очередь, к беспомощным, к детям, когда люди становятся материалом для наблюдений, экспериментов.

Биоэтика — область междисциплинарных исследований этических, философских и антропологических проблем, возникающих в связи с прогрессом биомедицинской науки и внедрением новейших технологий в практику здравоохранения.

К биоэтическим проблемам обычно относят моральные и философские проблемы: прерывания беременности; контрацепции и новых репродуктивных технологий (искусственное оплодотворение, оплодотворение «в пробирке», суррогатное материнство); проведения экспериментов на человеке и животных; выработки

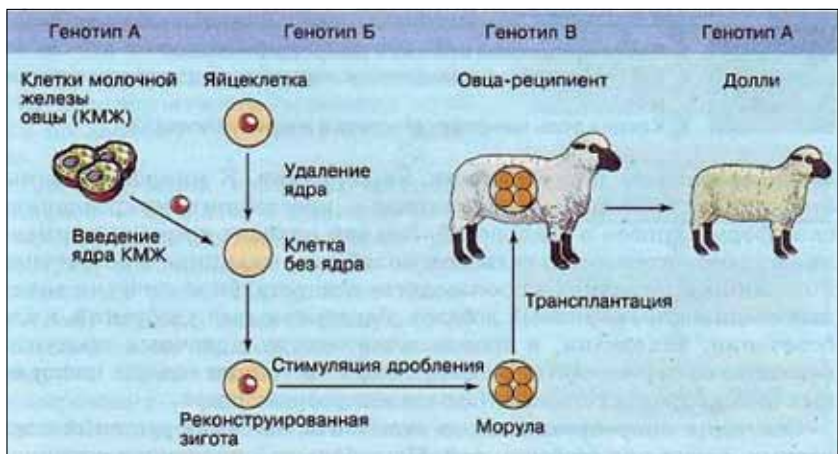


Рис. 26.1. Схема генетического клонирования овцы

дефиниции (определения) смерти; самоубийства и эвтаназии (пассивной или активной, добровольной или насильственной); проблемы отношения к умирающим больным (хосписы); вакцинации и СПИДа; демографической политики и планирования семьи; генетики (включая проблемы геномных исследований, генной инженерии и генотерапии); трансплантологии; справедливости в здравоохранении; клонирования человека, манипуляций со стволовыми клетками и ряд других.

Я. Вильмут с сотрудниками впервые клонировали млекопитающее – овцу Долли в 1997 г. Позднее были клонированы мышь, корова и свинья. Термин клон происходит от греческого слова «klon», что означает веточка, побег. Клон, клонирование – популяция клеток или организмов, произошедших от общего предка путем бесполого размножения, причем потомок при этом генетически идентичен своему предку.

Клонирование, прежде всего, изначально относилось к вегетативному размножению растений черенками, почками или клубнями, известному уже более 4 тыс. лет.

Успех первого генетического клонирования млекопитающего (овечка Долли) вызвал бурную реакцию во многих странах, общественность взволнована вопросом: допустимо ли распространять новый метод на человека? По мнению ряда ученых, технически клонирование человека вполне возможно, но моральные, этические

ские и юридические проблемы, связанные с манипуляциями над эмбрионами человека, недопустимы.

Вопросы для самопроверки

1. Когда и кем был введен термин «Биоэтика»?
2. Назовите основные биоэтические проблемы.

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

Составьте в тетради схему генетического клонирования млекопитающего.

§ 27. Освоение человеком Космоса

*«И пламя мыслей вихрем чувств задуло,
И я не смел или забыл дышать.
Планета напоследок притянула,
Прижала, не желая отпустить»
(В. Высоцкий)*

Материал параграфа поможет вам вспомнить о достижениях человечества в освоении космоса, о первом в мире космонавте — Юрии Гагарине. Вы узнаете о некоторых современных тенденциях в освоении ближнего космоса

Вы помните

– строение и состав Солнечной системы

С того момента, как созданный человеком объект впервые преодолел земное притяжение и вышел на орбиту Земли, прошло чуть более пятидесяти лет. Большая часть населения планеты хорошо помнит времена, когда полёт на Луну считался чем-то из области фантастики. Сегодня же космические корабли доставляют на земную орбиту грузы и космонавтов, и это не вызывает ни у кого удивления. Более того, продолжительность полёта в космос в настоящее время может составлять весьма длительное время. Так, напри-



Рис. 27.1. Макет первого искусственного спутника Земли

мер, вахта космонавтов на МКС, к примеру, длится по 6–7 месяцев. За прошедшие полвека человек успел походить по Луне и сфотографировать её тёмную сторону, снабдил искусственными спутниками Марс, Юпитер, Сатурн и Меркурий, исследовал отдалённые области Вселенной с помощью телескопа «Хаббл» и серьёзно задумывается о колонизации Марса.

Впервые в реальность полёта к дальним мирам человечество поверило в конце XIX века. Именно тогда стало понятно, что если летательному аппарату придать нужную для преодоления гравитации скорость и сохранять её достаточное время, он сможет выйти за пределы земной атмосферы и остаться на замкнутой орбите, подобно Луне, вращаясь вокруг Земли. Трудность была в двигателях. Наконец, в начале XX века исследователи обратили внимание на ракетный двигатель, принцип действия которого был известен человечеству очень давно. Топливо сгорает в корпусе ракеты, одновременно облегчая её массу, а выделяемая энергия двигает ракету вперёд. Важно, что для движения ракеты не нужна среда, как для самолета. Она «отталкивается» от испускаемых при сгорании топлива газов. Первую ракету, способную вывести объект за пределы земного притяжения, спроектировал Циолковский в 1903 году.

4 октября 1957 года началась новая эра в освоении космоса — был осуществлен запуск первого искусственного спутника Земли, названного просто «Спутник-1» (рис. 27.1; 27.2), с помощью ракеты Р-7, спроектированной под руководством Сергея Королёва. Силуэт Р-7, прародительницы всех последующих космических ракет, и сегодня узнаваем в суперсовременной ракете-носителе «Союз», успешно отправляющей на орбиту космонавтов и различные грузы. Первый спутник был очень маленьким, чуть более полуметра в диаметре и весил всего 83 кг. Полный виток вокруг Земли он совершал за 96 минут. Срок службы спутника составил три месяца, но за это время он прошёл огромный путь равный 60 миллионам км.

Перспектива отправить в космос живое существо и вернуть его целым и невредимым уже не казалась неосуществимой. Всего через

месяц после запуска «Спутника-1» на борту второго искусственного спутника Земли на орбиту отправилось первое животное — собака Лайка. Целью полета было — проверить выживаемость живых существ в условиях космического полёта. Запуск и вывод спутника на орбиту прошли успешно, но после четырёх витков вокруг Земли из-за ошибки в расчётах температура внутри аппарата чрезмерно поднялась, и Лайка погибла. Сам же спутник вращался в космосе ещё 5 месяцев, а затем потерял скорость и сгорел в плотных слоях атмосферы. Первыми «космонавтами», благополучно вернувшимися на Землю, стали Белка и Стрелка, которые отправились покорять небесные просторы на пятом спутнике в августе 1960 г. Их полёт длился чуть более суток, и за это время собаки успели облететь планету 17 раз. Всё это время за ними наблюдали с экранов мониторов в Центре управления полётами. Следует отметить, что именно по причине контрастности были выбраны белые собаки — ведь изображение тогда было чёрно-белым. По итогам запуска также был доработан и окончательно утверждён сам космический корабль — всего через 8 месяцев в аналогичном аппарате в космос должен был отправиться первый человек.

Помимо собак и до 1961 г. и после в космосе побывали обезьяны (макаки, белочки обезьяны и шимпанзе), кошки, черепахи, а также мухи, жуки и т.д. В этот же период СССР запустил первый искусственный спутник Солнца, станция «Луна-2» сумела мягко прилуниться на поверхность, были также получены первые фотографии невидимой с Земли стороны Луны.

День 12 апреля 1961 г. разделит историю освоения космоса на два периода — «когда человек только мечтал о звёздах» и «с тех пор, как человек покорил космос». В 9:07 по московскому времени со стартовой площадки № 1 космодрома Байконур был запущен космический корабль «Восток-1» (рис. 27.3) с первым в мире космонавтом на борту — Юрием Гагариным (рис. 27.4). Совершив один



Рис. 27.2. Информация о первом искусственном спутнике Земли в газете «Правда»



Рис. 27.3. Макет ракеты «Восток» в Москве на ВДНХ

виток вокруг Земли, и проделав путь в 41 тыс. км, спустя 90 минут после старта Гагарин приземлился под Саратовом, став на долгие годы самым знаменитым, почитаемым и любимым человеком планеты. Его «Поехали!» и «всё видно очень ясно — космос чёрный — земля голубая» вошли в список наиболее известных фраз человечества, его открытая улыбка, непринуждённость и радужные растопили сердца людей по всему миру.

Первый полёт человека в космос управлялся с Земли, сам Гагарин являлся скорее пассажиром, хотя и великолепно подгото-

товленным. Нужно отметить, что условия полёта были далеки от тех, что предлагаются ныне космическим туристам. Гагарин испытывал восьми — и даже десятикратные перегрузки, был период, когда корабль буквально кувыркался, а за иллюминаторами горела обшивка, и плавился металл. В течение полёта произошло несколько сбоев в различных системах корабля, но к счастью, космонавт не пострадал. С тех пор каждое 12 апреля мы отмечаем День космонавтики.

Вслед за полётом Гагарина знаменательные этапы в освоения космоса пошли один за другим. Был совершён первый в мире групповой космический полёт, затем в космос отправилась первая женщина-космонавт Валентина Терешкова (1963 г), состоялся полёт первого многоместного космического корабля, Алексей Леонов стал первым человеком, совершившим выход в открытый космос (1965 г.). Все эти грандиозные события являются заслугой отечественной космонавтики. Наконец, 21 июля 1969 г. состоялась первая высадка человека на Луну. Американец Нил Армстронг сту-



Рис. 27.4.
Юрий Алексеевич Гагарин (1934–1968)

пил на поверхность нашего естественного спутника (рис. 27.5). После смерти Н.Армстронга его семья написала: «К тем, кто, возможно, спросит, как они могут отдать дань уважения Нилу, у нас есть простая просьба. Почтите пример служения, достижений и скромности, который он подал. А в следующий раз, когда погожим вечером вы выйдете на улицу и увидите Луну, улыбающуюся вам, подумайте о Ниле Армстронге и подмигните ему».

В наше время, как в свое время в области авиации, наступила стадия коммерциализации спутников. Спутники используются для связи, для общего мониторинга Земли, наблюдения за стихий-



Рис. 27.5. Человек на Луне. Нил Армстронг (1930–2012)

ными бедствиями, в спасательных и, конечно, военных целях. При этом при решении различных задач ожидается существенное увеличение относительного числа т.н. малых космических аппаратов (КА), при снижении доли больших КА

Активно развивается идея создания «роя» сверхмалых спутников. Размер роя может колебаться от 10 м до 1 км, что позволит решить многие технические задачи эффективнее, чем с помощью одного спутника. К таким задачам относятся обеспечение связи, пассивная радиометрия, некоторые боевые задачи. Повышается надежность по отношению повреждений со стороны метеоритов, космического мусора и вражеских средств космического поражения. Запуск такого роя экономически выгоднее.

Достижения нанотехнологий автоматически приводят к дальнейшей миниатюризации КА, хотя бы из-за существенного уменьшения веса и размеров всех их систем: новые конструкционные материалы, новые датчики и электронные системы, источники питания, топливо. Поэтому в Федеральной космической программе России на 2006–2015 гг. отмечено: «Космическая техника и космические технологии в 2006–2015 годах должны развиваться, опираясь на широкое использование информационных технологий и нанотехнологий».

Сегодня путешествия в космос воспринимаются как нечто само собой разумеющееся. Над нами летают тысячи спутников и других нужных и бесполезных объектов. Освоение космоса управляемыми аппаратами поражает всякое воображение. Огромные корпорации уже согласовывают планы по строительству на орбите Земли космических отелей, и проекты колонизации соседних нам планет давно не кажутся отрывком из фантастических романов. Очевидно, что однажды преодолев земное тяготение, человечество будет вновь и вновь стремиться ввысь, к бесконечным мирам звёзд и галактик.

«Планета есть колыбель разума, — писал К.Э.Циолковский, — но нельзя вечно жить в колыбели»

Вопросы для самопроверки

1. С чего началось освоение космоса?
2. Почему для освоения космоса используется именно реактивный двигатель? Когда произошел запуск первого искусственного спутника?

3. Для чего отправляли собак и других животных в космос?
4. Как звали первого космонавта?
5. Какие разрабатываются проекты по освоению космоса в ближайшем будущем?

Задания

1. Используя ресурсы ИНТЕРНЕТ, подготовьте доклад о современных проектах по освоению космоса.
2. Используя ресурсы ИНТЕРНЕТ, подготовьте доклад об истории отечественной космонавтики.

Глава 3 Глобальные экологические
проблемы

§ 28. Загрязнение воздушной среды. Охрана и очистка воздуха

Материал параграфа даст общие представления о проблеме загрязнения человеком воздушной среды и путях преодоления этой глобальной проблемы

Развитие промышленности, энергетики, транспорта, сельского хозяйства, сжигание топлива и др. сопровождаются выбросами в воздух *веществ-загрязнителей*, влияющих на состав газовой оболочки нашей планеты – атмосферы.

Состав атмосферы является результатом длительного исторического процесса, связанного с образованием и эволюцией Земли (часть 1). В настоящее время основные источники загрязнения атмосферы это: черная и цветная металлургия, ТЭС, автотранспорт, а также предприятия нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей, химической и других отраслей промышленности. Немалый вклад в загрязнение атмосферы вносят также лесные пожары и извержения вулканов (рис. 28.1)

Выбросы промышленных предприятий в атмосферу содержат различные вещества – органические и неорганические, газообразные и твердые. Наиболее опасными в экологическом отношении являются оксиды азота, серы и углерода, углеводороды и их галогенопроизводные. Самая многочисленная группа веществ, загрязняющих атмосферу городов – это углеводороды. В выхлопных газах автомобилей их обнаружены сотни видов. В мире ежегодно посту-



Рис. 28.1 Газовые загрязнения атмосферы выбросами на промышленном предприятии (а) и при лесном пожаре (б)

пают в атмосферу более 90 т углеводородов, причем примерно 20% от их общего числа приходится на долю ароматических — бензола, толуола, ксилола. Отравления этими соединениями вызывают нарушения состава крови у животных и человека.

Помимо углеводородов, токсичным соединением, попадающим в атмосферу, является угарный газ (CO) — продукт неполного сгорания угля и любого углеводородного топлива. Основными источниками выбросов этого газа служат черная и цветная металлургия, где кокс и угарный газ используют в качестве восстановителей, а также автотранспорт. При дыхании угарный газ проникает в кровь и препятствует взаимодействию кислорода с гемоглобином, образуя карбоксигемоглобин. В результате этого происходит блокировка кислородного снабжения организма, что приводит к сердечно — сосудистым заболеваниям.

Опасными загрязнителями атмосферы являются соединения серы — *сероводород и оксиды*. Сероводород (H_2S) содержится в выбросах предприятий нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, коксохимической промышленности. В больших концентрациях сероводород — сильный яд нервно — паралитического действия. При концентрации H_2S в воздухе выше 1 г/м^3 у человека наблюдаются судороги, остановка дыхания, паралич сердца. Актуальной экологической проблемой является насыщение атмосферы оксидами серы (SO_2 и SO_3), которые, соединяясь с парами воды, выпадают на Землю в виде кислотных осадков. Основные источники загрязнения этими веществами являются: сжигание угля, очистка нефти, производство цветных металлов из сульфидных руд.

Существенный вред природе наносит использование хлорфторуглеводородов, или фреонов ($CFCl_3$, CF_2Cl_2), применяемых в качестве хладагентов в холодильных установках, лаках и красках бытовой химии. Эти вещества, попадая в атмосферу, способствуют разрушению озонового слоя Земли (часть 1), что может привести к катастрофическим последствиям для всей биосферы: гибели организмов, изменениям климата и т.д.

Серьезную опасность представляет процесс *металлизации атмосферы* в результате попадания в нее металлической пыли. Один из основных источников металлизации — металлургические производства. Так при выплавке чугуна вместе с доменными газами в атмосферу уносятся частицы железа, а также металлические и неметаллические примеси — медь, свинец, мышьяк. Второй важнейший

источник попадания металлов в атмосферу – сжигание минерального топлива, в котором присутствуют незначительные примеси металлов. Токсичные соединения свинца попадают в атмосферу вследствие использования тетраэтилсвинца в качестве присадки (антидетонатора) к бензину для более плавной работы двигателей внутреннего сгорания. В конце XX в. ежегодно с выхлопными газами автомобилей в атмосферу выбрасывалось до 10000 т свинца (в составе оксидов и других соединений). Соединения свинца губительны для всего живого, они вызывают необратимые изменения в организме человека, нарушая синтез гемоглобина, угнетают функции печени и головного мозга, накапливаются в тканях различных органов.

Фотохимический туман (смог). При недостаточной циркуляции воздуха (в безветренную погоду) в нижних слоях атмосферы крупных городов и промышленных центров возникает видимое глазом загрязнение атмосферы – фотохимический туман, или смог (от англ. smoke – дым и fog – туман). Это результат накопления дымов от котельных, промышленных предприятий, выхлопных газов автомобилей. Впервые это явление было обнаружено в 1952 г. в Лондоне, когда от острого бронхита, вызванного смогом, скончалось около 4 тыс. человек (главным образом пожилые люди и младенцы). Тогда же учеными было установлено, что густой лондонский туман содержит примеси твердых частиц сажи и молекулы сернистого газа (рис. 28.2). Другой тип смога – Лос-Анджелесский – возникает при более низких концентрациях загрязнителей и более сухом, чем в Лондоне, воздухе (при влажности 70%).

Смог, называемый иногда дымкой, снижает видимость на дорогах, создает агрессивную среду для металлических конструкций и сооружений, вызывая их коррозию, а также негативно влияет на все живое. Образование смога наблюдалось в Москве и ряде крупных городов России летом 2002 г. Сухая, жар-



Рис. 28.2. Лондонский смог

кая и безветренная погода привела к возникновению многочисленных лесных пожаров, а также накоплению дымов от котельных, промышленных предприятий, выхлопных газов от автотранспорта.

В 1991 г., по оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), 70% городских жителей Земли дышали воздухом, который вреден для здоровья из-за высокого уровня смога, оксидов серы, углерода, азота и других веществ-загрязнителей. Сейчас объемы и скорость выбросов этих веществ превосходят возможности природы к их разбавлению и нейтрализации, поэтому необходимы специальные меры по устранению опасного загрязнения атмосферы.

Основные усилия направлены на *предупреждение вредных выбросов* в атмосферу. На металлургических заводах, предприятиях нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, ТЭС и т.п. устанавливают пылеулавливающее и газоочистное оборудование; хлорфторуглероды в аэрозольных баллончиках и холодильных установках заменены на менее опасные химические соединения. Другие меры охраны атмосферы связаны с созданием и внедрением на производствах замкнутых циклов, полностью исключающих вредные выбросы в атмосферу. Предпринимаются меры, снижающие загрязнение от автотранспорта: на двигателях устанавливают фильтры и дожигающие устройства, исключают использование в качестве добавок к топливу тетраэтилсвинца. Разрабатываются также двигатели на электрической и газовой тяге, водонагревательные устройства для домов на солнечных батареях и др.

Важную роль в борьбе с загрязнением атмосферы играет *озеленение городов*. Растения городских экосистем обогащают воздух кислородом, ионизируют его, задерживают до 70% пылевых частиц, поглощают значительные количества углекислого газа и выделяют фитонциды.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы источники атмосферных загрязнений? Почему естественное загрязнение атмосферы не нарушает происходящих в ней процессов?
2. Опишите, какие техногенные вещества, и каким образом оказывают отрицательное воздействие на состояние воздушной среды.
3. Охарактеризуйте проблемы, связанные с загрязнением автотранспортом в крупных городах атмосферного воздуха.

4. В чем опасность загрязнения воздушной среды выбросами промышленных предприятий? Приведите примеры веществ-загрязнителей.
5. Перечислите меры, предпринимаемые для охраны атмосферы. В чем преимущество внедрения в производство замкнутых циклов перед созданием пылеулавливающего и газоочистного оборудования?

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

1. Рассмотрите приведенную ниже таблицу. Предложите самые неотложные природоохранные меры по уменьшению загрязнения атмосферы г. Москвы.

Вклад разных предприятий в загрязнение атмосферы г. Москвы

Наименование отрасли	Доля от общего загрязнения (в %)
Автотранспорт	77
Мосэнерго	13
Химическая и нефтяная промышленность	3,5
Строительная индустрия	1,1
Другая промышленность	0,6
Прочие	4,8

- а. Дайте прогноз состояния окружающей среды при повышении концентрации углекислого газа в атмосфере.
- б. Дайте прогноз состояния окружающей среды при понижении концентрации углекислого газа в атмосфере.
- с. Перечислите особенности, которые характеризуют альтернативные источники энергии (солнечную, ветровую), как экологически более безопасные, по сравнению с традиционными: нефтью, углем, энергией атома и др.

§ 29. Загрязнение водной среды.

Охрана и очистка вод

Рост численности человечества и расширение его хозяйственной деятельности приводит к значительному загрязнению мировых вод. В параграфе показаны пути преодоления этой проблемы

Гидросфера, водная оболочка Земли, также загрязняется человеком. Это загрязнение нельзя объяснить только деятельностью промышленных предприятий, сбрасывающих сточные воды в реки, озера и моря. Не менее интенсивно загрязняет водную среду и сельское хозяйство с его массовым содержанием скота, интенсивным использованием удобрений и средств защиты растений. Наконец, бытовые сточные воды также вносят свой вклад в загрязнение.

Изменение естественных химических свойств воды за счет увеличения в ней концентрации вредных примесей неорганической природы называют *химическим загрязнением*. Основными загрязнителями являются соединения мышьяка, свинца, кадмия, ртути, хрома и меди. Наибольшую опасность из них представляет ртуть. Катионы Hg^{2+} взаимодействуют с анионами, находящимися в морской воде, дают суспензии, которые вместе с глинистыми частицами оседают на дно. В результате химических реакций с участием микроорганизмов из них образуются органические производные ртути, которые более токсичны, чем ее неорганические соединения. Одно из таких веществ – диметилртуть ($\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$). Это вещество накапливается в организмах, причем многие из них обладают способностью к его концентрации. Так, учеными установлено, что в рыбе диметилртути содержится в 1000 раз больше, чем в морской воде. При употреблении человеком такой рыбы в пищу ртуть попадает в его организм и вызывает поражения центральной нервной системы.

Из тяжелых металлов, помимо ртути, в водах Мирового океана накоплено в результате химического загрязнения около 41 млн. т соединений свинца, в основном в виде суспензий (PbSO_4 , $[\text{Pb}(\text{OH})_2]\text{CO}_3$, PbCl_2).

Серьезную проблему представляет также изменение кислотности водной среды из-за поступления в нее различных кислот и щелочей: большинство организмов могут существовать только при определенных значениях pH, а если хотя бы несколько наиболее чувствительных видов вымирают, биоразнообразие водной экосистемы снижается.

Один из основных источников химического загрязнения водной среды – сельское хозяйство. Из агроэкосистем ежегодно осадками вымывается около 10 млн. т минеральных удобрений. Попадая в водоемы, соединения фосфора и азота, входящие в их состав, способствуют массовому размножению микроскопических водо-

рослей, вызывающих «цветение воды». В результате этого происходит антропогенная эвтрофикация (от греч. eutrophia – хорошее питание) водоемов: в воде увеличивается концентрация биогенных элементов (фосфора и азота) и уменьшается содержание кислорода. Высокая степень эвтрофикации приводит к замору рыб и гибели других водных животных.

Большой вред водной среде наносят органические осадки (до 300–400 млн. т/год), которые попадают в нее со *сточными водами*. Опускаясь на грунт и разлагаясь, органические осадки становятся благоприятной средой для размножения микроорганизмов, не характерных для данной экосистемы. Так, в последнее время в Северном море распространены одноклеточные водоросли перидиней, которые ранее здесь не обитали. Они выделяют в воду токсические вещества, опасные не только для других водных организмов, но и для человека. При гниении поступающих со сточными водами органических осадков образуются опасные соединения, например сероводород.

За последние пятьдесят лет появилась большая группа соединений, которые создали дополнительную проблему, связанную с загрязнением сточными водами: это поверхностно-активные вещества (ПАВ). Они используются как моющие средства, понижающие поверхностное натяжение воды, что сопровождается пенообразованием. Возросшая потребность в ПАВ на промышленных предприятиях, а также их применение в быту, прежде всего при стирке, привели к большим скоплениям пены в руслах рек, что препятствует аэрации водоемов.

Наиболее распространенные загрязняющие водную среду вещества – это нефть и нефтепродукты. Ежегодно в моря и океаны поступает примерно 6 млн. т сырой нефти, причем каждый килограмм нефти образует пленку на поверхности до 1 га. Источниками поступления нефти служат ее транспортировка, разработка нефтяных месторождений на шельфе, вынос речной водой. В результате около 4% поверхности Тихого и Атлантического океанов постоянно покрыто тонкой нефтяной пленкой, препятствующей нормальному газо- влагообмену между водой и воздухом. Из нефти в воде постепенно образуется эмульсия, а также комочки тяжелых фракций нефти – мазута. К плавающим комочкам нефти прикрепляются мелкие животные, которыми кормятся рыбы, и, следовательно, нефтепродукты циркулируют по трофическим цепям водных эко-

систем и, в конце концов, попадают в пищу людей. Между тем все компоненты нефти и продуктов ее переработки опасны для жизни. Это в особенности относится к ароматическим углеводородам, в частности, к бензопирену. Помимо того, что токсичны сами углеводороды, они, будучи хорошими растворителями для неполярных веществ, способны растворять и другие токсичные соединения — пестициды и диметилртуть. Это представляет еще большую опасность для жизни (рис. 29.1).

Для защиты водной среды от веществ-загрязнителей применяется *очистка сточных вод*, т.е. их обработка на очистных сооружениях для разрушения или удаления вредных примесей (рис.29.2).

Методы очистки воды различны. При механической очистке путем отстаивания и фильтрации из нее удаляются нерастворимые примеси. Химическая очистка состоит в том, что в сточные воды добавляют специальные реагенты, которые вступают в реакции с загрязнителями и осаждают их в виде нерастворимых осадков. Биологическая очистка в естественных условиях происходит на полях орошения, или фильтрации. В них под воздействием солнечного света, воздуха и микроорганизмов сточные воды очищаются и просачиваются в грунт. На поверхности таких полей образуется перегной, который затем используют как удобрение. Через несколько лет после слива сточных вод поля фильтрации используют для выращивания кормовых культур или овощей, которые можно употреблять в пищу после термической обработки.

Биологическая очистка сточных вод в искусственных условиях осуществляется с помощью *биофильтров* и *азротенков*. Биофильтры



Рис. 29.1. Разлив нефти в водах Мексиканского залива

представляет собой емкости, заполненные гравием, или другим пористым материалом, на который нанесена пленка с микроорганизмами (бактериями, простейшими и др.). В процессе своей жизнедеятельности они поглощают различные органические вещества, очищая от них воду. В азротенках с помощью по-



Рис. 29.2 Очистные сооружения

ступающего по трубам воздуха сточные воды перемешиваются с так называемым активным илом, состоящим из сообществ бактерий–редуцентов, способных минерализовать органические соединения. В отстойниках затем происходит отделение бактериальной пленки от чистой воды. С помощью биофильтров и аэротенков из сточных вод удаляется более 90% органических примесей.

Вопросы для самопроверки

1. Опишите основные пути антропогенного загрязнения водной среды.
2. Каковы последствия загрязнения природных вод химическими веществами неорганической природы? Приведите примеры таких веществ.
3. Что такое эвтрофикация водоемов? Каковы ее причины и последствия? Объясните, почему эвтрофикацию считают обратимым процессом.
4. В чем состоит опасность загрязнения водоемов сточными водами?
5. Какие процессы в биосфере нарушаются при нефтяном загрязнении? Чем опасны нефть и ее производные, попавшие в воду?
6. Объясните, почему бережное расходование водных ресурсов считается основной мерой по их охране. Приведите примеры экономии воды.

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

1. Ежегодно, вследствие аварий на нефтепроводах и танкерах, промышленных и транспортных выбросов, мойки автомашин, судов, ци-

стерн и трюмов танкеров, в Мировой океан попадает 20 млн. т нефти. Один грамм нефти, или нефтепродуктов способен образовать пленку на площади 10 м² водной поверхности. Определите площадь ежегодного загрязнения мировых водоемов. Запишите результат расчета в тетрадь.

2. Приведите доказательства преимущества замкнутых технологий использования воды по сравнению со строительством совершенных очистных сооружений.

§ 30. Разрушение почвы и изменение климата. Охрана почв и защита климата

Изучив материал данного параграфа, вы оцените масштабы разрушения человеком почвенного покрова и изменение климата планеты. Выявите пути и способы охраны почв и климата

Почва и климат в значительной степени создают условия, необходимые для существования на Земле организмов, в том числе и человека. От почвы и климата зависят продовольственная безопасность человечества, биоразнообразие популяций, видов, сообществ и экосистем.

Почвенный покров – важный компонент биосферы, антропогенное воздействие на который постоянно усиливается. Ежегодно, распахивая землю, человек перемещает массу почвы, в три раза превышающую массу всех вулканических веществ, поднимающихся из недр на поверхность планеты за этот период. Вследствие деятельности человека – вырубки лесов, выпаса скота, внесения в почву удобрений, ее орошения и осушения, разработки полезных ископаемых – изменяются основные характеристики почвы, ее свойства, состав и структура, нарушаются почвообразовательные процессы. Каждый год безвозвратно теряется около 7 млн. га пахотных земель, в то время как для образования слоя почвы в 2–3 см при благоприятных условиях необходимо от 100 до 200 лет. Кроме того, культивируемые в агроэкосистемах растения каждый год увлекают из почвы миллионы тонн минеральных веществ. Если не восполнять эти потери, почвенные ресурсы могут быть израсходо-

ваны всего за 50 лет. Во избежание этого человек вносит в почву минеральные удобрения, однако их чрезмерное использование неблагоприятно сказывается на состоянии биосферы в целом

Одним из видов антропогенного воздействия на почву является загрязнение ее *пестицидами* (от лат. *pestis* — зараза и *caedere* — убивать) — химическими средствами защиты растений, используемыми для борьбы с вредителями сельского хозяйства (сорняками — *гербициды*, насекомыми — *инсектициды*, грибковыми болезнями растений — *фунгициды*). Пестициды в основном представлены хлорированными углеводородами: ДДТ (дихлордифенилтриметилметаном), гексахлораном и др. Эти вещества высокотоксичные, подавляют деятельность ферментов, влияют на наследственность организмов, кроветворение и др.

Неумеренное применение пестицидов негативно сказывается на состоянии окружающей среды. Эти вещества обладают способностью накапливаться в организмах и передаваться по пищевым цепям, причем их концентрация увеличивается в каждом последующем звене. Кроме того, пестициды вместе с атмосферными осадками просачиваются в почву и попадают в грунтовые воды, которые затем выносят их в реки, моря и океаны. В настоящее время ученые изучают процессы, происходящие с пестицидами в почве, и ищут возможные пути их химического и биологического обезвреживания. В сельском хозяйстве все чаще стараются применять биологические средства защиты растений, например естественных врагов насекомых-вредителей, а также выращивают трансгенные растения, устойчивые к сорнякам и вредителям.

Основная причина сокращения площади плодородных почв — несовершенство сельского хозяйства. Распаханный плодородный слой часто подвергается водной и ветровой эрозии (от лат. *erosio* — *разъедание*) — разрушению водой и ветром, смыву или развеиванию частиц почвы и осадению их в новых местах. В России из 132 млн. га пахотных земель 87 млн. га подвержены эрозии. Ежегодно от нее страдает новые 0,5 млн. га с потерей плодородной почвы в 1,5 млрд. т. Водная и ветровая эрозия уменьшают площадь пашни, снижают плодородие почвы, разрушают дороги, заиливают каналы и водохранилища. Основные меры борьбы с водной и ветровой эрозией: правильная обработка почвы, почвозащитные севообороты, снегозадержание, защитные насаждения, террасирование склонов и оврагоукрепительные работы.

Своей деятельностью человек влияет на климат Земли. Орошение и осушение территорий, строительство плотин, водохранилищ и других гидротехнических сооружений вызывает в некоторых районах планеты изменения климата. Например, орошение значительно усиливает процесс испарения, вследствие чего снижается температура земной поверхности. Это, в свою очередь, приводит к понижению температуры и повышению относительной влажности нижних слоев воздуха. Крупные водохранилища увеличивают влажность воздуха и снижают его температуру на 2–3°С в дневное время на расстоянии 5–10 км. В результате дневного охлаждения и ночного нагревания суточный ход температуры воздуха на таких искусственно обводненных территориях становится более сглаженным

Кислотные осадки. Одна из острейших экологических проблем связана с возрастанием кислотности атмосферных осадков. Кислотные осадки – следствие выбросов промышленными предприятиями оксидов серы, азота, углерода, которые, взаимодействуя с водяным паром, превращаются в смесь сернистой, серной, азотистой, азотной и угольных кислот и затем выпадают на поверхность Земли. Наиболее сильно страдают от кислотных дождей растения: нарушается защитный слой кутикулы листьев, и они становятся более уязвимыми к поражению насекомыми-вредителями и паразитическими грибами. Просачиваясь в почву, кислотные осадки вызывают выщелачивание алюминия и тяжелых металлов, которые обычно находятся в ней в виде нерастворимых соединений и не поглощаются растениями. При повышении кислотности эти вещества переходят в растворимые, легкоусваиваемые формы и оказывают токсическое действие на организмы.

Проблема сохранения озонового слоя и парниковый эффект обсуждались в т.1.

Некоторые ученые считают, что из-за промышленного увеличения парникового эффекта уже к 2030 г. может произойти повышение среднегодовой температуры на Земле на 2–2,5°С, а к концу XXI в. – на 6°С. Одним из его последствий станет подъем уровня Мирового океана в результате теплового расширения воды и таяния ледников (к концу XXI в. он может подняться на 1–2 м). В результате этого под водой окажутся прибрежные территории густонаселенных районов Китая, Японии, Индии, Индонезии, Нидерландов, США и других стран мира.

Таким образом, угроза глобального изменения климата стала реальностью. Мировое сообщество уже предприняло ряд мер. Так, с 1992 г. по 1997 г. ООН были приняты Конвенция по климату и Киотский протокол. Конечная цель этих документов — добиться стабилизации содержания парниковых газов в атмосфере до уровня, безопасного для климата. Это может быть достигнуто заменой угля и нефти, как основных видов топлива, газом; использованием экологически чистых источников энергии, таких как энергия Солнца, ветра, земных недр; внедрением энергосберегающих технологий; восстановлением лесов.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы антропогенные воздействия на почвенный покров и почвообразовательные процессы?
2. Объясните, чем опасно загрязнение почвы пестицидами. Предложите экологически безопасные способы борьбы с сорняками, насекомыми-вредителями, грибковыми болезнями культурных растений.
3. Что такое эрозия почвы? Опишите, как происходит водная и ветровая эрозия. Каковы основные меры борьбы с эрозией почвы?
4. Каким образом человек оказывает влияние на климат Земли? Каковы последствия такого влияния? Приведите примеры.
5. Опишите процесс образования в атмосфере кислотных осадков. Каковы последствия их выпадения на поверхность почвы, водоемов и др.?
6. Какова роль озонового слоя Земли? Как он образуется, и какие вещества способны вступать в реакцию с озоном? Каковы меры борьбы с истощением озонового слоя Земли? Приведите примеры. Используйте материал учебника 10 класса.
7. Какое значение для климата имеет увеличение в результате человеческой деятельности содержания в атмосфере углекислого газа?
8. Опишите глобальные последствия «парникового эффекта». Какие меры предпринимаются мировым сообществом для защиты климата Земли?

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

Во всем мире каждый год вымывается около 25 тысяч тонн почвы. В районах, где земли расположены на крутых склонах и подвергаются неразумной эксплуатации, водная эрозия, кроме резкого снижения

плодородия, может привести к драматическим результатам. Опишите их, объясните условия их появления. Приведите примеры из последних событий у нас в стране и в мире, когда водная эрозия, обусловленная неправильной эксплуатацией лесов и полей, приводила к драматическим последствиям.

§ 31. Воздействие человека на растительный и животный мир

В параграфе рассказано о механизмах воздействия человека на растительный и животный мир.

Человек — единственный вид на Земле, который реально угрожает практически всем другим видам организмов и даже самому существованию породившей его биосферы. Вся история человечества сопровождается непрерывным разрушением среды обитания организмов, прямой эксплуатацией биологических ресурсов планеты.

Значение растений в природе существенно и разнообразно. Растения — основа трофических пирамид практически всех экосистем Земли. Ежегодно зеленые растения Земли синтезируют 177 млрд. т органических соединений, и превращают огромное количество солнечной энергии в энергию химических соединений.

Другое важнейшее значение зеленых растений связано с фотосинтезом. Именно растения создали и поддерживают кислородную атмосферу Земли (т. 1).

Растительность оказывает принципиальное влияние на почву, во многом формируя ее. Отмершая органика создает плодородие почвы, создавая благоприятные условия для жизни новых поколений растений. Большое влияние оказывает растительность и на климат планеты. Перераспределение воздушных масс, испарение воды, приводит к смягчению климата. Так более 90% воды испаряется с суши благодаря растениям.

Не менее значимую роль в биосфере играют животные, несмотря на то, что их биомасса относительно невелика и составляет лишь 2% от всего живого вещества нашей планеты. Это связано с высокой интенсивностью их энергетических процессов, а также с



Рис. 31.1. Сети — орудия браконьерского лова (А), детеныши нерпы — объект добычи ради меха (Б)

большим разнообразием и подвижностью. Благодаря этому животные активно участвуют в миграции химических элементов, а также поддерживают динамическое равновесие в биосфере.

Вымирание одних и появление других видов организмов — неизбежный и закономерный процесс. Это происходит в ходе эволюции, при естественных изменениях климата, ландшафтов, в результате конкурентного исключения и т.п., и протекает очень медленно, так, что другие виды успевают приспособиться к этому. По оценкам ученых средняя продолжительность существования вида у птиц была около 2 млн. лет, млекопитающих — около 1 млн. лет. Человек фантастически ускорил процессы вымирания видов, оказывая на них прямое и косвенное воздействие.

Прямое воздействие испытывают те виды, которые человек добывает в ходе промысла — сбора, рыболовства, охоты — ради мяса, шерсти, пуха, пера, лекарственного сырья и т.п., в результате чего их численность снижается, вплоть до полного исчезновения. Косвенное воздействие на виды человек оказывает, изменяя среду их обитания, например, при вырубке лесов, распашке степей, осушении болот, сооружении плотин, строительстве городов, поселков, дорог и т.д.

Сокращение биоразнообразия — одна из глобальных экологических проблем. В ближайшие 20 лет могут исчезнуть 1/5 всех видов растений и животных, существующих сегодня на Земле. Под угрозой исчезновения находятся 7 тыс. видов растений, 250 видов рыб, около 100 видов пресмыкающихся, 500 видов беспозвоноч-



Рис. 31.2. Погрузка добытого китобоями синего кита

ных, 300 видов птиц, 400 видов млекопитающих. Особое опасение вызывает вырубка влажных тропических лесов в Южной Америке, Африке и Юго-Восточной Азии, являющихся местообитаниями для 4/5 всех видов организмов нашей планеты. С уничтожением этих лесов (сейчас они покрывают 13% земной поверхности), их животные обречены на вымирание. По данным Международного союза охраны природы, с XVI в. по XX в. на Земле в результате прямого и косвенного антропогенного воздействия вымерло 109 видов птиц, 64 вида млекопитающих, 20 видов пресмыкающихся, 3 вида земноводных; с конца 80-х гг. XX в. каждую неделю на нашей планете исчезает один вид растения.

Биоразнообразие сокращается также при повышенной эксплуатации видов, имеющих коммерческую ценность. Например, китобойный промысел, который осуществляли с середины XX в. Норвегия, Япония, США, Великобритания и СССР, привел к катастрофическому сокращению численности популяций большинства видов китов (голубого кита, финвала, сейвала и др.) (рис. 31.2). В 1984 г. Международной китобойной комиссией был введен мораторий на промысел этих видов морских млекопитающих, организованы заповедные участки в разных районах Мирового океана, которые должны обеспечить условия для восстановления их численности.

Существенное воздействие человек оказывает на леса. Они образуют два пояса: северный (хвойные леса) и южный (влажные тропические леса) и, являясь составной частью биосферы, влияют на климат и водный баланс, обеспечивают возобновление запасов кислорода в атмосфере. Подсчитано, что 1 га леса в год может поглотить 5–10 т углекислого газа и выделить 10–20 т кислорода. Леса также регулируют сток воды, предотвращая эрозию почвы и обмеление рек. Так, всего 1 м² мха и трав, растущих у основания ствола дерева, задерживает после дождя около 4 л воды, которая потом постепенно поступает в ручьи и реки, испаряется в атмосферу. Если лес уничтожен, эта вода сразу идет в сток, вызывая эрозию почвы и наводнения.

Сокращение площади лесов — *обезлесение* — стало одной из глобальных экологических проблем. До развития сельского хозяйства лесами было занято 60% суши, 100 лет назад — 40%, сейчас — 27%. За 200 лет площадь лесов сократилась вдвое, что связано с потребностью человека в территориях для занятия земледелием, животноводством, строительством и др. Лесные ресурсы используются для производства бумаги, стройматериалов, мебели, скипидара, спирта, древесного угля и др., почти половина заготавливаемой в мире древесины до сих пор расходуется как топливо. Общая вырубка лесов составляет 17–25 млн. га в год и только на 20% этих площадей производится их восстановление. При таких темпах леса на планете будут вырублены, по оптимистическим прогнозам, за 150–180 лет. Россия обладает ¼ частью мировых запасов лесных ресурсов. Лесом покрыто 770 млн. га ее территории, ежегодно вырубается 1,8 млн. га леса, причем во многих случаях это ведется сплошными рубками.

Среди мер по охране лесных ресурсов важное место занимает *лесовозобновление*. При правильном ведении лесного хозяйства рубки на отдельных участках должны проводиться через 80–100 лет, когда лес достигнет полной спелости. Естественным образом обновляется только треть вырубаемых лесов, в остальных случаях необходим посев и посадка деревьев. Другая важная мера по сохранению лесов — это борьба с потерями древесины при ее заготовке, а также с лесными пожарами.

До 97% лесных пожаров возникает по вине человека при неосторожном обращении в лесу с огнем, в результате сельскохозяйственных палов и огневых зачисток лесосек. Так, в 1996 г. в Монголии такие пожары уничтожили около 3 млн. га лесов, а в России в 1998 г. на Дальнем Востоке леса сгорели на 2 млн. га. Для предот-

вращения лесных пожаров прокладываются противопожарные полосы, рвы, периодически проводят санитарные рубки, а также создаются дозорно–сторожевые службы для обнаружения очагов возгорания, авиационные бригады для их ликвидации.

Еще одним примером антропогенного воздействия на растительный и животный мир является переселение видов организмов за пределы естественного ареала в места, где они раньше не встречались. В благоприятных новых условиях акклиматизированный вид часто не встречает естественных врагов и может стремительно размножаться, нарушая структуру всего сообщества и вызывая гибель особей местных видов.

Особенно чувствительны к видам–переселенцам островные экосистемы. Так, на острове Святой Елены завезенные людьми козы съели почти всю растительность, превратив этот некогда лесной остров в полупустыню. Мангусты, выпущенные для борьбы с крысами на Больших Антильских островах и Кубе, уничтожили характерных для этих островов грызунов и насекомоядных млекопитающих. Причем крысы спаслись от мангустов, приспособившись жить на деревьях. На Гавайские острова было завезено более 90 видов птиц, из которых прижилось 53, зато из 68 эндемичных местных видов 26 исчезли.

Переселение видов может быть и непреднамеренным. Так, с колонистами в Северную Америку попали подорожник и одуванчик, а в Австралию и Новую Зеландию – чертополох и крестовник – злостные сорняки. Из Северной Америки в Европу проник колорадский жук, ставший в новых условиях опасным вредителем картофеля. Для предотвращения случайного завоза новых видов во многих странах приняты строгие меры, специальной обработке подвергаются транспортные средства и грузы, но это не всегда спасает от проникновения видов–переселенцев.

Вопросы для самопроверки

1. Охарактеризуйте планетарную роль растений и животных? Что общего и отличного в значении растений и животных для биосферы?
2. В чем состоит прямое и косвенное воздействие человека на растительный и животный мир. Приведите примеры.
3. Докажите на конкретных примерах опасность сокращения биоразнообразия Земли. Каковы его причины и последствия?

4. Объясните, почему обезлесение стало одной из глобальных экологических проблем. Какую роль играют в биосфере таежные и влажные тропические леса? Приведите примеры.
5. Опишите меры, предпринимаемые для охраны лесных ресурсов. Чем первичные леса отличаются от вторичных?
6. К чему ведет переселение видов растений и животных на новые территории? Какие факторы этому способствует?
7. Предложите меры предотвращения непреднамеренного переселения видов. Что необходимо при этом учитывать?

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

1. Благодаря человеку многие виды растений попали с одного континента на другой и там успешно размножились. Предположите, какими особенностями должны обладать такие переселенцы? Подберите примеры видов растений, которые обладают этими особенностями и оказались на других континентах. В какие сообщества вселение идет легче, а в какие труднее и почему? Предположите, какие последствия для местных видов будет иметь подобное вселение?
2. Предложите меры предотвращения непреднамеренного переселения видов. Что необходимо при этом учитывать?
3. Почему в национальных парках и заповедных участках посетителям можно ходить только по дорожкам или тропинкам? Почему это требование особенно строго в холмистых и горных районах. Обоснуйте правила перемещения посетителей по любым рекреационным территориям.

§ 32. Охрана растительного и животного мира*

Изучив материал этого параграфа, вы узнаете об особенностях охраны жизни на Земле, Красных книгах, всемирных и российских организациях, помогающих в деле охраны природы, заповедниках, заказниках и национальных парках.

Охрана природы, в том числе растительного и животного мира нашей планеты, требует объединенных усилий и совместных действий на межгосударственном уровне. Этой цели служат созданный

в 1948 г. Международный союз охраны природы (МСОП) и основанный в 1961 г. Всемирный фонд дикой природы (WWF). В 1979 г. на сессии Генеральной Ассамблеи ООН была учреждена «Программа ООН по окружающей среде» (ЮНЕП), и в этом же году МСОП совместно с WWF выработали «Всемирную стратегию охраны природы», в которой были сформулированы следующие принципы.

1. Необходимо сохранить биоразнообразие современной биосферы, поскольку только в этом случае возможно дальнейшее стабильное сосуществование природы и человечества.

2. Все виды организмов, явления живой и неживой природы имеют множественное значение и должны оцениваться с разных точек зрения. Следует учитывать потенциальную полезность и значимость каждого вида организма, того или иного природного явления для человека.

3. Охрана одного объекта природы означает одновременную охрану других объектов, тесно с ним взаимосвязанных. Необходимо охранять всю совокупность образующих природу неживых и живых компонентов, т.е. подходить к делу охраны природы комплексно.

Таким образом, *охрана природы* – это система мер, направленных на сохранение, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов Земли. Их реализацией в мире в настоящее время занимаются более 200 международных природоохранительных организаций.

Истребление человеком животных и растений, нарушение их мест обитания привели к тому, что многие из них стали редкими и нуждаются в охране. По инициативе МСОП в 1966 г. впервые была издана Красная книга, включающая виды, подлежащие охране. После ее выхода в ряде стран были созданы национальные Красные книги (в СССР она появилась в 1974 г.). В Красной книге России сейчас находятся около 250 видов животных, в нее также включены 681 вид высших сосудистых растений, 32 вида моховидных, 29 видов лишайников и 20 видов грибов.

Основанием для внесения вида (подвида) в Красную книгу служит его численность, а также размеры ареала. Наряду с этим учитывается ряд экологических характеристик: характер питания, уровни рождаемости и смертности, биотический потенциал и т.п. Виды, подлежащие включению в Красную книгу, подразделяют на несколько категорий.



Рис. 32.1. Растения и животные из Красной книги <http://pinme.ru/u/polianna/rasteniya-krasnoy-knigi-foto/>; Венерин башмачок, ирис тигровый, снежный барс, лебедь — шипун

1. Исчезающие виды, численность и ареал которых сократились до критического уровня в результате истребления человеком, разрушения мест обитания или по другим причинам (эти виды находятся под угрозой исчезновения или близки к полной гибели, они не могут выжить без активного вмешательства человека и нуждаются в строгой охране).

2. Сокращающиеся виды, численность и ареал которых имеют тенденцию к уменьшению под действием антропогенных или других факторов (в отношении них необходимы усиление мер охраны, проведение работ по восстановлению численности).

3. Редкие виды, численность и ареал которых дошли до низких величин по различным причинам (они нуждаются в охране их мест обитания и постоянном контроле за численностью их популяций).

4. Недостаточно изученные виды, о которых нет точных сведений, но есть основания считать, что они могут попасть в первые три категории (эти виды требуют дальнейшего изучения).

5. Восстановленные виды, которые были в числе исчезающих, но благодаря принятым мерам доведены до уровня, гарантирующего их сохранность (такие виды нужно продолжать охранять, но можно и ограниченно использовать в промысловых целях).

В Красной книге указываются практические мероприятия по охране и восстановлению вида (запрет промысла, переселение, разведение в неволе и т.п.). Предполагается, что со временем, вследствие принятых мер, он перестанет нуждаться в защите. Поэтому при переиздании Красной книги отдельные виды могут переводиться из одной категории в другую или совсем исключаться из нее, если угроза исчезновения для них миновала. Следует отметить, что Красная книга — это не закон об охране видов, а программа деятельности, направленная на сохранение живой природы. Ее материалы используются при разработке нормативных документов об охране окружающей среды.

Для наиболее полного сохранения растительного и животного мира Земли, а также всех остальных компонентов биосферы, в разных странах мира организуются *особо охраняемые природные территории (ООПТ)* — заповедники, заказники и национальные парки.

Заповедники — участки земли или водного пространства, в пределах которых весь природный комплекс полностью и навечно изъяты из хозяйственного использования и находится под охраной государства. В заповедниках ведется только научно-исследовательская работа. Многие заповедники первоначально были созданы для охраны отдельных исчезающих видов животных. Так Баргузинский заповедник на Байкале был организован для сохранения и восстановления численности соболя, Воронежский — бобра, Хоперский — выхухоли и др.

Значение заповедников в деле охраны природы иллюстрирует их роль в восстановлении численности редких животных, например зубров. В начале XX в. зубры встречались только в местах царской охоты: 500–700 особей в Беловежской Пуще и столько же на Кавказе. К 1920 г. численность зубров уменьшилась в 10 раз, а в 1927 г. убили последнего дикого кавказского зубра. К этому времени уцелело только 48 животных в зоопарках Германии и Швеции. Вид оказался на грани полного вымирания, и надо было его спасти. В 1929 г. в Польше появился первый питомник по разведению зубров, а в 1948 г. был организован Центральный зубровый питомник в Приокско-Тerrasном заповеднике под Москвой. Че-



Рис. 32.2. Воронежский государственный заповедник

рез 40 лет после начала работ численность зубров достигла 2 тыс. особей, и их стали расселять в пределах прежнего ареала на территории Литвы, Польши, Белоруссии, Украины и России. В настоящее время в мире живет более 3 тыс. зубров, из которых около половины — дикие.

Некоторые заповедники объявлены биосферными и в них сохраняются в нетронутом состоянии наиболее типичные для каждой природной зоны биогеоценозы. В России 17 биосферных заповедников, они входят во всемирную сеть биосферных заповедников Земли.

Заказники — охраняемые участки (наземные и водные), на которых при ограниченном использовании природных ресурсов охраняют промысловые виды растений и животных. Заказники служат для сбора лекарственных растений, грибов, ягод, охоты, рыбной ловли и обычно организуются сроком на 10 лет. Хозяйственная деятельность в заказниках допускает лишь в той мере, в какой это не наносит вреда охраняемым объектам (охотничье-промысловым зверям, гнездовьям птиц, нерестилищам и местам нагула рыб, лекарственным растениям, грибам и др.). Заказники существенно до-

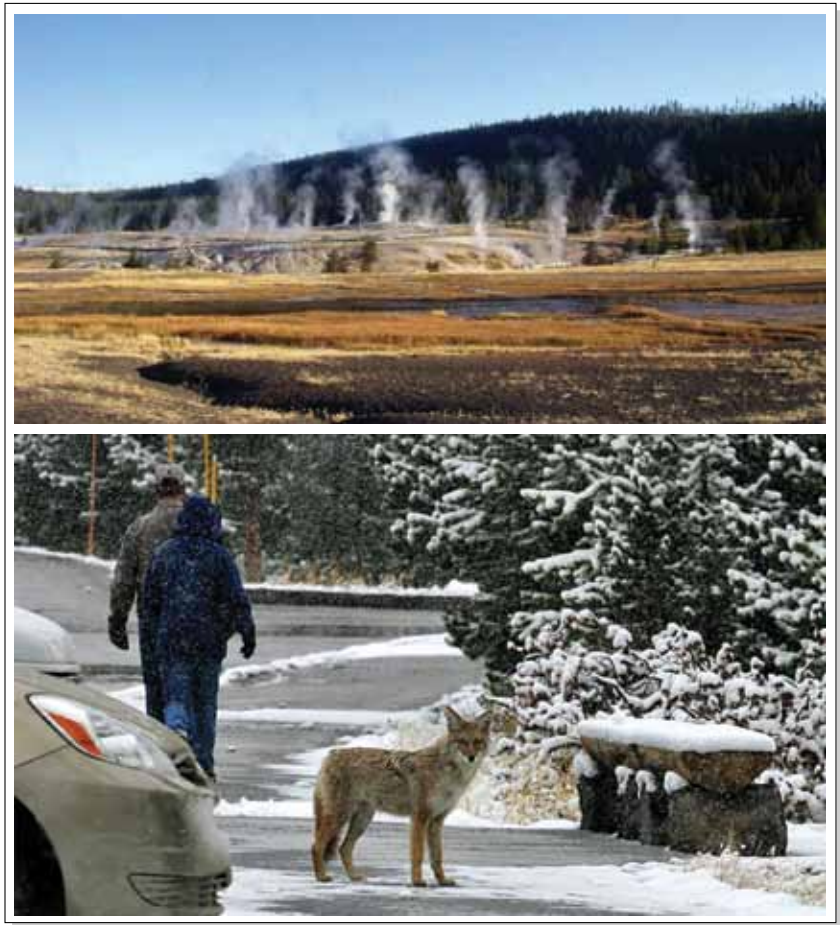


Рис. 32.3. Йеллоустонский национальный парк

полняют систему заповедников, обеспечивая сохранение флористического и фаунистического богатства той или иной страны.

Национальные (природные) парки – охраняемые территории и акватории, на которых сохранились природные комплексы, представляющие экологическую, историческую и эстетическую ценность. Первый в мире национальный парк – Йеллоустонский – был организован в 1872 г. в США. Здесь находится около 3 тыс. гейзеров, водопадов, озер, каньонов, горных лесов с множеством уникальных видов животных и растений. Сейчас в мире создано



Рис. 32.4. Прибайкальский национальный парк



Рис. 32.5. Никитский ботанический сад (Ялта)

более 2600 национальных парков общей площадью более 400 млн га. В нашей стране есть несколько национальных парков, например, Красноярские столбы, Прибайкальский, Валдайский и др. В отличие от заповедников, значительная часть площади национальных парков открыты для регулируемого посещения.

В сохранении и восстановлении численности редких видов животных и растений важную роль играют ботанические сады и зоологические парки. Они позволяют спасти отдельные исчезающие в природе виды, и тем самым сохранить генофонд организмов биосферы, ее биоразнообразие.

Первые *ботанические сады* были основаны в Италии (XIV в.), а затем в Германии, Франции, Швеции и Англии (XVI–XVII вв.). В эпоху великих географических открытий они способствовали расселению привезенных из дальних стран видов растений: гевеи, кофе, айланга, туи, гинкго и др. В России предшественниками ботанических садов были «аптекарские огороды» в Москве (1706) и Санкт-Петербурге (1714), позже ботанические сады стали создаваться при университетах в крупных городах. В южных районах России ботанические сады явились центрами разведения субтропических растений. Наиболее большими живыми коллекциями растений в настоящее время обладают ботанические сады в Кью (Англия), Уппсале (Швеция), Калькутте (Индия), Ялте (Украина) и Батуми (Грузия).

Зоологическим паркам предшествовали зверинцы Вавилона, Древнего Рима и Египта, имевшие просветительское и зрелищное назначение. В Европе первые зоопарки появились в Вене (1752) и Мадриде (1770). Сейчас в зоопарках в разных странах мира живут тысячи видов животных, в том числе редких и охраняемых. Крупнейшие зоопарки в мире – Берлинский (1700 видов) и Амстердамский (1300 видов). В России самые крупные зоопарки находятся в Москве и Санкт-Петербурге, живые коллекции каждого из них насчитывают около 900 видов животных, в том числе внесенных в Красную книгу МСОП (например, белый медведь, лошадь Пржевальского, малая панда, гавайская казарка и др.).

Вопросы для самопроверки

1. Объясните, почему охрану природы относят к глобальным проблемам современности. Какие задачи стоят перед охраной природы?

2. Охарактеризуйте принципы «Всемирной стратегии охраны природы» (1979), выработанные МСОП и WWF. В чем смысл комплексного подхода к охране отдельных видов организмов?
3. Что такое Красная книга? Каким целям она служит? Каковы основания для внесения того или иного вида в Красную книгу? Возможно ли исключение вида из Красной книги?
4. Выясните, какие виды растений и животных, встречающихся в вашей местности, внесены в Красную книгу России.
5. С какой целью создаются особо охраняемые природные территории (ООПТ): заповедники, заказники и национальные (природные) парки? Чем они отличаются друг от друга? Приведите примеры ООПТ.
6. Назовите известные вам национальные парки России.

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

1. Выясните, какие виды растений и животных, встречающихся в вашей местности, внесены в Красную книгу России. Запишите в тетрадь, сообщите знакомым.
2. Назовите известные вам национальные парки России. Если вы были в одном из заповедников, ботанических садов, зоопарков, напишите эссе о вашем посещении.

Коллективные задания

с использованием материала учебника

1. Опровергните ошибочное предположение, основанное на том, что «виды вымирали всегда — это естественный процесс, поэтому не надо беспокоиться о сегодняшних вымираниях организмов». Объясните, чем отличаются вымирания в эволюционном прошлом от вымирания в наше время.
2. Чем будет отличаться охрана реликтов, эндемиков и тех видов, численность которых резко сократилась под действием антропогенных факторов среды? Ответ обоснуйте.

Глава 4 Эволюция продолжается

§ 33. Будущее Вселенной и Солнца

*«Существуют периодические эпизоды мирового пожара,
во время которых космос уничтожается,
чтобы возродиться снова»
(Гераклит)*

Из этого параграфа вы узнаете о двух возможных сценариях дальнейшего развития Вселенной, а также о судьбе нашего Солнца и Земли через 10–13 млрд. лет

Вы помните

- строение и состав Вселенной;
- факт расширения Вселенной;
- особенности химической эволюции Вселенной;
- основные этапы эволюции Солнечной системы.

После того как сценарий рождения Вселенной благодаря Большому взрыву был принят большинством исследователей, будущее Вселенной стало одним из основных вопросов современной космологии. Однако в настоящее время разные модели эволюции Вселенной дают различные предсказания. Согласно одним моделям расширение Вселенной никогда не прекратится, согласно другим — расширение должно смениться сжатием. На современном этапе развития науки даже на основании хорошо известных законов физики предсказать будущее Вселенной через десятки миллиардов лет является невыполнимой задачей, т.к. неизвестны многие ее условия. Пока можно говорить лишь о разных возможных путях эволюции Космоса, которые можно описывать в рамках двух групп теоретических моделей: моделей «открытой» и «замкнутой» Вселенной.

«Замкнутая» модель основывается на том, что Вселенная одновременно неограниченна и конечна. Согласно этой модели Вселенная проходит целый ряд эволюционных циклов. Каждый эволюционный цикл продолжается около 100 миллиардов лет и представляет собой расширение, а затем сжатие Вселенной. Когда Вселенная начинает новый цикл, то может произойти изменение ее фундаментальных характеристик (заряда электрона, гравитационной

постоянной и пр.), так что новая Вселенная может существенно отличаться от нашей. Т.о. согласно «замкнутой» модели приблизительно через 30 миллиардов лет после данного момента времени Вселенная должна начать сжиматься и через 50 миллиардов лет сожмется в точку, из которой снова «родится»: эволюционная история повторится вновь.

Согласно «замкнутой» модели приблизительно через 30 миллиардов лет после данного момента времени Вселенная должна начать сжиматься и через 50 миллиардов лет сожмется в точку, из которой снова «родится»: эволюционная история повторится вновь.

Согласно моделям «открытой» Вселенной сначала остынут звезды, так как израсходуется весь материал для термоядерного горения. Затем звезды начнут покидать свои звездные острова – галактики, планеты оставят звезды, центральные части галактик и оставшееся вещество благодаря гравитации начнут собираться и превратятся в сверхмассивные черные дыры. Таким образом, на заключительных этапах своей эволюции Вселенная будет состоять из разреженного электронно-позитронного газа и черных дыр. Затем испарятся и черные дыры.

Какой именно сценарий осуществится, зависит от средней плотности вещества во Вселенной. Согласно теории, если средняя плотность вещества во Вселенной выше плотности 10^{-29} г/см^3 (*критическая плотность*¹), то расширение Вселенной должно смениться ее сжатием. В том случае, если средняя плотность вещества меньше критической, расширение Вселенной будет продолжаться.

Современные наблюдения говорят в пользу того, что Вселенная находится в состоянии постоянного расширения. Более того, скорость расширения постоянно возрастает. В настоящее время средняя плотность вещества во Вселенной составляет менее 1% от критической. Это значит, что расширение Вселенной будет происходить неограниченно долго. Однако пока точно оценить плотность вещества во Вселенной невозможно из-за скрытой массы, т.н. *темной материи*. Эта невидимая ни в какие телескопы материя проявляет себя только по гравитационному воздействию. Поэтому исследователи пока не могут дать окончательный ответ на вопрос:

¹ Плотность материи, определяющая глобальные геометрические свойства пространства в космологических моделях, основанных на ОТО А.Эйнштейна.

является Вселенная «закрытой» или «открытой»? Но большинство придерживается модели открытой Вселенной.

Что касается будущего нашего дневного светила и Солнечной системы в целом, то в ближайшие несколько миллиардов лет практически ничего не изменится. Каждую секунду Солнце перерабатывает примерно 600 миллионов тонн водорода. С такими темпами ядерного топлива на Солнце должно хватить еще на 5 миллиардов лет. Однако затем, по мере истощения водорода, светимость Солнца будет постепенно увеличиваться, температура на поверхности несколько повысится, но потом начнет понижаться. Закономерности развития звезд разной массы, в том числе Солнца, мы с вами обсуждали в параграфе 14 учебника для 10 класса.

Итак, в возрасте 10 миллиардов лет Солнце будет иметь светимость примерно в 2 раза больше нынешней. Когда ему исполнится 12 миллиардов лет, в его центре уже не будут происходить ядерные реакции, т.к. весь водород уже будет исчерпан, а для превращения гелия в углерод температура недостаточна. Лишь на поверхности гелиевой области в центре, граничащей со слоем, содержащим водород, еще будет происходить горение водорода. Но этот водород тоже постепенно исчерпается, а центральная гелиевая область будет постоянно увеличиваться. Солнце начнет превращаться в красного гиганта, размеры которого станут сравнимы с расстоянием от Солнца до Земли.

Когда Солнце достигнет возраста в 13 миллиардов, оно приобретет размеры примерно в 100 раз больше, чем в настоящее время, а светимость увеличится примерно в 2000 раз. При этом поверхностная температура существенно понизится (с 6000 до 4000 градусов). К этому времени океаны на нашей планете испарятся, поверхность Земли будет раскалена как печь, на которой не будут существовать никакие формы жизни.

Когда температура центральных недр светила достигнет примерно 100 млн. градусов, на базе гелия начнется ядерный синтез тяжелых элементов. Солнце вступит в стадию циклов расширения и сжатия. На последней стадии наша звезда сбросит внешнюю оболочку, обнажится центральное ядро, которое будет иметь очень высокую плотность и размеры, сравнимые с размерами Земли. По прошествии еще нескольких миллиардов лет Солнце остынет и превратится в белый карлик.

Вопросы для самопроверки

1. В чем отличия «закрытой» и «открытой» моделей развития Вселенной?
2. Что значит критическая плотность в космологии?
3. В пользу какого сценария будущего Вселенной говорят современные исследования?
4. Чем закончится эволюция Солнца?

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

1. Создайте постер, иллюстрирующий «открытую» модель будущего Вселенной.
2. Нарисуйте диаграмму Герцшпрунга-Рассела (учебник 10 класса) и изобразите на ней стрелкой эволюционный путь Солнца.

§ 34. Проблема поиска внеземных цивилизаций^{1*}

*«Я и садовник, я же и цветок,
В темнице мира я не одинок.
На стекла вечности уже легло
Мое дыхание, мое тепло»
(О. Мандельштам)*

Из этого параграфа вы узнаете об идее множественности обитаемых миров Джордано Бруно, о научных методах поиска внеземных цивилизаций

Вы помните

- о строении, эволюции и масштабах Вселенной и Солнечной системы;
- о наблюдениях в астрономии;
- об электромагнитных колебаниях и волнах.

¹ В научной и научно-популярной литературе, помимо «внеземные цивилизации» можно встретить еще термин SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) – поиск внеземного разума, внеземных цивилизаций.

С давних пор человека волновали вопросы о том, одинок ли он во Вселенной, существует ли жизнь за пределами нашей планеты. Ведь трудно поверить, что земная цивилизация и биосфера уникальны. В древнейших памятниках культуры, в литературе Китая, Индии, Египта, Греции, Рима можно найти размышления философов над данной проблемой. Но революционный шаг в понимании мироздания был сделан великим итальянским мыслителем Джордано Бруно. Д. Бруно создал картину мира, которая опередила на несколько веков наблюдательную астрономию.

Д. Бруно был уверен, что небосвод не может быть ограничен сферами. Вселенная – это бесконечное, безмерное и единое пространство, которое включает в себя звезды и созвездия, бесчисленные солнца и земли, движущиеся вокруг своих звезд так же, как наша планета обращается вокруг дневного светила. В своих рассуждениях Д. Бруно пошел еще дальше. Мыслитель был абсолютно уверен, что разумные живые существа обитают на этих бесчисленных планетах. Наивно считать, полагал Д.Бруно, что нет другого вида мышления, и не существует, помимо земных, других живых разумных существ. Мужественный философ упорно до конца отстаивал свои взгляды и даже не отрекся от них под страхом смерти. По приговору святой инквизиции 17 февраля 1600 г. на Площади Цветов в Риме Д.Бруно был сожжен на костре.

Развитие наблюдательной астрономии в последующие столетия полностью подтвердило правильность идей Д.Бруно. С тех пор мысль о наличии планет у других звезд планет, которые населены разумными существами, стала казаться почти очевидной. Эта идея стремительно распространилась в Европе и приобрела огромную популярность среди всех слоев общества. Об этом писали ученые и философы, поэты, писатели и даже священники.

Мы с вами знаем, что наше Солнце вместе со своими планетами входит в состав гигантской звездной системы – Галактики, насчитывающей больше ста миллиардов звезд. Всего же в наблюдаемой области Вселенной (Метагалактике) содержится более 100 миллиардов таких галактик или 1000 000 000 000 000 000 звезд. Может ли быть так, что среди этого огромного количества звезд только около одной из них – нашего Солнца могла возникнуть жизнь? «Действительно, происхождение жизни исключительно маловероятно. Только ... согласно современным космологическим теориям, в бесконечной Вселенной оно в то же самое время и неизбежно» –

пишет известный специалист в области эволюционной и вычислительной биологии Е.В.Кунин.

Если Солнечная система — это дом человечества, то Земля — одна из квартир в этом доме. Галактика подобна гигантскому звездному городу, содержащему миллиарды таких домов, а вся наблюдаемая область Вселенной — огромному звездному острову, на котором находятся десятки миллиардов таких звездных городов.

Мы уже освоились в своей квартире (на своей планете) и начали делать первые шаги за ее пределы, к другим планетам Солнечной системы. А Звездный город, а остров? Их мы наблюдаем из окна своей «квартиры» с помощью телескопов. Наблюдая этот гигантский звездный мир, мы можем задать себе вопрос: может ли быть так, что весь город мертв, весь остров мертв, и лишь в одном из городов этого острова, в одном из домов этого города, в одной из квартир этого дома живем мы с вами, а все остальное безжизненно и пустынно?! Скорее всего, это не так. Во всяком случае, мы можем с достаточным основанием предположить, что во Вселенной и в нашей Галактике существуют, помимо нас, другие разумные существа. Следовательно, возникает вопрос — нельзя ли каким-нибудь образом связаться с ними?



Рис. 34.1 Радиотелескоп РТФ-32 в обсерватории «Зеленчукская», ИПА РАН

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Radiotelescope_RTf32_Zelenchuk.jpg?uselang=ru]

Такой вопрос возник сразу после того, как утвердились идеи Бруно о множественности обитаемых миров. Тогда же появились и первые (фантастические) проекты достижения других планет — с помощью птиц, воздушных шаров и пушечных ядер. Эти наивные проекты, которые вызывают лишь улыбку у современного человека, происходили от огромного энтузиазма при недостатке научных знаний.

Когда были открыты радиоволны, и радио-



Рис. 34.2. Радиотелескоп РАТАН-600
[<http://www.arkhiz.com/ru/geography.htm>]

связь стала достоянием человеческой цивилизации, возникла мысль об использовании радиоволн для связи с обитателями иных миров. К тому времени ученые поняли, что в Солнечной системе цивилизаций, подобных нашей, не существует. Речь могла идти о поисках разума около других звезд. Уже к середине XX века появились крупные радиотелескопы и высокочувствительная приемная аппаратура, позволяющие зарегистрировать сигналы из космоса, посланные с огромных расстояний (рис. 34.1, 34.2). В это время возникает мощный раздел астрономии – радиоастрономия, которая быстро накопила богатый опыт обнаружения и анализа источников космического радиоизлучения.

Каковы же сейчас основные пути поиска внеземных цивилизаций? Они включают поиск *астроинженерной деятельности* (т.е. поиск гигантских сооружений, которые высокоразвитые внеземные цивилизации могли возвести на своих планетах), контакты по каналам связи, и так называемый активный поиск.

Что касается каналов связи, то в настоящее время практически используются один канал – электромагнитные волны. Этот канал включает поиск сигналов в оптическом, инфракрасном, рентгеновском и радио-диапазонах. При этом поиск радиосигналов стал играть ведущую роль. В данном случае намечены два пути. Во-

первых, попытки перехватить сигналы, которые предназначены для внутренних нужд цивилизаций (так называемое «подслушивание»). Во-вторых, поиск сигналов с помощью радиотелескопов для общих исследований небесных объектов (рис. 34.3).

Распространение сигнала с максимально возможной во Вселенной скоростью (скорость света) является очевидным преимуществом такого типа связи. Однако сильные помехи, возникающие из-за огромных расстояний и космических излучений, а также маленькая мощность принимаемого сигнала — главные недостатки такого метода исследований. Сам Космос как бы подсказал человеку, что передача сигнала должна идти на длине волны излучения свободного водорода (21 см). Потери энергии сигнала в этом случае будут минимальны, значит, вероятность приема сигнала внеземной цивилизацией будет значительно выше, нежели при использовании другой выбранной волны.

Вместе с тем, мы понимаем, что если все цивилизации будут только слушать, то контакт никогда не состоится. Поэтому важно не только слушать, но и самим посылать сигналы. Такой поиск называется *активным*. Первое радиопослание внеземным цивилизациям было отправлено 19 ноября 1962 года из Центра дальней кос-



Рис. 34.3. Обсерватория Аресибо (самый большой в мире радиотелескоп)
[<http://grandstroy.blogspot.ru/2012/01/arecibo-observatory.html>]

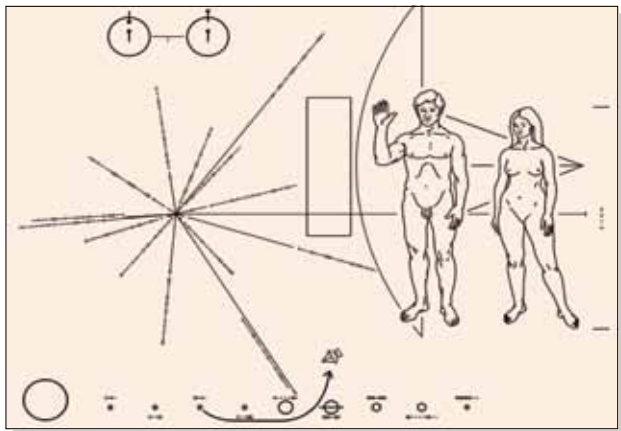


Рис. 34.4. Изображение на информационной пластине межпланетного зонда «Пионер-10» [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pioneer_plaque.svg?uselang=ru]

мической связи СССР в Евпатории. Это было радиотелеграфное сообщение, состоящее из трех слов, закодированных азбукой Морзе по-русски: «Мир, Ленин, СССР». Оно не предназначалось какому-то одному определенному космическому адресату, это было безадресное послание, тому, кто примет первый возглас радиоцивилизации планеты Земля.

Помимо радиопосланий, были отправлены послания с помощью космических кораблей «Пионер» и «Вояджер». «Пионер-10» был запущен в США в 1972 году для исследования внешних планет Солнечной системы. В 1979 году он пересек орбиту Урана и сейчас находится где-то у границ Солнечной системы. Ему потребуется 100 тыс. лет, чтобы пройти путь, равный расстоянию до ближайшей звезды Альфа Кентавра. Блуждая в межзвездном пространстве, корабль, может быть, когда-нибудь попадет в зону обитания иной цивилизации. Имея в виду этот шанс, корабль снабдили посланием с Земли. Оно представляет собой укрепленную на борту позолоченную пластинку с выгравированным на ней рисунком. Если инопланетяне расшифруют его, они узнают, когда и откуда был отправлен корабль, и получают некоторые сведения о Солнечной системе и о человечестве (рис. 34.4).

Вопросы для самопроверки

1. Кто из мыслителей первым сделал революционный шаг в понимании бесконечности Вселенной?

2. Какой термин широко употребим, кроме термина «внеземные цивилизации»?
3. Приведите примеры первых научных проектов по установлению связи с внеземными цивилизациями.
4. Перечислите основные пути поиска внеземных цивилизаций в настоящее время.
5. Как вы понимаете термин «астроинженерная деятельность»?
6. В чем заключается поиск внеземных цивилизаций по каналам связи?
7. Какой поиск внеземных цивилизаций называют активным?

Задания

1. Используя ресурсы ИНТЕРНЕТ, подготовьте доклад о проблеме поиска жизни во Вселенной.
2. Используя ресурсы ИНТЕРНЕТ, подготовьте доклад об *антропном принципе*.
3. Используя ресурсы ИНТЕРНЕТ, подготовьте доклад об органических молекулах в космосе.
4. Сделайте доклад об одной из древних обсерваторий, о наблюдениях, которые проводили в этой обсерватории.

§ 35. Процессы конвергенции (слияния) в науке и технологии XXI века

«Слияние (конвергенция) наук возникает из единства материального мира при рассмотрении на наноуровне и означает объединение знаний, которое может стать основой не только бурного технологического прогресса, но и развития общечеловеческих ценностей (включая философию, искусство и т.п.)»

**(Майкл К.Роко,
один из инициаторов развития нанотехнологии в США)**

В этом параграфе вы узнаете о тенденции современной науки и технологии к созданию междисциплинарных подходов, применимых как к естественным, так и к гуманитарным наукам.

Высокие инновационные технологии в XXI веке называют глобальными, подразумевая под этим не столько их географическую распространенность, сколько разнообразное влияние на весь социум, экономику, культуру, искусство, религию, на всю биосферу Земли. Причиной такой глобальности, в частности, являются процессы слияния (конвергенции), все больше проявляющиеся между различными областями техники и науки.

В античные времена не было разделения науки, она была едина. Усложнение научных теорий и представлений, совершенствование и усложнение экспериментальных методов неизбежно привели к все большему дроблению разделов науки. Появилась физическая химия и химическая физика, биохимия и биофизика, астробиология, математическая лингвистика и пр. Однако многообразие научных направлений вызвало, в конце концов, потребность в обратном процессе – процессе развития каких-то объединяющих принципов, общей методологии. Так появились *кибернетика* и *синергетика*.

И кибернетический, и синергетический подходы являются междисциплинарными. Современная *парадигма* развития науки – междисциплинарность.

Кибернетика возникла на стыке математики, физики, логики, физиологии, биологии, социологии. Ее существование было вызвано и поддерживается развитием электронной вычислительной техники.

Основоположник кибернетики Норберт Винер (рис. 34.1) определил ее как *науку об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в машинах, живых организмах и обществе*. При этом существенно наличие т.н. *обратной связи*: действие системы вызывает изменения в окружающей среде, а изменение в свою очередь влияет на систему, что приводит к изменению в поведении системы. В итоге система, будь это живой организм или завод, должна работать «оптимально».



Рис. 35.1. Создатель кибернетики Норберт Винер (1894 — 1964). В его честь назван кратер на обратной стороне Луны



Рис. 35.2. Герман Хакен
(род. в 1927 г.)

Термин «*синергетика*» был введен Германом Хакеном (рис. 34.2) и по-гречески означает «совместное действие».

Термин имеет два смысла. С одной стороны, синергетика — *теория возникновения новых свойств системы, состоящей из отдельных взаимодействующих объектов*. Другой смысл термина «синергетика» — *новый научный подход, требующий для оптимальной реализации сотрудничества специалистов из разных областей*.

Синергетический подход занял одно из центральных мест в *пост неклассической науке*. По мнению Н.Винера, синергетика — наследница кибернетики.

Физика, химия, биология от рассмотрения замкнутых, находящихся в равновесии систем (Земля, дерево, человек и др.) все больше переходит к созданию теоретических подходов к описанию тех же систем как открытых, взаимодействующих со средой за счет получения и отдачи энергии и вещества. Необратимость развития систем во времени («стрела времени» по знаменитому изречению астрофизика сэра Артура Эддингтона) становится важным элементом их описания.

С другой стороны, логика развития наук, как естественных, так и гуманитарных, все больше требует «синергетического» подхода к проблемам.

Существует огромное число работ, использующих методы синергетики, по моделированию цикличности экономических процессов; моделированию экологической системы «хищник — жертва — пища»; моделированию развития готического стиля в архитектуре и пр. и пр. Полагают, что в построении моста между естественнонаучной и гуманитарной культурой одно из первых мест принадлежит социологии, которая далеко продвинулась в применении математической статистики и синергетики, в том числе *теории катастроф* (параграф 28 учебника 10 класса). В социологии успешно рассматриваются математические модели отношений колонии и метрополии, тюремных бунтов, деятельности малой фир-

мы, гендерные отношения (вид общественных отношений, возникающих в процессе воспроизводства человеческого рода) и пр.

Особое внимание уделяется приложениям математических моделей синергетики к человеческому познанию, творчеству, образованию, к альтернативной истории (в прошлом) и прогнозированию будущего. Интуитивно мы все понимаем, что будущее человечества, конкретной страны, конкретной личности имеет альтернативы. В некоторые моменты времени особо остро стоит вопрос о «выборе пути». Это, так называемые, точки бифуркации (раздвоения), которые превращают наш путь по гигантскому ветвящемуся дереву возможностей в конкретную траекторию. Важен сознательный выбор этой траектории. Синергетика показывает, что кроме «свободы воли» при выборе пути важно наличие притяжения путей к некоторому объективному центру (аттрактору): «человек влечом будущим, строится из будущего». Один из ведущих ученых в области синергетики академик С.П.Курдюмов последовательно развивал идею *конструирования желаемого будущего*. Синергетические принципы – единственный метод эффективной управленческой деятельности, стратегического планирования будущего на всех уровнях, от личного до государственного.

После второй мировой войны стало бурно развиваться *futures studies* (исследование «будущих» во множественном числе). Задача – помочь людям создать «желаемое будущее». Однако это невозможно без трезвой переоценки настоящего, без революции в сознании, без отхода от общества бездумного потребления, необратимо истощающего нашу Землю.

Определившийся в последние годы *глобальный эволюционизм* развивает идеи синергетики применительно к непрерывной эволюции материи на разных уровнях ее структуры.

Идеи непрерывной эволюции привели к появлению *эволюционной этики, социофизике* и пр.

Нанотехнология также возникла как междисциплинарная область науки и техники и уже объединяется во многих случаях с *биотехнологией*: они исследуют наномир одинаковыми приборами, на основе единых теоретических подходов и методов. К ним уже присоединилась информатика, развитие которой послужило одной из причин нанотехнологической революции. В итоге в зарубежной и отечественной научной и популярной литературе появилась аббревиатура *NBI-технологии*.

В конце 90-х годов XX века одним из приоритетных научных и технических инновационных направлений науки и техники стали *когнитивные науки* и *технологии* (лат. *Cognitio* — познание), исследующие мышление и разум человека, их эволюцию. Полагают, что объединенные нано-био-информационные-когнитивные технологии, в которых нанотехнология является структурообразующей частью, определяют цивилизацию XXI века.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое кибернетика? Синергетика?
2. Докажите, что кибернетика, синергетика, нанотехнологии относятся к междисциплинарным наукам и технологиям.

Индивидуальные задания

с использованием материала учебника

Напишите эссе о бифуркациях в истории какой либо страны.

§ 36. Эволюция интеллекта и морали человека

«Любопытно созерцать густо заросший берег, покрытый многочисленными разнообразными растениями, с птицами, поющими в кустах, с порхающими вокруг насекомыми, с червями, ползающими в сырой земле, и думать, что все эти прекрасно построенные формы, столь различные одна от другой и так сложно зависящие друг от друга, были созданы благодаря законам, еще и теперь действующим вокруг нас».

(Чарльз Дарвин)

Материал этого параграфа заставит вас задуматься о возможных вариантах развития человека и человеческого общества в условиях новой инновационной цивилизации и о необходимости осознанного конструирования будущего

В течение тысячелетий человек живет не в естественных природных условиях, которые привели когда-то к появлению «двуно-

гой обезьяны», а в созданной им самим искусственной среде. Появление сельского хозяйства, письменности, организованного обучения потомства резко отделили человека от других животных. Дальнейшее развитие техники усугубляет этот разрыв. Даже сохранившиеся до сих пор первобытные племена строят жилища, владеют орудиями труда и оружием, используют огонь, имеют сложную социальную систему. Известная книга Гордона Чайлда так и называется — «Человек делает себя сам».

Поэтому дарвиновские законы эволюции применительно к человеку, казалось бы, перестали действовать. Достаточно вспомнить достижения современной медицины и перспективы нанобиотехнологий. Однако эволюция человека неизбежно продолжается, поскольку наследственные признаки по-прежнему закодированы в генах, только новые условия жизни диктуют новые условия отбора. С этой точки зрения «спасение» слабого организма методами современной медицины не слишком фатально влияют на нашу эволюцию — в конечном счете, наибольшие шансы на потомство и его численность по-прежнему имеют здоровые, привлекательные особи.

Однако современная наука пытается решить более «тонкие» проблемы в области когнитивных (познавательных) способностей человека, в системе его этических ценностей, связывая их с генетической эволюцией, единой для всех живых существ.

В последние десятилетия резко возросло число работ в области когнитивных наук. Отдельный интерес представляет проблема т.н. *искусственного интеллекта (ИИ)*.

Сразу после начала информационной революции, в условиях все нарастающей мощности компьютеров, возникла идея создания суперкомпьютера, моделирующего человеческий мозг. Однако в последующем стало ясно, что самый совершенный компьютер — всего лишь огромный арифмометр. Он может обыграть чемпиона мира в шахматы за счет своего быстродействия, но практически не может доказать ни одной математической теоремы. Компьютерное моделирование мышления пока исключает такие явления (весьма существенные для человеческого интеллекта), как «озарение», творчество. Эти явления не сводятся к «вычислительным операциям». Возможно, что продвижение на пути познания этих явлений будет связано с переходом к компьютерам с принципиально другим типом памяти и системой вычислений (квантовые компьютеры, клеточные автоматы, биологические компьютеры)

Пришлось вернуться к основной проблеме – что такое *интеллект*. В настоящее время общепринятого строго определения этого термина нет, как нет строго определения, что такое жизнь. Очевидно, что физической основой интеллекта является деятельность мозга, механизмы которой мы понимаем все в больших подробностях. Но на данном этапе развития науки это все еще проблема – одна из важнейших и интереснейших для самих обладателей интеллекта.

Эволюционная кибернетика рассматривает эволюцию биологических систем обработки информации и кибернетических свойств живых организмов, пытается выяснить, как в процессе эволюции познавательных способностей животных возник интеллект человека.

Знаменитый философ Иммануил Кант утверждал, что те логические методы и приемы, которые использует человек в познании природы, существуют априорно, до всякого опыта («система чистого разума»). Но во времена Канта еще не было дарвиновского учения, и оставалась непонятна природа этой априорности. Позже стало ясно, что интеллект человека не был «априорен», а сформировался в процессе эволюции. Конрад Лоренц в своей работе «Кантовская доктрина априорного в свете современной биологии» писал: «Наши категории и формы восприятия, данные до индивидуального опыта, адаптированы к внешнему миру точно по той же причине, по какой копыто лошади адаптировано к почве степи и плавник рыбы адаптирован к воде до того, как рыба вылупится из икринки».

Эволюционная кибернетика разрабатывает задачи построения математических и компьютерных моделей такой когнитивной эволюции.

Развитие био- и нанотехнологий и особенно конвергенция NBIC-технологий стало рассматриваться многими специалистами как возможность радикального изменения физиологии человека, в том числе деятельности его мозга. Присоединение к мозгу устройств, увеличивающих объем памяти, или использование различных препаратов, стимулирующих умственную деятельность, окажется важным для повседневной деятельности человека и борьбы с такими болезнями, как болезнь Альцгеймера. Однако надо понимать, что при вмешательстве в мозговую деятельность человека могут произойти принципиальные изменения в социуме, культуре, морали.

Так же, как интеллект, мораль человека развивалась не только под влиянием социальных условий, но и за счет некоторых общих биологических законов. Их изучает *эволюционная этика*.

Например, в эволюционной этике разрабатывается теория о роли альтруизма и кооперации в сохранении конкретного вида (в том числе современного человека) и связи этих качеств с межгрупповыми и внутригрупповыми «войнами», требующими агрессивности. Ситуация при этом рассматривается с точки зрения естественного отбора и популяционной генетики. Специалисты утверждают, что способность к альтруистическому поведению в основном «заложена» в наших генах, т.к. кооперация была необходима нашим предкам для выживания еще до того, как они овладели речью. Теория подкреплена компьютерными экспериментами, экспериментами и наблюдениями над различными объектами – от бактерий до человека. Авторы теории основываются на «вечных» вероятностных законах генетики, но, обсуждая баланс альтруизма и агрессивности применительно к человеку, призывают к победе разума над инстинктами.

О проблемах будущего развития человечества писали В.И.Вернадский, Тейяр де Шарден, многие известные ученые мира. Развитие современных высоких технологий и их конвергенция приводит к тому, что острее, чем когда либо, стоит проблема осознанного выбора пути развития человечества. Вспомните, что один из ведущих ученых в области синергетики академик С.П.Курдюмов последовательно развивал идею *конструирования желаемого будущего*.

Вопросы для самопроверки

1. Почему эволюция человека продолжается в наши дни?
2. Какие свойства человека рассматривает эволюционная этика?
3. Как возник интеллект человека?

Индивидуальные задания с использованием материала учебника

Напишите эссе о возможностях улучшения деятельности человеческого мозга за счет современных технологий и отражении этих возможностей в современном искусстве.



Задания

Количество предлагаемых ниже заданий, распределенных по главам, и их характер определяются учителем. Задания, в отличие от приведенных непосредственно после текстов параграфов, требуют больших затрат времени ученика и консультаций со стороны учителя.

ГЛАВА 1. Эволюция человека

Доклады (презентации, постеры, рефераты), использующие ресурсы ИНТЕРНЕТ:

С помощью ресурсов ИНТЕРНЕТ (<http://www.wikipedia.ru>, <http://www.macroevolution.narod.ru> и др.) подготовьте постер об открытии и изучении костей ардипитека Арди и австралопитека Люси.

2. Подберите с помощью ресурсов ИНТЕРНЕТ (<http://www.macroevolution.narod.ru>, <http://www.dic.academic.ru>, <http://www.elementy.ru>, и др.) материал об орудийной деятельности животных, подготовьте доклад с презентацией на эту тему.

3. Подберите с помощью ресурсов ИНТЕРНЕТ (<http://www.krugosvet.ru/>) материал о различных типах биокоммуникации животных, подготовьте доклад с презентацией на эту тему.

4. С помощью ресурсов ИНТЕРНЕТ (<http://www.macroevolution.narod.ru/>, <http://www.elementy.ru/>) подготовьте выступление о научной несостоятельности социального дарвинизма и расизма.

5. С помощью ресурсов ИНТЕРНЕТ (<http://www.macroevolution.narod.ru/>, <http://www.elementy.ru/>), выясните, возможно ли формирование у человека экологических адаптаций связать с расовыми признаками. Какие адаптивные типы людей встречаются среди разных рас? Подготовьте реферат.

Темы для организации дискуссии (форма проведения дискуссий та же, что в 10 классе):

1. Возможны ли варианты альтернативного развития разума? Почему другие виды животных не приобрели в ходе эволюции интеллект, подобный человеческому?

Разделитесь на несколько небольших групп (по 3-4 человека) по принципу: группы-сторонники утверждения о возможности альтернативного варианта развития разума; группы-противники этого утверждения; группы-сторонники утверждения о возможности в дальнейшем процессе эволюции на Земле появления интеллекта у какого либо вида животных и, соответственно, противники этого утверждения. Обсудите в течение 5 минут в каждой группе аргументы в защиту своей позиции и критические доводы по отношению к позиции других групп. После этого сформулируйте свои аргументы всему классу, выслушайте критические доводы других групп и постарайтесь на них ответить.

(Рекомендуется использовать сайт <http://ethology.ru/library/?id=355>, книги: Александр Марков, эволюция человека. В 2 кн. Кн.1 Обезьяны, кости и гены, М., АСТ: CORPUS, 2013, 464 с. Кн.2 . Обезьяны, нейроны и душа, М., АСТ: CORPUS, 2013, 512 с.; Александр Марков, Елена Наймарк, Эволюция. Классические идеи в свете новых открытий, М.: АСТ: CORPUS, 2014, 656 с.; А.Гангнус, Эволюция для всех или Путь кентавра, М.: ЗАО «Издательский дом Гелиос», 2001, 319 с.)

По этому же принципу проведите дискуссии по следующим темам:

Какие задачи стоят перед учеными-нейробиологами? Для подготовки дискуссии используйте материал о методах изучения работы головного мозга человека (ИНТЕРНЕТ-сайты <http://www.krugosvet.ru/wikipedia.ru/> , <http://www.krugosvet.ru/sucharev.lib.ru/> и др.).

Можно ли решить проблемы алкоголизма и насилия с помощью генетики? Сейчас в прессе нередко сенсационные заявления о том, что нашли «ген алкоголизма» или «ген склонности к насилию». Предполагается, что вскоре мы научимся блокировать или уничтожать подобные гены, решив, таким образом, проблемы. В чем явная опасность таких громких заявлений? Незнание каких свойств генов приводят к таким скоропалительным выводам?

Работы по выбору с усложненной тематикой, требующие самостоятельной работы с литературой:

1. С помощью ресурсов ИНТЕРНЕТ (<http://www.wikipedia.ru/>, <http://www.internist.ru/> и др.) и биографической литературы подготовьте доклады (стенды) о жизни и научной деятельности К.Линнея, Ж.Б. Ламарка, Ч.Дарвина, Ф.Энгельса. Коллективное задание.
2. С помощью ресурсов ИНТЕРНЕТ (<http://www.wikipedia.ru/>, <http://www.internist.ru/> и др.) и биографической литературы подготовьте доклады (стенды) о жизни и научной деятельности И.М.Сеченова и И.П.Павлова. Коллективное задание.

Практическая работа:

Уровнем интеллекта человека называют уровень развития его интеллектуальных способностей относительно возраста. Используя ИНТЕРНЕТ-сайт <http://www.macroevolution.narod.ru/>, найдите соответствующие вашему возрасту тесты для определения коэффициента

интеллекта (IQ). Определите величину собственного коэффициента интеллекта по следующей формуле:

$$IQ = (\text{умственный возраст} / \text{хронологический возраст}) \times 100 \%$$

Предположите, как можно повысить IQ.

Лабораторные работы:

Лабораторная работа 1

«Строение и рефлекторная функция головного мозга человека»

Цель работы: выявить особенности строения головного мозга человека и на примере мигательного рефлекса ознакомиться с проявлением его рефлекторной функции.

Объекты и оборудование: разборные модели «Головной мозг человека», карандаш.

Ход работы

1. Разберите модель головного мозга человека на две половины. Найдите на одной из них следующие отделы мозга: продолговатый мозг, задний мозг (мост и мозжечок), средний мозг, промежуточный мозг, конечный мозг (мозолистое тело и большое полушарие).
2. Какие отделы головного мозга имеют складчатую поверхность? Чем образована складчатость? Какое значение имеет эта складчатость?
3. Установите по разборной модели, как располагается в головном мозге человека белое и серое вещество? Вспомните, чем образовано серое вещество, а чем — белое вещество нервной ткани.
4. Найдите на разборной модели борозды и извилины, а также затылочную, теменные, височные и лобные доли больших полушарий. Определите примерное местоположение и границы долей больших полушарий головного мозга на себе.
5. Найдите на разборной модели локализацию зон коры больших полушарий. О чем говорят названия этих зон?
6. Ознакомьтесь с проявлением рефлекторной функции головного мозга человека (работа выполняется в парах). Для этого прикоснитесь к углу глаза испытуемого со стороны носа тупым концом карандаша. Наблюдайте за проявлением мигательного рефлекса. Выясните, проявляется ли мигательный рефлекс, если прикоснуться карандашом к наружному углу глаза со стороны щеки. Какой вывод можно сделать о расположении рецепторов мигательного рефлекса?
7. Пронаблюдайте за торможением мигательного рефлекса. Для этого

многократно прикасайтесь тупым концом карандаша к внутреннему углу глаза, не задевая ресниц. Через ряд повторений моргание прекращается. Благодаря каким нейронам рефлекторной дуги происходит торможение мигательного рефлекса? Каково значение процессов торможения и возбуждения, происходящих в нервной системе.

8. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.

Функции коры больших полушарий головного мозга человека

Доля коры больших полушарий	Выполняемые функции

Лабораторная работа 2

«Определение профиля функциональной асимметрии»

Цель работы: определить собственный профиль функциональной асимметрии больших полушарий головного мозга.

Объекты и оборудование: карандаш, листы плотной бумаги, стул.

Ход работы

1. Определите ведущий глаз. Для этого возьмите карандаш. «Прицельтесь», выбрав мишень и глядя на нее двумя глазами через кончик карандаша. Зажмурьте один глаз, затем другой. Если мишень сильно смещается при зажмуренном левом глазе, то левый глаз — ведущий, и наоборот. Повторите функциональную пробу 3 раза. Совпадают ли полученные результаты?
2. Определите ведущий палец руки. Для этого сложите пальцы обеих рук в положение «замок». Большой палец какой руки у вас оказался сверху? Если сверху находится палец правой руки, то говорят о правом переплетении пальцев (ведущий палец), и наоборот. Повторите функциональную пробу 3 раза. Совпадают ли полученные результаты?
3. Определите ведущую руку. Для этого сложите руки на груди в «позе Наполеона». Предплечье какой руки находится сверху? За правый тип переплетения предплечий принимают такое положение, когда сверху находится предплечье правой руки. Повторите функциональную пробу 3 раза. Совпадают ли полученные результаты?
4. Определите ведущую ногу. Для этого сядьте на стул и положите ногу на ногу. Какая нога оказалась сверху? Если правая, то правое переплетение ног (ведущая нога правая), и наоборот. Повторите функциональную пробу 3 раза. Совпадают ли полученные результаты?
5. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.

Тип профиля функциональной асимметрии

Основные типы профиля	Ведущий глаз	Ведущий палец	Ведущая рука	Ведущая нога
Правый (ПППП)				
Симметричный (ПП + ЛП)				
Левый (ЛЛЛЛ)				

6. Сделайте вывод о значении функциональной асимметрии больших полушарий головного мозга для человека. В каком случае можно сделать вывод о симметричности больших полушарий?

Лабораторная работа 3 «Исследование памяти»

Цель работы: определить объем и точность различных видов памяти.

Объекты и оборудование: два листа плотной белой бумаги с изображениями 10 произвольных фигур, часы, лист плотной бумаги, лист бумаги с текстом из 25 не связанных между собой слов, лист бумаги с цифрами: 2,1,8,5,3,6,8,3,7,1, буквами: р,а,г,я,к,м,ф,ж,ю,п, словами: улица, небо, пенал, стол, учитель, пломба, ботинок, стенд, мама, ложка; лист бумаги с 10 логически связанными словами, например: улица, дом, лестница, дверь, квартира, кухня, мама, стол, тарелка, суп.

Ход работы

1. Определите объем и точность вашей зрительной памяти. Для этого в течение 30 секунд постарайтесь запомнить, а затем воспроизведите по памяти десять произвольных фигур, изображенных на листе бумаги. Проверьте правильность запоминания. Число запомнившихся фигур будет характеризовать объем (в процентах), а число фигур, которые вы запомнили в нужном порядке, скажет о точности вашей зрительной памяти.
2. Закрыв бумагой, изображенные фигуры, узнайте на другом листе бумаги фигуры, которые были изображены на первом рисунке. Число правильно названных фигур укажет на прочность вашей памяти, связанной с длительностью сохранения информации.
3. Прочитайте внимательно в течение 1 мин текст из 25 несвязанных между собой слов. За последующие 5 мин запишите в любом порядке все слова, которые вам удалось запомнить. Подсчитайте число написанных слов, оценив каждое слово в 1 балл. По сумме баллов определите по таблице, к какой категории относится объем вашей кратковременной памяти.

Объем кратковременной памяти

Число баллов	Характеристика памяти
6 и менее	Объем памяти крайне низкий. Посоветуйтесь с врачом
7–12	Объем памяти ниже среднего. Необходима тренировка памяти
13–17	Объем памяти хороший. Однако память можно улучшить
18–21	Объем памяти отличный. Вы умеете сосредотачиваться
Свыше 22	Ваша память феноменальна. Вам можно позавидовать

4. Возьмите лист бумаги с цифрами, буквами и словами. Запомните текст. Запишите по порядку все цифры, буквы и слова, которые вам удалось запомнить. Возьмите лист бумаги с 10 логически связанными словами. Постарайтесь их запомнить и воспроизвести в предложенном порядке. Результаты работы оформите в виде таблицы.

Объем и точность механической и логической памяти

Объем памяти				Точность памяти			
логическая	механической			логическая	механической		
	цифры	буквы	слова		цифры	буквы	слова

5. Оцените полученные результаты. Крайне низкая память позволяет запомнить только три цифры, буквы и слова; средняя — 7 единиц информации; отличная память — все 10 единиц.

ГЛАВА 2. Развитие науки, техники и технологии

Доклады с презентацией, использующие ресурсы ИНТЕРНЕТ:

1. **Подготовьте доклады о достижениях нанотехнологий, в том числе нанозлектроники, в медицине.** При подготовке можете воспользоваться материалами сайтов <http://www.nanonewsnet.ru>, <http://www.panometer.ru>, <http://www.nanonewsnet.com> (англ.), <http://www.microsystems.ru>, книгами: Нанотехнология. Азбука для всех / под ред. Ю. Третьякова, М.: Физматлит, 2008. 368 с.; У. Хартманн. Очарование нанотехнологии. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 173 с.; И.В.Разумовская. Нанотехнология: учебное пособие. 11 класс, элективный курс. М.: ДРОФА, 2009. 222 с.; Эхуд Газит. Нанобиотехнология: необъятные перспективы развития (серия: «Фундаментальные основы нанотехнологий: лучшие зарубежные учебники»), М.: ISBN, 2011, 156 с.

2. Подготовьте доклад с презентацией по теме **«Космический лифт и роман Артура Кларка «Фонтаны рая»**. При подготовке можете воспользоваться материалами сайтов <http://www.nanonewsnet.ru>, <http://www.nanometer.ru>, <http://www.nanonewsnet.com> (англ.), <http://www.microsystems.ru>, сайтами, посвященными роману А.Кларка, книгами: Нанотехнология. Азбука для всех / под ред. Ю. Третьякова, М.: Физматлит, 2008. 368 с.; И.В.Разумовская. Нанотехнология: учебное пособие. 11 класс, элективный курс. М.: ДРОФА, 2009. 222 с.; Митио Каку, «Физика будущего», 2-ое изд, М.: Альпина нон-фикшн, 2013, 584 с.
3. Подготовьте доклады о практических аспектах использования метода культуры клеток для получения ценного растительного сырья. При подготовке можете воспользоваться материалами сайта <http://www.biotechnolog.ru>
4. Подготовьте эссе на тему применения антител, полученных из одного клона, используя ресурсы ИНТЕРНЕТ. При подготовке можете воспользоваться материалами сайтов <http://www.eurolab.ua/encyclopedia/immunology-and-allergy/47782/> http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9801_016.pdf
5. Подготовьте эссе о применении генной инженерии в лечении наследственных болезней человека. При подготовке можете воспользоваться материалами сайта <http://humbio.ru/>
6. Подготовьте доклады о первых космонавтах. Воспользуйтесь ИНТЕРНЕТ-сайтами по космонавтике и книгой: Ларин М.Ю., Шалункина С.В. Космонавтика России. — М., 2010. — 480 с.

Темы для организации дискуссии

1. «За» и «Против» клонирования животных
2. Зачем человечество осваивает космос. История и современные глобальные проекты освоения космоса

Практическая работа

Познакомиться со знаменитым клеточным автоматом «Игра в жизнь», созданным английским математиком Джоном Конвеем и имитирующим биологическую эволюцию. Использовать сайты Википедии и <http://www.famlife.narod.ru/download.htm/>, ; <http://inf.1september.ru/1999/art/life.htm>.

Лабораторные работы

**Доклады и задания (проекты) по выбору
с усложненной тематикой,
требующие самостоятельной работы с литературой:**

1. Напишите эссе (по выбору) о применении методов биотехнологии в одной из областей: промышленности, экологии, энергетике, сельском хозяйстве. Воспользуйтесь материалами ИТЕРНЕТ-сайтов <http://www.biotechnolog.ru/> и <http://proiz-teh.ru/biotechnologija.html>. Коллективное задание.
2. Подготовьте доклады об успешном применении методов генной инженерии в практических целях. При подготовке можете воспользоваться материалами сайта <http://www.biotechnolog.ru>. Коллективное задание.
3. Подготовьте доклад «Материалы и наноматериалы как основа техники, архитектуры и изобразительного искусства своего времени». Используйте книгу Нанотехнология. Азбука для всех / под ред. Ю. Третьякова, М.: Физматлит, 2008. 368 с. Коллективное задание.
4. Подготовьте доклад «Перспективы нанотехнологий и разработки РОСНАНО в этой области». Используйте ИТЕРНЕТ-сайт РОСНАНО, книгу Ч.Пул, Ф.Оуэнс, Нанотехнологии (2-е изд.), М., Техносфера, 2005 г., 327 с. (есть в ИТЕРНЕТ). Коллективное задание.
5. Подготовьте доклад «Перспективы и опасности нанотехнологий». Коллективное задание. Используйте книги: Ч.Пул, Ф.Оуэнс, Нанотехнологии (2-е изд.), М., Техносфера, 2005 г., 327 с. (есть в ИТЕРНЕТ); И.В.Разумовская. Нанотехнология: учебное пособие. 11 класс, элективный курс. М.: ДРОФА, 2009. 222 с.
6. Подготовьте доклад «Применение технических разработок для космоса в нашем быту». (Можно использовать сайт <http://www.nasa.gov/externalflash/nasacity/index2.htm>.)
7. Паутина, которую плетут пауки один из самых прочных и легких материалов. Но как ее получать? Ученые давно уже думают над возможностью ее применения, например, для бронезилетов. Предложите свой способ получения паутины в производственных масштабах.
8. Известна игрушка-прилипала «Спайдермен». Подумайте, как проще ее сбить с потолка? Какие физические эффекты при этом надо учесть?
9. Предложите свой вариант практического применения генной инженерии. Помните, что необходим четкий контроль и экспертиза нового «продукта». Какие этапы проверки будете проводить вы для своего варианта, чтобы выявить его эффективность и безвредность?
10. Космический корабль должен защищать экипаж от экстремального

воздействия космоса. В чем проявляется это воздействие (т.н. ФКП — факторы космического пространства)? Какие меры защиты должны быть предусмотрены инженерами-конструкторами?

11. Напишите, что на ваш взгляд препятствовало созданию паровоза во времена Ивана Грозного. И что бы вам понадобилось для его создания. Ответ обоснуйте.

ГЛАВА 3. Глобальные экологические проблемы

Доклады и проекты с презентацией, использующие ресурсы ИНТЕРНЕТ и дополнительную литературу:

1. Как вы думаете, почему в крупных городах главные автомобильные магистрали необходимо проектировать параллельно, а не поперек направлению основных ветров? Рассмотрите карту крупного города и, используя ресурсы Росгидромет (<http://www.meteorf.ru/>) по направлению основных ветров в районе этого города, попытайтесь предположить наиболее загрязненные приземные воздушные слои, обусловленные работой транспорта. Спроектируйте продолжение основных улиц города при его предполагаемом расширении, так чтобы уменьшить загазованность приземных слоев.

2. Рассмотрите таблицу. Предложите самые неотложные природоохранные меры по уменьшению загрязнения атмосферы г. Москвы.

Вклад разных предприятий в загрязнение атмосферы г. Москвы.

Наименование отрасли	Доля от общего загрязнения (в %)
Автотранспорт	77
Мосэнерго	13
Химическая и нефтяная промышленность	3,5
Строительная индустрия	1,1
Другая промышленность	0,6
Прочие	4,8

Темы для организации конференций и дискуссий

1. Особенности охраны реликтов, эндемиков и тех видов, численность которых резко сократилась под действием антропогенных факторов среды.

2. Экологические проблемы нашего города (поселка, района) и пути их решения.

Лабораторные работы:

- 1. Экологический анализ атмосферы**
- 2. Экологический анализ водной среды**
- 3. Экологический анализ осадков**
- 4. Экологический анализ почвы.**

Работы по выбору с усложненной тематикой, требующие самостоятельной работы с литературой:

1. Весной, как только сойдет снег, обычным явлением становятся, костры, в которых наряду с мусором сжигают прошлогодние побуревшие листья растений. Часто сжиганию подвергается и сухая трава. Считается, что при этом быстрее будет расти новая, зеленая. Согласны ли вы с такими действиями? Ответ обоснуйте в виде реферата.
2. Предложите план мероприятий по спасению одного конкретного вида животного.

ГЛАВА 4. Эволюция продолжается

Темы для организации конференций и дискуссий:

- 1. Проблема создания искусственного интеллекта.** Сможет ли увеличение быстродействия компьютера решить проблему искусственного интеллекта? (Используйте частично материал книг: Роджер Пенроуз, Новый ум короля, М.: УРСС, 2005, 398 с., есть в ИНТЕРНЕТ; В.Г.Редько, Эволюция, нейронные сети, интеллект: Модели и концепции эволюционной кибернетики, М.: Комкнига, изд. 5-ое, 2007, 224 с., Митио Каку, «Физика будущего», 2-ое изд, М.: Альпина нон-фикшн, 2013, 584 с.)
- 2. Действует ли естественный отбор на современного человека?** (Рекомендуется использовать сайт <http://ethology.ru/library/?id=355>), книги: Александр Марков, эволюция человека. В 2 кн. Кн.1 Обезьяны, кости и гены, М., АСТ: CORPUS, 2013, 464 с. Кн.2 . Обезьяны, нейроны и душа, М., АСТ: CORPUS, 2013, 512 с.; Александр Марков, Елена Наймарк, Эволюция. Классические идеи в свете новых открытий, М.: АСТ:

CORPUS, 2014, 656 с.; А.Гангнус, Эволюция для всех или Путь кентавра, М.: ЗАО «Издательский дом Гелиос», 2001, 319 с.)

3. План контакта с внеземной цивилизацией. Вы — ученый, который занимается установкой контакта с представителями внеземных цивилизаций. Необходимо быть подготовленным. Если контакт все-таки состоится, сформулируйте, что необходимо сделать, какую информацию получить.

Оглавление

Глава 1. Эволюция человека	3
§ 1. Гипотезы и теории происхождения человека	4
§ 2. Сходство и отличие человека и животных.....	9
§ 3. Биологические и социальные факторы антропогенеза	16
§ 4. Основные стадии эволюции человека	20
§ 5. Расы и расогенез	28
§ 6. Экологические адаптации человека*	32
§ 7. Высшая нервная деятельность животных и человека	36
§ 8. Механизмы работы головного мозга человека.....	41
§ 9. Интеллект человека	47
§ 10. Гены и хромосомы	49
§ 11. Реализация генетической информации. Реакции матричного синтеза.....	53
§ 12. Синтез белка. Реализация наследственной информации	57
§ 13. Наследственность человека	62
§ 14. Методы изучения генетики человека	65
§ 15. Наследственная изменчивость. Мутации у человека	72
§ 16. Наследственные заболевания человека*	76
Глава 2. Развитие науки, техники и технологий	82
§ 17. Взаимосвязь науки и техники (технологии)	83
§ 18. Развитие техники.....	87
§ 19. Нанотехнологии — третья научно-техническая революция.....	93
§ 20. Современные материалы и наноматериалы	100
§ 21. Нанотехнологии и медицина	109
§ 22. Биотехнология как отрасль производства	114
§ 23. Микробиологическая технология	117
§ 24. Клеточная технология и инженерия	122
§ 25. Хромосомная и геновая инженерия*	127
§ 26. Биоэтика*	133
§ 27. Освоение человеком Космоса	135
Глава 3. Глобальные экологические проблемы	142

§ 28. Загрязнение воздушной среды. Охрана и очистка воздуха	143
§ 29. Загрязнение водной среды. Охрана и очистка вод	147
§ 30. Разрушение почвы и изменение климата. Охрана почв и защита климата	152
§ 31. Воздействие человека на растительный и животный мир	156
§ 32. Охрана растительного и животного мира*	161
Глава 4. Эволюция продолжается	170
§ 33. Будущее Вселенной и Солнца.....	171
§ 34. Проблема поиска внеземных цивилизаций*	174
§ 35. Процессы конвергенции (слияния) в науке и технологии XXI века	180
§ 36. Эволюция интеллекта и морали человека	184
Задания	188

*Пурышева Наталья Сергеевна
Разумовская Ирина Васильевна
Пятунина Светлана Камильевна и др.*

Естествознание

Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений

Оригинал-макет и верстка – Л. Орешкина
Дизайн обложки – С. Бедин

ООО «Национальный книжный центр»
143003, Московская область, г. Одинцово, ул. Северная, д. 62 «А»
www.nbcmedia.ru, nbcmedia@mail.ru

Объем 12,75 п.л. Гарнитура NewBaskervilleС
Формат 60х90/16. Тираж 100 экз. Заказ № 187

