

Г. А. Ягодин, Е. Е. Пуртова

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

человек и биосфера



УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



ИЗДАТЕЛЬСТВО

БИНОМ

Г. А. Ягодин, Е. Е. Пуртова

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

человек и биосфера

Учебное пособие

Допущено

Учебно-методическим объединением
по классическому университетскому образованию РФ
в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению 022000
«Экология и природопользование»

Электронное издание



Москва
БИНОМ. Лаборатория знаний
2013

УДК 574
ББК 20.18
Я30

Ягодин Г. А.

Я30 Устойчивое развитие: человек и биосфера [Электронный ресурс] / Г. А. Ягодин, Е. Е. Пуртова. — Эл. изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 109 с. : ил.

ISBN 978-5-9963-2127-8

В книге рассматривается история возникновения планеты Земля и развития на ней жизни. Подробно освещены вопросы энергетического обеспечения жизни, строение биосферы, законы ее существования. Большая часть пособия посвящена рассмотрению конфликта человека с биосферой, особенно обострившегося в конце второго тысячелетия, и пути выхода из него, который заключается в переходе общества к устойчивому развитию.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 022000 «Экология и природопользование».

**УДК 574
ББК 20.18**

**По вопросам приобретения обращаться:
«БИНОМ. Лаборатория знаний»**

Телефон: (499) 157-5272

e-mail: binom@Lbz.ru, <http://www.Lbz.ru>

ISBN 978-5-9963-2127-8

**© БИНОМ. Лаборатория знаний,
2013**

ПРЕДИСЛОВИЕ

В июне 2012 г. в Рио-де-Жанейро прошел международный саммит по устойчивому развитию «Рио+20». Представители стран встретились, чтобы обсудить проблемы «зеленой» экономики, устойчивого развития и искоренения бедности. Итогом мероприятия стал документ под названием «Будущее, которое мы хотим». Данная декларация определяет принципы перехода к устойчивому, стабильному развитию, к социальному и экономическому прогрессу — при условии сохранения окружающей среды.

Многие решения, нанесящие огромный ущерб окружающей среде, содержат ошибки, являющиеся результатом сложившихся стереотипов поведения, по незнанию или недомыслию. Если человек знает, что его поведение может подорвать основы его собственного существования и существования других людей, в том числе его близких и его потомков, есть основания предполагать, что он изменит его. В равной степени это касается правительств и государств, поскольку необходимо действовать и в масштабах властных структур и государств.

Необходимо представлять биосферу как единую систему и знать, что любое, даже самое незначительное действие имеет свои последствия, что приводит к необходимости оценки возможных последствий заранее. Это относится не только к лицам, принимающим решения, руководителям и начальникам. Это ответственность любого человека за свои действия и за действия других людей, основанная на знаниях; ответственность и перед человечеством, и перед биосферой в целом. Этому нужно учить, и чем раньше, тем лучше. Восприятие мира как сложной системы должно закладываться с детства, быть результатом образования, полученного в течение многих лет.

В предлагаемом учебном пособии авторы обобщили материалы курса «Проблемы устойчивого развития», который они читают для студентов РХТУ имени Д. И. Менделеева и Международного университета в Москве с 1991 г.

Курс является междисциплинарным и включает в себя ряд разделов из различных областей: химии, физики, философии, этики, демографии, социологии, биологии, экологии, права, экономики и т. д. Цель курса — дать студенту целостное представление о мире, помочь приблизиться к пониманию окружающего человека мира и сложных взаимодействий в нем, осознать себя как часть в этом мире, дать представление о значении и последствиях антропогенного воздействия на окружающую среду, развить у студента системное мышление.

Авторы считают необходимым отметить особую роль и влияние на их работу Н. М. Черновой, недавно ушедшей из жизни. Многолетние беседы с Ниной Михайловной и ее лекции позволили нам лучше понять цивилизацию как часть биосферы. Авторы выражают искреннюю благодарность член-корреспонденту РАН Тарасовой Наталии Павловне за дружескую поддержку и ценные замечания и Смирновой Елене Валерьевне за неоценимый вклад в подготовку рукописи к печати.

ВВЕДЕНИЕ

Знания об устойчивом развитии человечества опираются в первую очередь на основные понятия и законы экологии. Термин «экология» введен Э. Геккелем в 1866 г. как часть биологической науки, описывающей взаимодействие организмов, связанных друг с другом и средой общего обитания. Этот термин происходит от греческих слов «ойкос» — дом и «логос» — наука. Длительное время экология развивалась в двух направлениях: применительно к месту обитания (экология болота, экология трухлявого пня и др.) или к объекту обитания (экология зайца-беляка, экология дрофы и т. п.).

По мере проникновения слова «экология» в массовое сознание людей оно превратилось в русском языке в характеристику качества окружающей среды в том или ином регионе: «плохая экология», «хорошая экология».

Интересно отметить, что во второй половине XX в. то же самое произошло со словом «технология». Изначально термин, означавший науку о производстве, был подменен понятием качества этого производства, а в других языках — техникой производства, способом производства и т. д.

По мере понимания роли живого вещества (совокупности всех живых организмов, по В. И. Вернадскому) в круговороте всех веществ в природе, в том числе при образовании залежей каменного угля, нефти и многих руд (сернистых, карбонатных, фосфатных и др.), сформировалось понятие биосферы. Биосфера — область существования живых организмов и (или) частично образованная из их останков, которая занимает определенные слои литосферы, гидросферы и атмосферы. Если представить планету Земля уменьшенной до размеров яблока, биосфера будет не толще его кожуры.

С развитием цивилизации человек превратился в мощную силу, преобразующую мир. Для удовлетворения своих потребностей растущее человечество использует существенно больше перемещений

пород земли, чем производят вулканы и все природные явления вместе взятые.

В результате изъятия из недр Земли огромного количества добываемого сырья нарушилась восполняемость природных веществ, обеспечиваемая их круговоротом. Это относится к пресной воде, плодородной почве, лесам и др. Кроме того, количество отработанной части сырья, т. е. отходов, превысило пределы ассимиляции их природной средой. Человеческая деятельность изменила природные циклы круговорота вещества, разомкнув многие из них, что привело к нарушению систем жизнеобеспечения на Земле. Результатом этого стало загрязнение окружающей среды, и в частности воздуха, и как следствие — развитие заболеваний органов дыхательной системы, ухудшение качества питьевой воды и пр.

По существу наша планета представляет собой космический корабль, перемещающийся с громадной скоростью по сложной траектории. Человек на этом корабле не столько капитан (он не может влиять непосредственно на курс корабля), сколько его команда. От целей и линии поведения этой команды зависит судьба не только человечества, но и самого ценного (созданного миллиардами лет эволюции) — жизни как совокупности всех живых организмов, живого вещества, существование которого доказано пока только на планете Земля.

БИОСФЕРА И ЧЕЛОВЕК

1.1. Солнечная система и планета Земля во Вселенной

К настоящему моменту мы, люди (*Homo sapiens*), знаем, что мир огромен. Мы знаем, что он возник как метagalaktika примерно 15 млрд лет назад. Большинство ученых полагают, что это произошло в результате «большого взрыва» вещества невообразимо высокой плотности, сосредоточенной в некотором минимальном объеме. Наиболее распространенным химическим элементом в метagalaktike, т. е. уже после взрыва, стал водород (77%), затем гелий (21%). На долю всех других элементов приходится только 2%.

Метagalaktika включает в себя звездные системы галактики. Их число огромно — несколько миллиардов. В свою очередь, в каждой галактике находится более 100 млрд звезд. Галактики не неподвижны, они движутся по сложным орбитам.

Галактики (по-гречески *galaktikos* — молочный, млечный) получили свое название из-за того, что наблюдатель с Земли видит нашу Галактику в виде Млечного Пути в пространстве. Одно из первых его описаний было дано Птолемеем Александрийским примерно в 150 г. н. э.: «Млечный Путь — это не круг, а зона, которая повсеместно бела, что и дало ей имя, которое она носит». Диаметр нашей Галактики составляет около 100 тыс. световых лет. Световой год — это расстояние, которое проходит световой поток в вакууме за один земной год. Галактика представляет собой спиральную структуру с плоским диском в центре, толщина которого составляет 12 тыс. световых лет. Масса Галактики равна $2,5 \cdot 10^{11}$ солнечных масс, в ее составе более 100 млрд звезд.

В Млечный Путь входит Солнечная система. Она включает в себя Солнце — звезду, масса которой в 109 раз больше массы Земли. От

Солнца до центра Галактики около 30 тыс. световых лет. Период обращения Солнца вокруг центра Галактики около 250 млн лет.

Солнечная система — это 8 планет, 40 тыс. астероидов, вращающихся по различным орбитам вокруг Солнца. Солнечная система образовалась много позднее метагалактики, всего 4,5–5 млрд лет назад. Расстояние от Солнца до самой далекой карликовой планеты Плутона около 6 млрд км. 99,86% всей массы Солнечной системы сосредоточено в самом Солнце. Солнце представляет собой раскаленный плазменный шар. Его температура на видимой поверхности колеблется между 5000 и 6000 °С, а температура ядра, где идут ядерные реакции и вырабатывается солнечная энергия, достигает 15 000 000 °С. По химическому составу Солнце состоит из 90% водорода, 10% гелия. В результате термоядерных реакций синтеза гелия из водорода Солнце уменьшается по массе со скоростью 10^{11} – 10^{12} г/с (10^6 т/с). Этот процесс носит название «дефект массы». Потеря составляет 10^{-14} – 10^{-15} массы Солнца в год. Таким образом, за 4,5 млрд лет существования Солнечной системы масса Солнца уменьшилась на $1 \cdot 10^{-4}\%$.

Земля — третья планета по удалению от Солнца. Для удобства принято считать массу Земли в Солнечной системе равной 1, а массы остальных небесных тел Солнечной системы рассчитывать по сравнению с ней. Средняя температура поверхности Земли — +12 °С, атмосферное давление — 1 атм, ускорение свободного падения на экваторе — 981 см/с², среднее расстояние до Солнца — 1 астрономическая единица (149,6 млн км), радиус — $6,96 \cdot 10^8$ м.

Поверхность Земли более чем на $\frac{2}{3}$ покрыта водой (70,8%), средняя высота суши — 875 м над уровнем моря, средняя глубина океана — 3800 м. Самое высокое место нашей планеты — гора Джомолунгма (Эверест), ее высота составляет 8848 м, самое глубокое место в океане — Марианская впадина глубиной 11 022 м.

В атмосфере Земли по объемному содержанию приблизительно 78% азота, 21% кислорода, а на оставшийся 1% приходятся углекислый газ, метан, инертные и иные газы. Этот состав земной атмосферы установился в процессе эволюции. Кислород появился в составе атмосферы 2–2,5 млрд лет назад в результате фотосинтеза, осуществляемого различными видами растительных организмов, имеющих в своем составе хлорофилл.

В центре Земли на глубине более 6000 км находится жесткое ядро, состоящее из железо-никелиевого сплава. Ученые полагают, что ядро покрыто оболочкой жидкого оксида железа Fe_2O толщиной около 1200 км. Затем следует переходный слой — мантия, простирающаяся

от 2900 до 900 км от поверхности Земли, земная кора, состоящая до 70 км от поверхности из базальтового слоя, до 40 км — из гранитного слоя и далее до 20 км — из осадочного слоя.

На сегодня известно, что Земля — единственная планета, где существует жизнь — крохотная песчинка в нашей Галактике, которая, в свою очередь, исключительно мала в метagalактике. Тем не менее именно на Земле существует биологический вид — человек, который оказался способным изучать ее строение и узнавать тайны Вселенной.

1.2. От возникновения первой формы жизни до появления человека

Возникновение жизни на Земле — одна из пока нераскрытых тайн прошлого. Само определение жизни, столь очевидное, не так просто, поскольку на наших глазах жизнь проявляется многогранно. Жизнь — это форма существования организмов, возможная только в открытых системах, подпитываемых энергией из внешнего источника. Живые организмы характеризуются тем, что они в состоянии постоянно (или хотя бы периодически) обмениваться друг с другом и средой своего обитания энергией, веществом и информацией. Все известные нам организмы построены на базе химических соединений, имеющих в своем составе углерод, кислород, водород, азот, фосфор и серу. Наследственная информация записана единым кодом ДНК в виде совокупности нуклеиновых кислот, расположенных в определенном порядке.

Одним из первых гипотезу о происхождении жизни из абиотической среды высказал русский географ А. И. Опарин (1894—1980). Первоначальная земная среда (4 млрд лет назад или более) была определенно враждебной для любой из существующих теперь форм жизни. Но она содержала атомы углерода, водорода, азота и кислорода в виде молекул воды, водорода, аммиака и метана. Ученые многократно пытались осуществить синтез живого вещества из этих компонентов под воздействием импульсов энергии различного происхождения: электрических разрядов, электромагнитного излучения и т. д. Неоднократно в ходе этих экспериментов были получены аминокислоты, служащие структурными элементами белков и ДНК — носителей наследственности, но синтезировать даже простейший организм — клетку — не удалось.

Полагают, что в первобытном океане примерно 3,5 млрд лет назад произошли соединения сложных органических веществ в новые

еще более сложные субстанции. У некоторых из них обнаружилось паразитное свойство — способность к воспроизведению своей структуры. Из окружавшего их «первичного бульона» они выбирали полезные для них вещества, тем самым поддерживая свою жизнедеятельность, в частности рост и размножение. Об этих первых организмах мы знаем очень мало. Они, несомненно, были микроскопических размеров, подобно вирусам, бактериям или грибам. Кислород для них был ядом. Необходимая им энергия получалась в процессе ферментации веществ, входящих в состав «первичного бульона». Процессы ферментации хорошо известны для грибов и бактерий. Ферменты представляют собой сложные органические вещества белковой природы, многократно ускоряющие процессы обмена веществ.

Спустя 500 млн лет произошло событие, обеспечившее развитие жизни, — возникновение хлорофилла. Стал возможен процесс фотосинтеза, при котором из углекислого газа (существующего в окружающей среде того периода благодаря происходившим процессам ферментации) и воды на свету образуются углеводы и кислород. Появился независимый от «первичного бульона» источник питания.

Первые 3 млрд лет существования жизни были исключительно бедны с точки зрения биоразнообразия. Оно было представлено главным образом одноклеточными бактериями и примитивными водорослями. Именно они определяли облик жизни на Земле. Этот период охватывает 85% всей истории существования жизни на Земле.

Почти все виды растений возникли в последние 400–600 млн лет, затем растительность начала бурно развиваться во всем ее многообразии. Появились первые животные. После выхода растений на сушу началось ее освоение. К новым условиям приспособились некоторые рыбы. Появились амфибии. Поразительна эволюционная изменчивость всех форм жизни, все более гармонично вписывающихся в условия меняющейся окружающей среды. Такая эволюционная изменчивость определялась тем, что в популяции у разных особей одного вида имело место некоторое генетическое разнообразие, гены не были идентичны. Идею эволюции жизни развил Ч. Дарвин в 1858 г. Он определил эволюцию как «естественный отбор в результате выживания наиболее приспособленных» особей вида. Идея не раскрывала механизма эволюции. Он стал понятным много позднее — с развитием генетики и обнаружением генетического разнообразия организмов, входящих в одну популяцию.

Способность к эволюции неодинакова у разных видов. В большой степени она зависит от продолжительности жизни, т. е. от частоты

смены поколений, поэтому бактерии, насекомые, грызуны и другие организмы, имеющие короткий период воспроизводства, приспосабливаются к меняющимся условиям весьма быстро, например, появление устойчивости болезнетворных бактерий к пенициллину, насекомых к пестицидам и пр. И наоборот, виды, имеющие длительный период воспроизводства и малочисленное потомство, требуют миллионов лет для обнаружения у них каких-либо изменений. Так, современный человек генетически мало отличается от кроманьонца.

В соответствии с летописью окаменелостей 94–99% видов живых существ, живших на Земле, вымерли к настоящему времени. Сейчас количество видов оценивается в 5–30 млн, причем ежегодно описывается около тысячи неизвестных видов. Биологическое разнообразие служит величайшим капиталом жизни. Оно включает в себя генетическое разнообразие видов и генетическое разнообразие в пределах отдельных популяций. Эта огромная генетическая библиотека только начинает всерьез изучаться. Она представляет собой ни с чем несравнимую ценность в поиске новых источников питания, лекарств, энергии и других средств обеспечения развития жизни на Земле.

Высшим проявлением эволюции на Земле стал человек разумный (*Homo sapiens*). Организм любого человека — самое сложное сочетание молекул в рамках одного организма на Земле, а может быть и во всей Вселенной. История человека прослеживается до некоторых приматов, существовавших 5–6 млн лет назад. За время этой длинной (а в геологическом смысле очень короткой) эволюции человек стал, по выражению Уильяма Шекспира, «венцом всего живущего».

Действительно, сравнив физические возможности человека со стремительностью и изяществом леопарда, быстротой и совершенством движений дельфинов, красотой и быстротой антилопы, мы все равно должны отдать предпочтение человеку. Он вынослив. На своих двух ногах он способен загнать оленя. В расчете на килограмм своего веса человек по сравнению с ослом может нести груз более тяжелый. Только он из всех животных, по выражению английского генетика Дж. Б. С. Холдейна, способен проплыть 1,5 км, пройти 30 км пешком, а затем взлезть на дерево.

И конечно, человек отличается от всех животных разумом, т. е. он в состоянии обдумывать и планировать свои поступки, выбирать оптимальные решения и осознавать, что совершает их в результате размышлений. Человек наделен большим мозгом на единицу своего веса, чем любое животное. Его мозг отличается не только большим объемом, но и большей поверхностью за счет складок коры головного мозга.

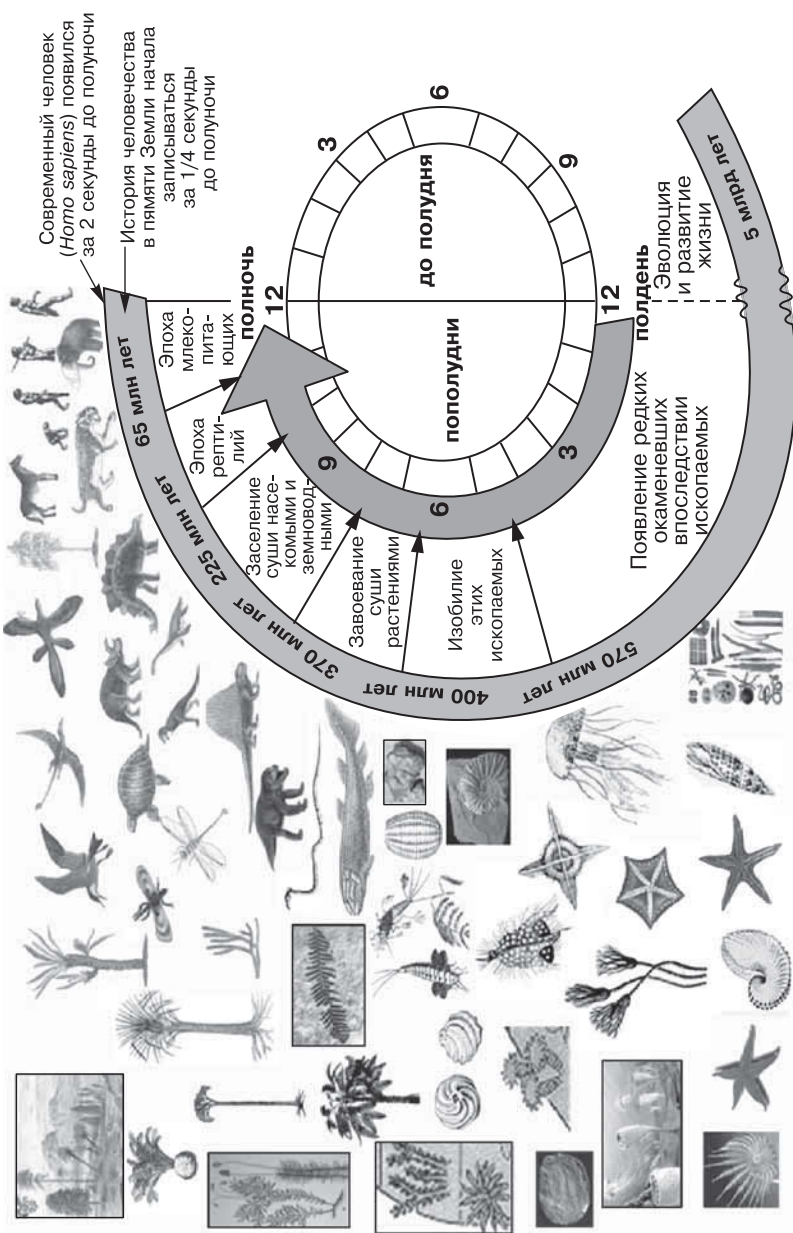


Рис. 1.1. Упрощенная схема исторического развития различных форм жизни на Земле в результате биологической эволюции (в сравнении с суточным ходом часовой стрелки)

Мозг человека в результате эволюции изменялся одновременно с изменениями других органов. Три важнейшие характеристики отличают человека от животных. Его скелет приспособлен для прямохождения. Его глаза обеспечивают резкое, объемное и цветовое восприятие окружающего мира. Его руки способны осуществить как силовой хват, так и тончайшие манипуляции. Кроме того, кожа человека способна к осязанию.

В результате развития всех этих способностей у человека сформировалась речь, появилась возможность воспринимать и передавать информацию от одного человека к другому, накапливать и использовать коллективный опыт. История становления человека, по оценкам антропологов, составляет менее 3 млн лет. Это очень короткий период в истории жизни на Земле. Если представить время с момента появления жизни на Земле как суточный циферблат часов, современный человек появился всего за 2 с до полуночи, а его история начала записываться за $1/4$ с (рис. 1.1).

Человечество развивалось лишь последние 2 с этих условных суток, но, несмотря на столь кратковременную жизнь, мы сейчас становимся свидетелями вымирания большего числа земных видов, чем за предыдущие 5 млрд лет.

1.3. Открытые системы и энергетическое обеспечение жизни

Любая форма живого вещества — неизмеримо более сложная система по сравнению с любой формой косной (неживой) материи на нашей планете. Для того чтобы возникла жизнь, способная поддерживать свои функции, такой сложной структуре необходим постоянный приток энергии.

Энергия — неотъемлемое свойство движения материи. Это единая мера способности тела, вещества, системы или любых других форм материи производить работу или теплообмен между объектами с различной температурой. Все формы энергии связаны с движением. В соответствии со вторым законом термодинамики в любой системе происходит выравнивание энергии, т. е. все упорядоченные структуры стремятся перейти к состоянию беспорядка, хаоса.

Большинство законов, изучаемых в школе, относится к описанию замкнутых систем. В замкнутой системе ни возникновение жизни, ни ее поддержание принципиально невозможны. Это может происходить в так называемых открытых системах, где упорядоченность

в одном месте происходит за счет увеличения беспорядков в другом. Жизнь возможна только в открытой системе.

Для планеты Земля главным источником энергии в виде тепла и света является Солнце (рис. 1.2). Эта энергия излучения примерно на 30% отражается атмосферой и поверхностью Земли в космос. Количественная характеристика отражательной способности какой-либо поверхности называется «альбедо». Около 23% энергии расходуется на испарение воды из океанов и из других водных поверхностей и тем самым вносит главный вклад в круговорот воды в природе. Примерно 40% солнечной энергии поглощается сушей, океанами и атмосферой, нагревая их. Часть энергии (~0,2%) переходит в энергию ветра, волн, океанических течений. Только менее 0,03% усваивается биосферой Земли в процессе фотосинтеза. Тем не менее эта небольшая часть солнечной энергии и определяет условия существования жизни на Земле.

Фотосинтез на Земле осуществляют растения — продуценты, имеющие в своем составе хлорофилл (порфилин с центральным ионом Mg^{2+}) (рис. 1.3). Это соединение активно поглощает длинноволновую часть видимого солнечного света, поэтому хлорофилл окрашен в зеленый цвет.

Молекулы хлорофилла действуют коллективно. Большая их часть поглощает свет и передает энергию в реакционный центр. В нем

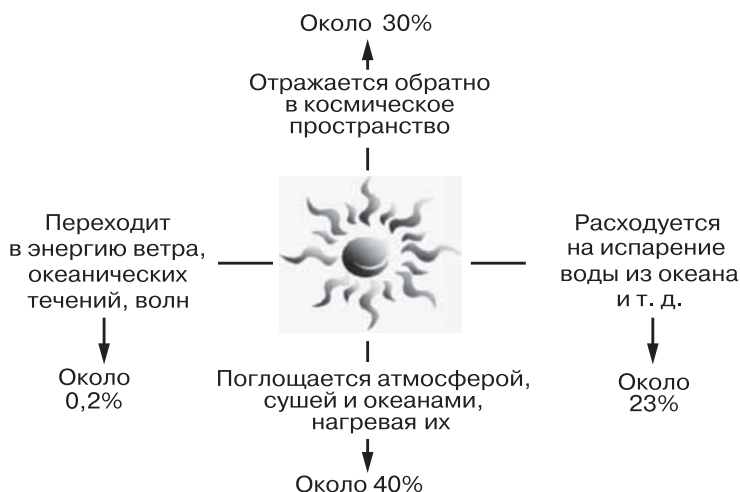


Рис. 1.2. Распределение солнечной энергии, приходящей к Земле и не участвующей в фотосинтезе



Рис. 1.3. Упрощенная схема фотосинтеза

определенным образом расположены молекулы хлорофилла в виде «специальных» пар: их конфигурация имеет особое положение «хвоста» молекулы (рис. 1.4).

В молекуле хлорофилла протекает процесс фотосинтеза. Ядра фотосинтеза, состоящие из собирателей света и реакционных центров, размещены в клетках растений в структурах овальной формы, называемых **хлоропластами**. Ядра фотосинтеза встроены в мембрану внутри хлоропласта.

Процесс фотосинтеза очень сложен. Он включает множество фотохимических и ферментативных реакций, происходящих в клетке, и осуществляется в две стадии. На первой стадии хлорофилл поглощает световую энергию. Она переводит некоторые электроны в его молекуле на более высокий энергетический уровень. Эти электроны передаются через ряд молекул, при этом образуются кофермент НАДФ (никотинамидаденилдинуклеотидфосфат) и высокоэнергетические молекулы АТФ (аденозинтрифосфосфорная кислота). Получаемый как вторичный продукт кислород выходит в атмосферу через устьица листьев. НАДФ и АТФ участвуют во второй стадии реакций, уже не требующих света, в результате которых из атмосферного углекислого газа синтезируется глюкоза.

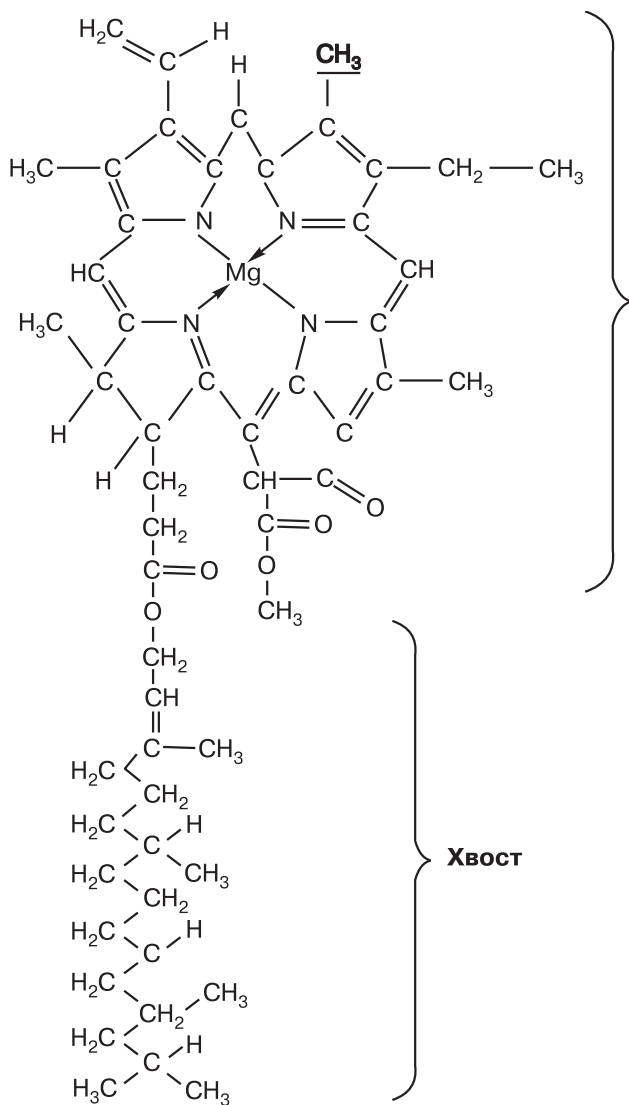
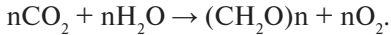


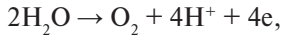
Рис. 1.4. Структура молекулы хлорофилла

Образующиеся углеводы служат исходными продуктами для многочисленных реакций синтеза других органических молекул, необходимых для обеспечения жизненных процессов (например, белков или жиров) или процессов окисления с выделением энергии.

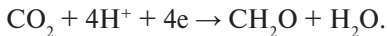
Суммарная реакция фотосинтеза такова:



Иными словами, фотосинтез — это окислительно-восстановительная реакция, где на первой стадии идет процесс окисления воды:



а на второй стадии, в другой части хлоропласта, идет процесс восстановления углекислого газа:



Фотосинтез — основа жизни на Земле. Если он прекратится, практически исчезнет большинство питательных веществ и большинство организмов на планете прекратит свое существование.

Продуктивность фотосинтеза количественно характеризует перевод энергии излучения Солнца в химическую энергию сложных молекулярных структур глюкозы и других углеводов. Эта накопленная энергия является прямым или косвенным источником питания большинства видов организмов. Продуктивность биосферы реализуется через воспроизведение видовых популяций растений и животных, идущее с некоторой скоростью, что может быть выражено определенной величиной — продукцией за год (или за иную единицу времени) на единицу площади (для наземных и донных водных организмов) или на единицу объема (для организмов, обитающих в толще воды и в почве).

Обычно вычисляют чистую первичную продуктивность экосистемы как разницу в энергии, идущей на накопление биомассы, и той части энергии, которая необходима для жизнедеятельности, роста и размножения растений, составляющих эту биомассу. Чистая первичная продуктивность экосистемы рассчитывается на единицу площади за единицу времени. Так как по закону Гесса выделение тепла при любом химическом процессе не зависит от промежуточных стадий или пути процесса, а зависит только от начальных и конечных продуктов реакции, энергетическую способность определяют калориметрическим методом, измеряя количество тепла в калориях на единицу массы в результате сжигания вещества.

Продуктивность экосистемы зависит от многих параметров, характеризующих своеобразие сообщества живых организмов, взаимодействующих с абиотической средой, и от различных физических факторов (освещенности, температуры, силы ветра и т. д.).

Наибольшая чистая первичная продуктивность осуществляется в *эстуариях* (в местах впадения пресных рек в моря или океаны),

в болотах и на увлажненных землях, во влажных тропических лесах, в коралловых рифах. На рис. 1.5 показана среднегодовая чистая первичная продуктивность растений в основных типах экосистем.

Однако растения, обладающие высокой продуктивностью, растущие на болотах, в тропических лесах и т. д., не могут заменить расте-

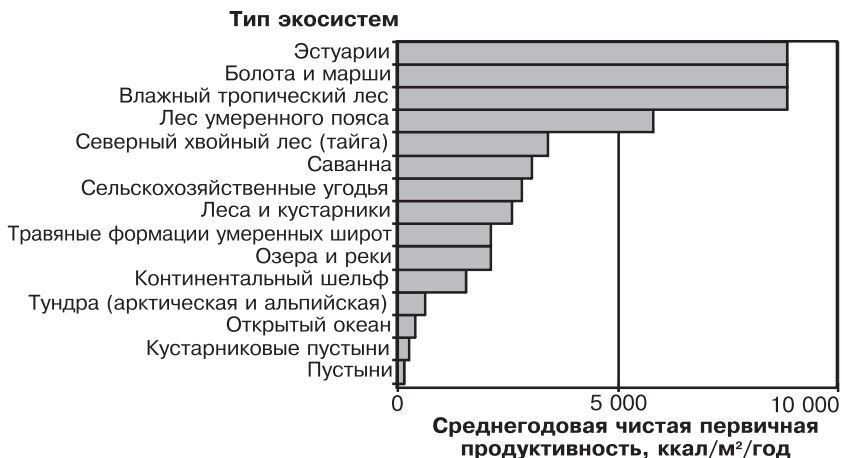


Рис. 1.5. Среднегодовая чистая первичная продуктивность растений на квадратный метр в основных типах экосистем

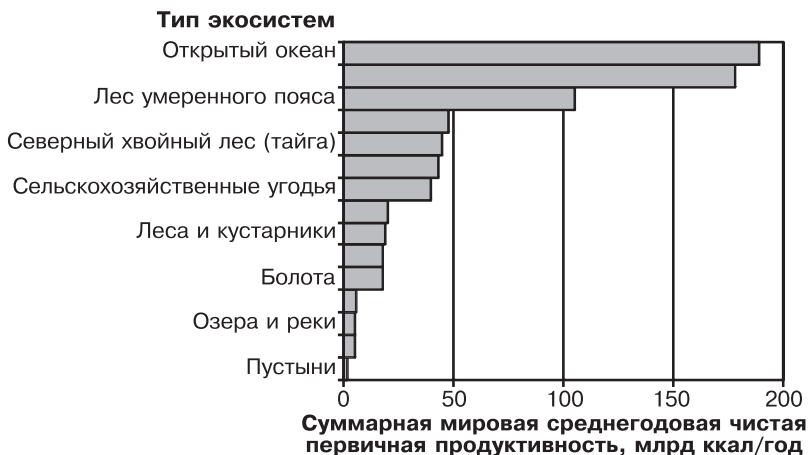


Рис. 1.6. Суммарная мировая среднегодовая чистая первичная продукция растений в основных типах экосистем

ния, выращиваемые на сельскохозяйственных полях, так как они не съедобны для человека или домашних животных. Однако они крайне важны как источник питания других живых организмов.

На рис. 1.6 показана суммарная чистая первичная продукция растений в основных типах экосистем. Поскольку площадь эстуариев невелика, они занимают далеко не первое место по производству биологической продукции. В то же время океан, несмотря на низкую продуктивность как следствие своих огромных размеров, стоит по этому показателю на первом месте. Правда, согласно последним данным, к океану относятся только 30–40% производства биомассы.

1.4. Пища — источник энергии жизни

Для поддержания жизнедеятельности — роста, развития и размножения — любой организм нуждается в энергии. Источником энергии и вещества для построения и обновления его биомассы служит пища.

По типу питания организмы разделяются на автотрофов и гетеротрофов. *Автотрофы* сами синтезируют органические вещества из углекислого газа, воды и растворенных в ней веществ на свету в присутствии хлорофилла. Этот процесс осуществляется внутри клеток. К автотрофам относятся растения.

Гетеротрофы получают энергию и вещества для поддержания своей биомассы, употребляя пищу, состоящую из живых или мертвых автотрофов, продуктов деятельности других гетеротрофов и их самих. К гетеротрофам относятся животные, грибы, большинство бактерий, некоторые водоросли и небольшая группа растений.

Человек — типичный всеядный гетеротроф. Обеспечение полноценной пищей возрастающего числа людей на Земле является одной из важнейших проблем перехода к устойчивому развитию. Сейчас более $\frac{1}{5}$ части населения недоедает и имеет недостаточный вес тела. По оценке Всемирного банка, более 2 млрд бедняков живут менее чем на 1 доллар США в день, из них 72% проживают в сельской местности. Это в большой степени вопрос социальной справедливости, так как в конце XX в. в среднем на человека приходилось 300 кг зерна в год, что вполне достаточно для удовлетворения основных потребностей всего населения Земли.

В мире насчитывается более 80 тыс. съедобных растений, однако в пищу употребляется чуть более 30 видов сельскохозяйственных культур. Четыре из них — пшеница, рис, кукуруза и картофель — состав-

ляют основную часть продовольствия. Из растений получают 85% лекарств, причем многие растения с этой точки зрения исследованы недостаточно.

Для выращивания растений необходима почва. Почва — часть биосферы, образовавшаяся на верхнем слое суши при разрушении материнских пород под действием микроорганизмов, растений, животных, температуры и воды. Главная активная часть почвы представляет собой различные формы живого вещества и продукты его жизнедеятельности. В пригоршне плодородной почвы находится более 6,5 млрд организмов, взаимодействующих друг с другом и средой обитания. В почве содержится значительная часть минеральных веществ: песок, глина и другие остатки материнских пород, а также вода, воздух, углекислый газ и органическое вещество отмерших живых организмов.

В настоящее время под обрабатываемые земли и пастбища занимают примерно третью часть поверхности суши, исключая Антарктиду.

По данным EOLSS (2006 г.), высокоплодородные почвы составляют всего 3% от площади земли, пригодной для растениеводства (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Факторы, определяющие использование земель для растениеводства

Ограничивающий фактор	Площадь, млн га	%
Покрыто льдом	1 490	10
Слишком холодная почва	2 235	15
Слишком сухая почва	2 533	17
Слишком неровная почва	2 682	18
Слишком тонкий слой почвы	1 341	9
Слишком влажная почва	596	4
Слишком скудная почва	745	5
Малоплодородная почва	1 937	13
Умеренно плодородная почва	894	6
Высокоплодородная почва	447	3
Всего	14 900	100

С XIX в. площадь пахотных земель выросла почти в 5 раз, площадь лесов сократилась на 18,7%, а лугов и пастбищ — на 1%.

Площадь обрабатываемой земли на душу населения различна в разных странах (табл. 1.2). Площадь обрабатываемой земли на душу населения в мире в последнее время сокращается. Это происходит главным образом по двум причинам: продолжается рост народонаселения, и все большие массивы сельскохозяйственных земель выходят из употребления из-за высокой степени урбанизации, опустынивания, засоления, выветривания и по другим причинам потери плодородия. Например, в Казахстане (СССР) в 1954–1960 гг. были распаханы 25 млн га целины. В 2001 г. обрабатывалась уже только половина этих земель, и урожайность с них составляла менее 10 центнеров с одного гектара.

Таблица 1.2. Площадь обрабатываемой земли на душу населения

<i>Страна</i>	<i>Площадь на душу населения, га</i>	<i>Страна</i>	<i>Площадь на душу населения, га</i>
Австралия	2,66	Франция	0,31
Казахстан	2,40	Индия	0,17
Россия	0,80	Италия	0,14
Аргентина	0,70	Германия	0,07
США	0,68	Китай	0,07
Канада	0,58	Израиль	0,06
Бразилия	0,33	Япония	0,03

С 1960 г. разрушено 40% почвенного слоя планеты, а в России даже 50%. Хотя почва — возобновляемый ресурс, для создания только одного дюйма ее слоя (2,54 см) в зависимости от климата необходимо от 200 до 1000 лет.

В течение последнего столетия растениеводы добились больших успехов в повышении доли продуктов фотосинтеза, идущих непосредственно в зерно пшеницы, кукурузы, риса. В результате достижений генетики удалось, например, повысить эту долю в обычной культурной пшенице с 20 до 50%, при этом верхний предел доли продуктов фотосинтеза оценивается в 60% с учетом роста стеблей, листьев и корневой системы растений.

Люди всегда стремились выращивать высокоурожайные культуры, созданные в результате селекции. Это привело и к некоторым нежелательным последствиям, в частности к уменьшению содержания витаминов и микроэлементов в пшенице, рисе и кукурузе. Железodefицитная анемия в настоящее время наблюдается у $1/3$ людей, 43% из которых проживают в развивающихся странах. Микроэлементным голодом страдают более 2 млрд человек. Недостаток цинка в организме детей приводит к задержке в их развитии. Для компенсации приходится вводить в пищу специальные добавки.

Урожайность зерновых во второй половине XX в. существенно повышена за счет получения короткостеблевых культур пшеницы и риса, не лежащих под действием ветров. Урожайность также повышается за счет правильного использования приемов агрохимии, оптимального внесения минеральных и органических удобрений, известкования почвы, использования плоскорезов вместо плугов и т. д.

Урожайность зерновых (например, пшеницы) в зависимости от качества почвы и агротехники различна и составляет от 10 до 80 ц/га. Это в большой степени определяется количеством минеральных удобрений, вносимых на гектар земли (табл. 1.3).

Таблица 1.3. Количество минеральных удобрений, вносимых на 1 га почвы, кг

Голландия	Египет	Китай	Велико- британия	Франция	Германия	Италия	Россия
564	403	388	382	235	235	235	88 (1990 г.) 13 (1999 г.)

Наибольшие урожаи удается получить на орошаемых землях. 16% орошаемых земель дают примерно $1/3$ продуктов растениеводства. Традиционное поливное земледелие с использованием каналов и поливных борозд требует огромных затрат воды и, как правило, ведет к засолению почв. Вообще сельское хозяйство потребляет $2/3$ всей пресной воды, потребляемой в мире. Наиболее совершенная технология полива использует орошение листьев или индивидуальный корневой полив единичного растения (например, в Израиле). Некомпенсируемое использование орошения зерновых и прочих культур подземными водами, полученными бурением скважин и подъемом воды

электрическими или дизельными насосами, приводит к опусканию водных горизонтов. На северо-западе Китая, в США (над огромным подземным водохранилищем Огалелла), в Пенджабе (хлебной корзине Индокитая) и многих других местах горизонт подземных вод опускается больше, чем на 1 м в год.

Роста продуктивности полей можно добиться увеличением числа урожаев в год там, где это позволяет достаток тепла и влаги. Так, в Китае на значительных площадях ежегодно снимают урожаи сначала озимой пшеницы, затем кукурузы, в Аргентине и США в зимний период выращивают пшеницу, а в летний — сою.

Большой вклад в повышение продуктивности земель и сохранение полученного урожая приносит обоснованное применение пестицидов. Большие надежды на увеличение количества и качества пищевых продуктов связывают с развитием биотехнологии.

С растениеводством тесно связано животноводство. Ресурс расширения пастбищного животноводства практически исчерпан, и хотя более 60% получаемого зерна непосредственно используется для питания людей, остальная часть зерна идет для полноценного корма скота, птицы и рыбы. При этом существует большая разница по этому показателю между странами в зависимости от уровня их развития. Так, доля зерна на корм скоту в Индии составляет 4%, в Китае — 25%, а в США — 65%. Численность домашних животных в мире, по данным Всемирной продовольственной организации, выросла в период 1960–2001 гг. на 60%, поголовье домашней птицы увеличилось в 4 раза.

Превращение продуктов растениеводства в мясо, птицу и рыбу требует разного количества кормов. Для увеличения веса крупного рогатого скота на 1 кг необходимо 7 кг пищевых концентратов. Для свиней этот показатель составляет 4,1, для кур — 2,1. Рыбы, как растительноядные, так и всеядные, потребляют менее 2 кг на каждый дополнительный килограмм веса.

Улов океанической рыбы перестал возрастать с 1990 г. Более того, все больше рыбных угодий переходит в разряд истощенных. Это послужило поводом к искусственному разведению рыбы, ежегодный прирост которого превышает 11%. Мировой лидер в этой области — Китай. В прибрежных зонах выращиваются устрицы, мидии и другие моллюски, во внутренних водах (их площадь превышает 5 млн га) — различные виды карпов.

В полноценное питание человека входят углеводы, жиры, белки, витамины, минеральные соли и вода. Расход энергии зависит от физической активности человека (табл. 1.4).

Таблица 1.4. Расход энергии человеком при различной физической активности

Тип деятельности	Расход энергии, ккал/ч	Тип деятельности	Расход энергии, ккал/ч
Сон	50	Быстрая ходьба	300
Отдых лежа без сна	65	Бег трусцой	360
Чтение вслух	90	Лыжи	420
Работа в офисе	100	Гребля	150–360
Домашняя работа, уборка	120–240	Плавание	180–400
Работа в лаборатории стоя	160–170	Велосипед	210–540
Спокойная ходьба	190	Коньки	180–600

Углеводы получили свое название благодаря тому, что их состав аналитически описывается химической формулой $C_x(H_2O)_x$. Зеленые растения образуют углеводы из углекислого газа и воды в процессе фотосинтеза. По существу все органические вещества на Земле образуются из углеводов в результате деятельности живых организмов. Углеводами обеспечивается 60% энергии человека. Энергетическая емкость углеводов составляет 4 ккал/г. В организме они расщепляются до глюкозы, которая непосредственно поступает в кровь. В здоровом организме в 100 г крови содержится 80–120 мг глюкозы.

По степени сложности молекулы углеводов подразделяются на моносахариды (содержат 3–9 атомов углерода), дисахариды и полисахариды.

На рис. 1.7 и 1.8 представлены формулы глюкозы и фруктозы. Фруктоза и глюкоза имеют одинаковую аналитическую формулу, но разные структуры. Фруктоза на вкус гораздо слаще глюкозы.

Две молекулы простого сахара образуют дисахариды. Самый известный из них столовый сахар — сахароза, состоящая из одной молекулы глюкозы и одной молекулы фруктозы. Обычные источники промышленной сахарозы — сахарная свекла и тростник.

Полисахариды могут состоять из десятков тысяч моносакхаридных звеньев, связанных вместе. Существуют сотни типов этих полимеров, входящих в разные важные структурные элементы организмов, а также формирующих запасы энергии. Наиболее распространены полимеры глюкозы ($(C_6H_{10}O_5)_x$) — крахмал, гликоген и целлюлоза. Крахмал в растениях откладывается в корнях, стеблях и клубнях.

Гликоген образуется в печени и мышцах и выполняет роль запаса питательных веществ у высших животных. Полисахариды непосредственно не участвуют в обмене веществ. Предварительно они разлагаются на моносакхариды, в частности крахмал разлагается под действием фермента амилазы, а гликоген разрушается фосфорной кислотой.

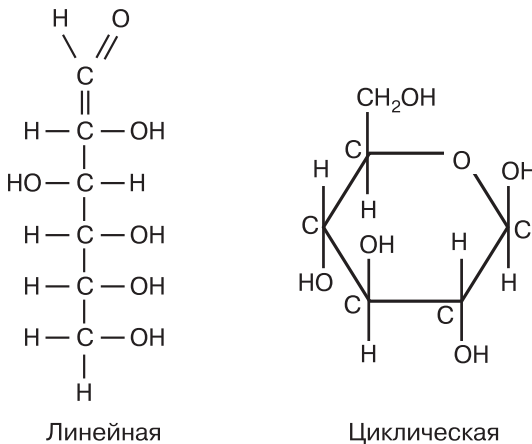


Рис. 1.7. Формула глюкозы

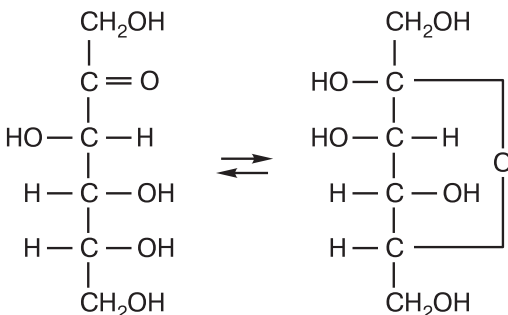


Рис. 1.8. Формула фруктозы

Полисахариды входят в состав соединительных тканей и хрящей, а также гепарина — природного ингибитора свертываемости крови.

Целлюлоза не разрушается при пищеварении высших животных. У человека она проходит желудок и кишечный тракт без изменений. Фермент, разлагающий целлюлозу, синтезируется различными почвенными микроорганизмами, а у травоядных животных — в тонком кишечнике. Без такого фермента весь углерод планеты оказался бы в составе целлюлозы растений (древесина и др.).

Примерно $\frac{1}{3}$ энергии человек получает из жиров, содержащихся в пище. 1 г жира дает при окислении 9 ккал. 95% жиров представлены триглицеридами (сложными эфирами трехосновного спирта глицерина и жирных насыщенных или ненасыщенных кислот). 5% жиров основаны на фосфолипидах. Норма потребления жиров человеком составляет 1–1,25 г на 1 кг веса в день. В отличие от гликогена — главного оперативного запаса энергии жиры могут превращаться в глюкозу только при низкой и средней физической активности.

При нормальном питании рекомендуется употреблять половину животного и половину растительного жира (табл. 1.5).

Таблица 1.5. Состав наиболее употребляемых в пищу жиров

Жиры	% насыщенных	% мононенасыщенных	% ненасыщенных
Подсолнечное масло	11	20	69
Свиное сало	41	47	12
Говяжий жир	52	44	4
Сливочное масло	66	30	4
Кокосовое масло	92	6	2

Жиры из пищи усваиваются с помощью специальных ферментов — *липаз*. Продукты расщепления жиров всасываются из кишечника в лимфу и затем попадают в кровь, которая переносит их к местам хранения или использования.

Первостепенную роль в процессе жизнедеятельности всех организмов играют *белки*. Это высокомолекулярные органические соединения, построенные всего из 20 аминокислот. Их молекулярная масса меняется в широких пределах примерно от 50 тыс. до нескольких миллионов. Все аминокислоты имеют характерную группу

$H_2N-CHR-OOH$. Так как все аминокислоты наделены свойствами и кислоты, и основания, они способны образовывать пептидную связь $CONH-$, которая связывает два аминокислотных остатка. Человеческий организм может синтезировать только 12 из 20 необходимых аминокислот. Остальные необходимо получать как составную часть пищи. Белки в организме не откладываются про запас, поэтому они должны ежедневно входить в пищевой рацион. Рекомендуется, чтобы с белками человек получал 10–12% всех калорий.

Белки входят в состав всех гормонов — веществ, регулирующих скорость протекания всех процессов в организме. Инсулин, например, контролирует усвоение клетками глюкозы и некоторых других сахаров. При недостатке инсулина возникает диабет — заболевание, приводящее к летальному исходу, если не принять меры по коррекции его содержания в организме.

Белок гемоглобин разносит кислород по всему организму у теплокровных животных. Из белков сконструированы кожа, волосы, глаза, ногти и др. Белки также входят в состав костей, крови, печени и т. д.

Белки организма постоянно распадаются до аминокислот и воссоздаются вновь. За 80 дней обновляется половина всех белков организма, причем время полураспада для белков печени и плазмы крови составляет 10 суток, слизистой оболочки кишечника — 3–4 суток, а инсулина — 6–9 мин. Белки в организме, как правило, соединены в гигантские образования друг с другом и с углеводами. Разделение белков на составные части носит скорее условный характер.

Неотъемлемой частью полноценного питания является наличие в пище витаминов. Это относительно простые вещества, но без них не могут правильно работать многие ферменты, хотя они требуются в очень небольших количествах. Некоторые витамины организм человека способен синтезировать сам, но большинство из них должны поступать с пищей.

Витамины подразделяются на жирорастворимые (например, А, D, Е, К) и водорастворимые (например, С, группы В, Р, РР). Недостаток витамина С вызывает цингу, витамина D — рахит, витамина А — ухудшение зрения и т. д.

Обязательным компонентом пищи служат макро- и микроэлементы. Микроэлементы (Al, Fe, Cu, Mn, Mo, Co, I, Se и др.), содержащиеся в организме обычно в тысячных долях процента и ниже, тем не менее необходимы для нормальной жизнедеятельности. Их недостаток или избыток приводит к нарушению обмена веществ.

В табл. 1.6 приведены основные признаки недостатка в организме некоторых элементов.

Таблица 1.6. Источники, функции и признаки недостатка в организме некоторых незаменимых элементов

Элемент	Источник	Функция	Внешние признаки недостаточности
Макроэлементы			
Кальций	Молоко, рыба	Образует костную ткань, зубы, регулирует передачу нервных сигналов, мышечное сокращение, свертывание крови, образование коллагена	Рахит у детей, остеопороз у взрослых
Фосфор	Животные белки	Часть костной ткани участвует в передаче энергии и функционировании клеточных мембран, поддерживает pH жидкостей организма	Неизвестны и не описаны
Калий	Апельсиновый сок, бананы, сухофрукты, картофель	Обеспечивает сердечную деятельность, водный баланс и целостность клеток, регулирует передачу нервного сигнала, метаболизм углеводов и белков	Внезапная смерть при увеличении нагрузок, плохая передача нервных сигналов, сердечная аритмия
Хлор	Молоко, пищевая соль	Способствует перевариванию пищи (соляная кислота), поддерживает электронейтральность жидкостей организма	—
Сера	Все белки	Входит в состав белков	—
Натрий	Пищевая соль	Регулирует содержание жидкости в организме, передачу нервного сигнала	Головная боль, слабость, ослабление памяти, потеря аппетита

Окончание табл. 1.6

Магний	Орехи, морская пища, шоколад	Катализирует синтез переносчиков энергии, участвует в синтезе белков, расслаблении мышц	Потеря жидкости организмом, сердечные спазмы
Микроэлементы			
Фтор	Морепродукты, фторированная вода	Участвует в строении костей и зубов	Разрушение зубов
Хром	Печень, животные и растительные ткани	Необходим для переработки глюкозы	Потеря с возрастом эффективности действия инсулина
Марганец	Печень, почки, орехи, чай	Кофактор ряда ферментов	Потеря веса, дерматоз
Железо	Печень, мясо, зеленые овощи, цельное зерно	Входит в состав гемоглобина	Анемия, усталость и апатия
Кобальт	Печень, животные белки	Входит в состав витамина В12	Анемия
Медь	Печень, почки, яичный желток, цельное зерно	Участвует в образовании гемоглобина, входит в состав 11 ферментов	—
Селен	Печень, почки, зерно, овощи	Входит в ряд ферментов, антиоксидант	Болезнь Кашана, сердечная недостаточность
Цинк	Печень, мясо, морепродукты	Входит в состав большинства ферментов	Анемия, замедление развития
Молибден	Печень, почки, цельное зерно, бобовые, листовые овощи	Входит в состав многих ферментов	—
Йод	Морепродукты, йодированная соль	Входит в состав тироксина	Увеличенная щитовидная железа

Для улучшения различных свойств и увеличения сроков хранения пищевых продуктов в них вводятся различные добавки. К ним относятся консерванты (например, бензойная кислота), вкусовые вещества (соли глютаминовой кислоты, сахар, поваренная соль и др.), разрыхлители, эмульгаторы и т. п.

В настоящее время наша планета пока способна обеспечить питанием все свое население. Но ресурса для увеличения продовольствия практически нет. Усиление продовольственной необеспеченности влечет за собой политическую нестабильность в масштабах, способных подорвать устойчивость и развитие цивилизации.

1.5. Биосфера

Биосфера представляет собой область активной жизни в приземных слоях атмосферы, гидросфере и литосфере. Ее верхней границей является озоновый слой, так как выше него все формы жизни уничтожаются жестким коротковолновым излучением. Биосфера включает всю гидросферу и верхнюю часть литосферы.

Структура оболочек Земли, формирующих биосферу, представлена на рис. 1.9.

Жизнь на Земле зависит от круговорота важнейших химических веществ, в которых непосредственное участие принимает живое вещество. На рис. 1.10 круговорот в биосфере некоторых важнейших химических веществ обозначен сплошными круговыми линиями, а однопоточный поток энергии через биосферу — штриховыми линиями.

Все живые существа, кроме продуцентов, получают энергию, необходимую для жизнедеятельности организмов, через питательные вещества, входящие в состав растений. Кроме того, им необходимы вода, кислород и некоторые неорганические соединения. Около 40 химических элементов требуются в больших количествах. К ним относятся макроэлементы: углерод, кислород, водород, азот, фосфор, сера, кальций, магний и др. Человеческое тело на 97% состоит из них. В массе всех живых организмов они занимают 95%.

Для жизни необходимы, по крайней мере, 30 других химических элементов, но уже в микроколичествах. К *микроэлементам* относятся Fe, Cu, Zn, Cl, I и др. Все макро- и микроэлементы в биосфере находятся в круговороте, хотя время оборачиваемости через живое вещество для разных элементов различно.

Биогеохимическим циклом называется круговорот химических веществ из неорганической среды через растительные и животные

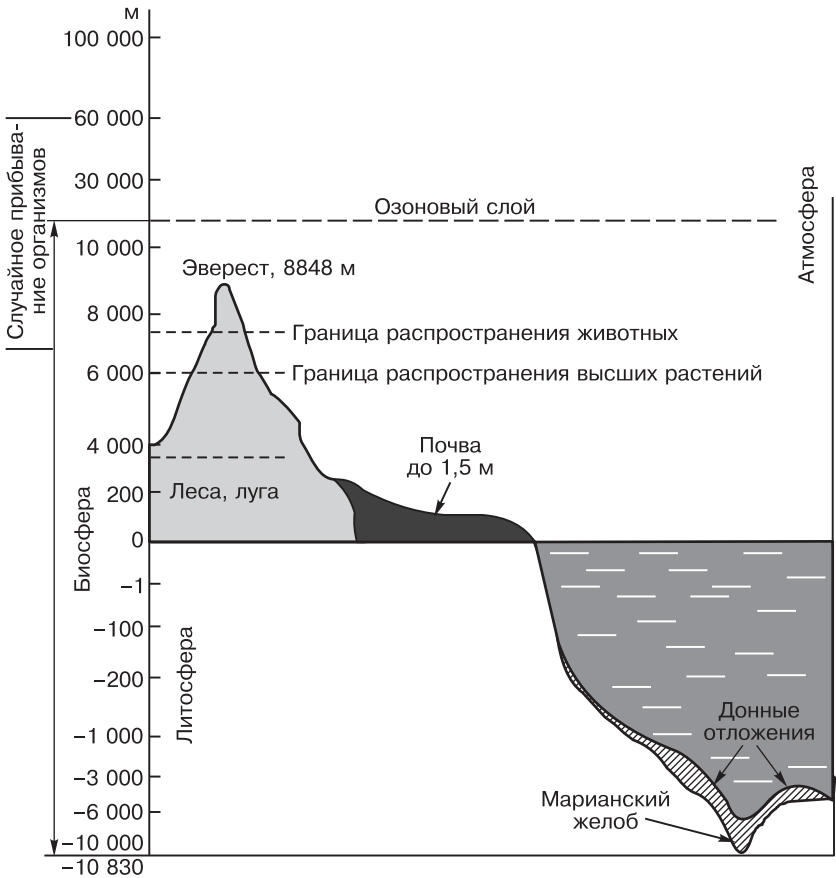


Рис. 1.9. Структура оболочек Земли, формирующих биосферу

организмы обратно в неорганическую среду с использованием солнечной энергии и энергии химических реакций.

Длительность циклов круговорота газообразных веществ достаточно мала и обычно составляет несколько дней или даже часов. Длительность круговоротов, включающих осадочные циклы, т. е. движение веществ через включение их в донные отложения, горные породы и т. д., может измеряться и геологическим временем (тысячи и миллионы лет). Именно в результате таких круговоротов возникли запасы каменного угля, нефти и газа, являющиеся по существу солнечными энергетическими «консервами», а также многие руды металлов, карбонаты и фосфаты, состоящие из останков микроскопических организмов.

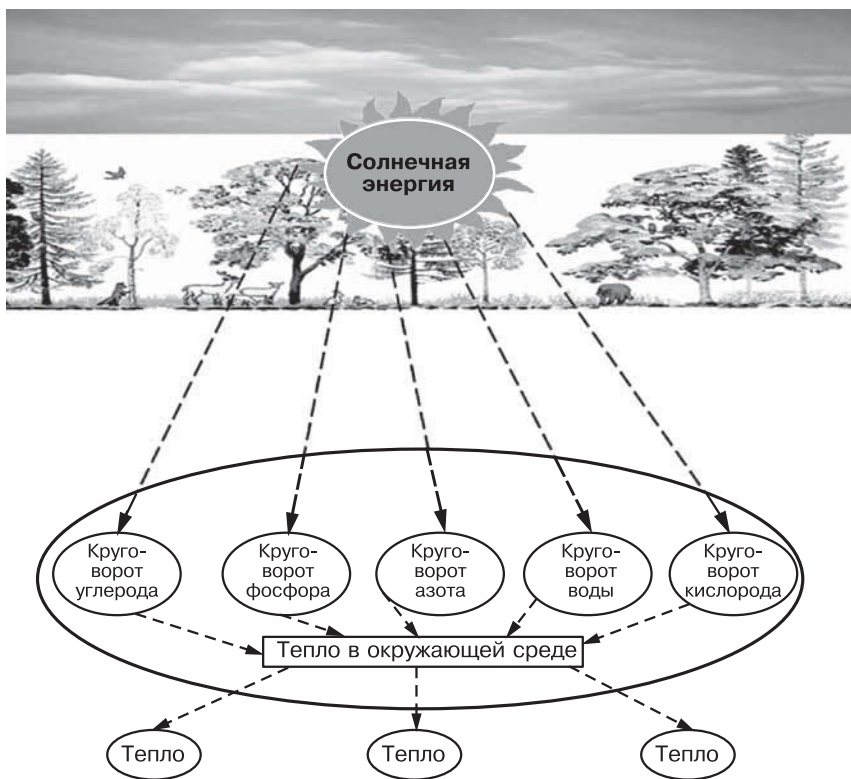


Рис. 1.10. Упрощенная схема циркуляции некоторых важнейших химических веществ

Упрощенная диаграмма части углеродного круговорота показана на рис. 1.11. Круговорот углерода в биосфере является также важным элементом кислородного и водородного циклов.

Углерод быстро циркулирует между атмосферой и гидросферой. В цикле принимает участие живое вещество. Часть углерода накоплена в каменном угле, нефти, газе и на длительный период выведена из круговорота. В водных системах углекислый газ образует малорастворимый карбонат кальция, из которого, в частности, состоят раковины моллюсков. Возврат этого углерода в цикл в результате растворения в океанической воде, расплавления горных пород при их опускании вглубь Земли или при вулканических извержениях происходит очень медленно (миллионы лет).

Упрощенная диаграмма круговорота азота приведена на рис. 1. 12.

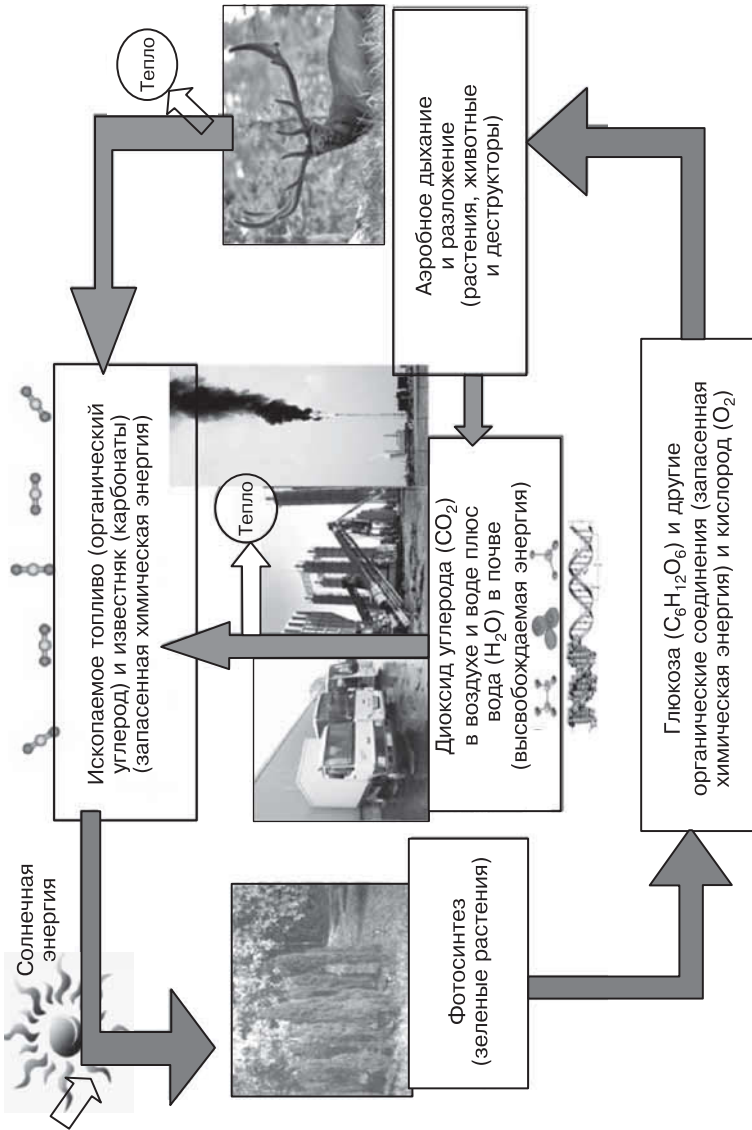


Рис. 1.11. Упрощенная диаграмма части углеродного цикла, показывающая круговорот углерода в процессах фотосинтеза и аэробного дыхания

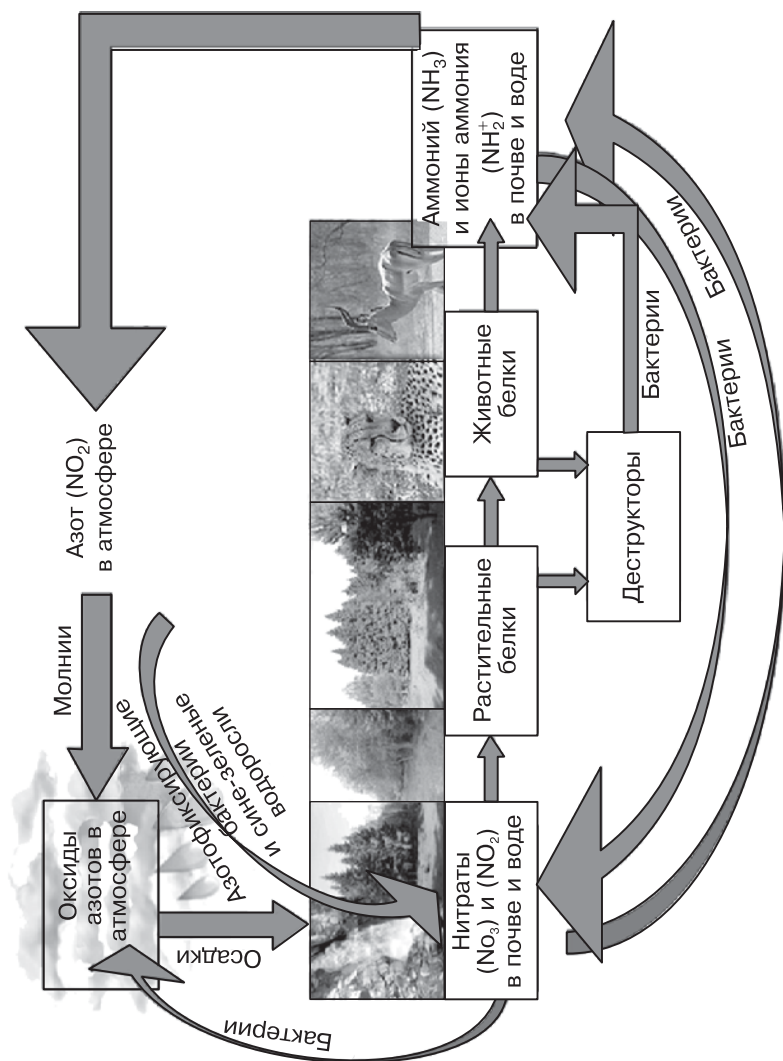


Рис. 1.12. Упрощенная диаграмма круговорота азота

Для образования белков и нуклеиновых кислот большинству зеленых растений азот необходим в нитратной или аммонийной формах. Фиксация азота воздуха осуществляется сине-зелеными водорослями, некоторыми бактериями в воде и почве, а также бактериями, обитающими в клубеньках бобовых растений.

Круговорот фосфора в упрощенном виде показан на рис. 1.13. Общий круговорот фосфора можно разделить на две части: водную и наземную.

В водных экосистемах он усваивается фитопланктоном и передается по трофической цепи вплоть до консументов третьего порядка — морских птиц. Их экскременты (гуано) снова попадают в море и вступают в круговорот либо накапливаются на берегу и смываются в море. Из отмирающих морских животных (особенно рыб) фосфор снова попадает в море и в круговорот, но часть скелетов рыб достигает больших глубин, и заключенный в них фосфор снова попадает в осадочные породы.

В наземных экосистемах фосфор извлекают из почв растения, и далее он распространяется по трофической цепи. Его возвращение в почву происходит после отмирания животных и растений и с экскрементами. Фосфор теряется из почв в результате их водной эрозии. Повышенное содержание фосфора на водных путях его переноса вызывает бурное увеличение биомассы водных растений, «цветение» водоемов и их эвтрофикацию (обогащение водоемов). Большая же часть фосфора уносится в море и там теряется безвозвратно.

Все виды живых организмов биосферы классифицируются в два надцарства: *прокариотов* — организмов, в клетках которых нет ядер, и *эукариотов* — организмов, в клетках которых имеется ядро. Надцарство прокариотов включает в себя царство бактерий (их известно более 5 тыс. видов) и архебактерий (всего около 40 видов). Надцарство эукариотов — ядерных организмов — состоит из царства животных с двумя подцарствами: одноклеточные (простейшие, примерно 40 тыс. видов) и многоклеточные (например, насекомые, рыбы, млекопитающие), царства грибов (около 100 тыс. видов) и царства растений (около 375 тыс. видов).

Действие абиотических факторов среды (температуры, давления, уровня радиации и т. д.) на живые организмы показано на рис. 1.14.

Популяция — совокупность особей одного вида, в течение большого числа поколений населяющая определенное пространство и обладающая необходимыми условиями для поддержания его численности на определенном уровне.

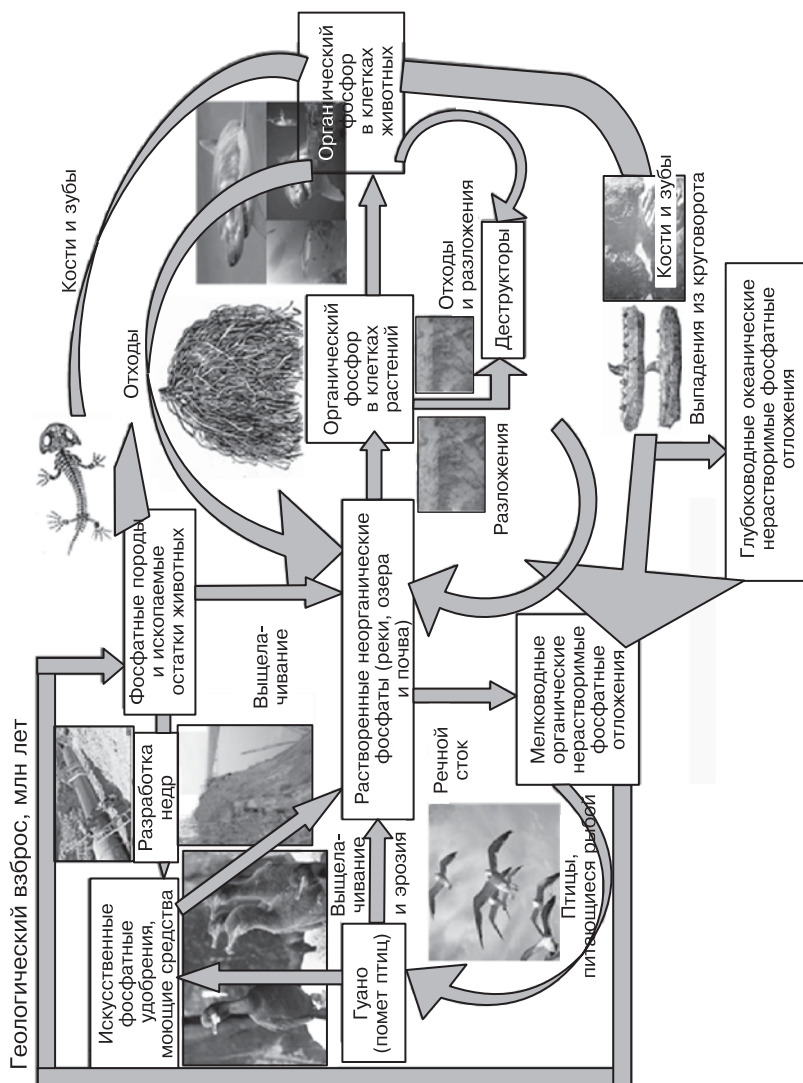


Рис. 1.13. Упрощенная диаграмма круговорота фосфора



Рис. 1.14. Действие абiotических факторов среды на живые организмы

Вид — совокупность особей, занимающих сплошной или частично разорванный ареал, обладающих общими морфофизиологическими признаками и способных в природных условиях скрещиваться друг с другом.

Пределы выносливости, естественно, различны для разных организмов, но для всех характерна высокая приспособляемость с передачей ее потом новым поколениям.

Развитие растений ограничивается тем элементом, которого в почве меньше всего. Этот закон «минимума» открыл Ю. Либих. Однако реальные среды — всегда многофакторные системы, и для каждого фактора имеются минимальное и максимальное значения, при которых жизнь еще возможна. Между ними лежит область выживания, толерантности. Оптимальные условия, как правило, находятся где-то посередине. Благоприятные оптимальные условия отражаются на популяции организмов. К настоящему моменту идентифицировано и описано чуть менее 2 млн видов живых организмов, но принято считать, что их гораздо больше (от 10 до 50 млн). Ежегодно в этот перечень добавляется не менее 10 тыс. ранее не известных видов.

В условиях относительно стабильного климата популяция зависит от достаточности продуктов питания и взаимодействия различных

организмов. Биотические взаимодействия классифицируются как *нейтрализм*, когда ни одна из популяций разных видов не подавляет другую. В результате конкуренции (в борьбе за продукты питания, воду, доступ к свету и т. д.) одни виды подавляются другими. Конкуренция имеет место и внутри одного вида, например в загущенных посевах. Обычно выживают те виды, для которых лимитирующий фактор ресурсов ниже. У растений виды-победители имеют более развитую корневую систему.

Еще одна форма отношений между видами — *паразитизм*: меньшие по величине организмы живут на теле хозяина или внутри его организма и питаются кровью, соками и пр. Паразиты есть не только у животных, но и у растений (например, заразиха и повилика). Существуют классы организмов, все представители которых — паразиты (например, ленточные черви).

Как правило, внутренние паразиты (ленточные черви, гельминты и др.) имеют простое строение. Им не нужна сложная пищеварительная система, органы зрения, слуха. Бывают весьма своеобразные формы паразитизма. Например, на самках некоторых глубоководных рыб-удильщиков паразитируют малорослые самцы того же вида. Молодой самец челюстями вцепляется в живот самки, постепенно два организма срастаются в один, кровеносные системы объединяются, у самца утрачиваются органы чувств и пищеварения. Обычно паразит ослабляет, но не губит своего хозяина, «не рубит сук, на котором сидит».

Существует и такой вид взаимоотношений организмов, как *хищничество*. Под хищничеством обычно понимают сообщество «хищник—жертва». Примеров здесь множество. Например, волки и олени, львы и антилопы, большая синица и насекомые, совы и мыши и т. д. Если хищников много, уменьшается их пищевая база, что сокращает популяцию хищника, и равновесие восстанавливается.

Помимо конкуренции, паразитизма и хищничества, в природе встречаются *симбиоз*, *мутуализм*, когда взаимоотношения обязательны и благоприятны для обоих видов. Классическим примером является лишайник — симбиоз гриба и водоросли. Водоросль осуществляет фотосинтез, а гриб перерабатывает отмершие части и увеличивает количество веществ, питающих водоросль. Примером симбиоза является связь цветковых растений с насекомыми-опылителями, некоторых видов муравьев и тлей и т. д.

Сообщества различных организмов вместе со средой обитания с определенными физическими и химическими факторами в их взаимодействии образуют экосистему. **Экосистему** можно определить как совокупность различных видов растений, животных и микробов,

взаимодействующих друг с другом и с окружающей их средой таким образом, что вся совокупность может сохраняться неопределенно долгое время.

Каждая экосистема имеет своих продуцентов — зеленые растения, консументов — их потребителей и декомпозиторов (редуцентов) — червей, муравьев, грибов, бактерий и др., которые превращают сложные органические соединения в исходные более простые, тем самым замыкая цикл. Таким образом, условием возникновения экосистем является наличие:

- запаса биогенных веществ;
- продуцентов — организмов, создающих эти органические вещества, т. е. биологическую продукцию (обычно это фотосинтезирующие растения);
- консументов — переработчиков биологической продукции (обычно это животные);
- редуцентов — разлагателей мертвых остатков растений и животных вновь до минеральных соединений (обычно это грибы и бактерии).

В похожих климатических условиях встречаются сходные экосистемы. Совокупность таких похожих экосистем называют **био-мом**. В зависимости от температуры и влажности формируются следующие основные биомы: влажные вечнозеленые тропические леса, листопадные тропические леса, саванны, пустыни, субтропические леса, степи и прерии, широколиственные леса умеренного пояса, бореальные хвойные леса, тундры. Следует отметить некоторые специальные биомы: болота, эстуарии, коралловые рифы, мангровые заросли и пр.

В отличие от суши, где все живые организмы привязаны к тонкому слою почвы, океан обитаем на всем своем протяжении как по площади, так и в глубину. Однако плотность его заселения различными формами живого вещества гораздо менее однородна, чем суши. Она возрастает на границе между различными средами: поверхность океана, донные отложения, прибрежные зоны, коралловые рифы. Океан занимает $\frac{2}{3}$ нашей планеты, и еще недавно полагали, что в нем продуцируется основная масса органического вещества, но область высокой продуктивности в океане невелика из-за нехватки биогенных элементов в центральных частях всех океанов. Поэтому в целом на океан приходится только 35–40% всей первичной продукции планеты.

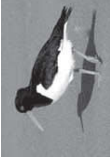
 Бурый пеликан ныряет за рыбой, которую он высматривает с воздуха	 Серебристая чайка – неутомимый «мусорщик-санитар»	 Черный водорез охотится на мелкую рыбу у поверхности воды
 Шилоклювка пронизывает клювом слой воды и ила в поисках мелких рачков, насекомых и семян	 Кулик глубоко зондирует дно в поисках улиток, морских червей и мелких рачков	 Багряная каменка выскидывает мелких беспозвоночных под раковинами и галькой
 Чернеть морская и другие виды ныряющих уток питаются моллюсками, рачками и водными растениями	 Кулик-сорока питается мидиями и другими моллюсками, раковыми, которых она открывает узким клювом	
 Фламинго питается мельчайшими организмами, обитающими в донном иле	 Луизианская цапля входит в воду, чтобы поймать мелкую рыбу	 Перевозчик собирает червей и мелких рачков во время отлива  Ржанка питается насекомыми и крошечными рачками на песчаных пляжах

Рис. 1.15. Специализация по способам добывания пищи, являющаяся частью экологических ниш разных видов птиц в одной экосистеме

Любая экологическая система состоит из экологических ниш. Ниша вида в экосистеме — это и место, где этот вид обитает, и образ его жизни: питание, защита от врагов и т. д. Экологическая ниша — это место в биогеоценозе, которое занимает вид, не конкурируя с другими видами за источник энергии. Под нишей понимают совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование данного вида в природе. Обычно экологические ниши заняты одним видом. Экологическая ниша по Ю. Одуму — это профессия вида.

На рис. 1.15 представлены разные способы добывания пищи птицами, обитающими на материке и образующими различные ниши в одной экосистеме.

Экосистемы производят первичную продукцию, потребляют ее, осуществляют круговорот веществ, перерабатывают останки организмов.

Все экосистемы обладают определенной упругостью, способностью восстанавливаться после определенных нарушений.

Совокупность экосистем образует биосферу. Она обладает тем же свойством упругости, однако возмущения не должны быть чрезмерно большими. Всякий раз, когда в результате тех или иных событий экосистема выходит из зоны толерантности, она разрушается. Гибель экосистемы может стать невосполнимой потерей. Ущерб биосфере в целом грозит гибелью определенным видам организмов, а при глубоких изменениях и всем продвинутым формам живого вещества.

1.6. Человек в конфликте с биосферой

Природа поражает наше воображение своей гармоничностью. Хотя планета — открытая система, получающая энергию от Солнца и отдающая в соответствии со вторым законом термодинамики энергию более низкого уровня в космос, на Земле осуществляется круговорот вещества и все системы цикличны, замкнуты. Это касается почти всех форм живого вещества, кроме человека. Человек разрушает среду своего обитания и среду обитания всех других живых существ. Его деятельность реально угрожает существованию биосферы. Он изменяет природные ландшафты, расточительно использует биологические ресурсы.

Однако человек не всегда нарушал биологическое равновесие. Миллионы лет он был не царем, а частью природы. Можно считать доказанными исследования палеонтологов и антропологов того, что

первые предки обезьян и человека обитали на деревьях 25 млн лет назад. В 1920-е гг. в Южной Африке обнаружили останки прямоходящего существа, жившего 4–2 млн лет назад и названного *Australopithecus* — *австралопитеком* (южной обезьяной). Австралопитеки вели растительноядный образ жизни и использовали готовые предметы для добывания пищи и защиты. В 1960-е гг., тоже в Африке, нашли скелеты существ, уже изготавливавших простейшие орудия труда.

Еще Карл Линней¹, выполнивший огромную работу по систематизации живого мира, поместил человека в класс млекопитающих, отряд приматов. Видимое сходство человека и обезьян, особенно человекообразных (шимпанзе, орангутан, горилла), наталкивало на мысль об общих предках. Хватательная способность конечностей, стереоскопическое цветное зрение, стайный образ жизни и продолжительное детство у обезьян стали предпосылками создания гипотезы эволюции человека. Недавно было обнаружено, что гены человекообразных обезьян и человека совпадают на 99%. Рост наших предков был до 150 см, вес — 40–50 кг. Их мозг занимал объем 600–700 см³ (мозг современного человека — 1350–1450 см³, кроме того, его поверхность весьма развита за счет складок). Это существо назвали *Homo habilis* — человек умелый. Эта находка восполнила пробел в эволюции перехода от общего с обезьянами предка к человеку.

В 1890-е гг. на острове Ява были найдены останки обезьяночеловека — питекантропа (*Homo erectus* — человек прямоходящий). Его мозг занимал объем 900–1100 см³. Питекантропы охотились на крупных животных, имели простейшую речь и, возможно, использовали огонь. Палеонтологи доказали, что питекантропы существовали на Земле 1,5 млн лет назад и вымерли 500 тыс. лет назад.

Следующей известной стадией развития человека были неандертальцы (*Homo neanderthalensis*). Они жили в период от 300 тыс. до 30 тыс. лет назад. Их мозг по объему мало отличался от мозга современного человека. Современный облик приняли челюсти, что стало одним из доказательств перехода к пище, приготовленной на огне. С этого момента человек становится самым могущественным существом на Земле. Если до этого он играл роль природного хищника в естественном отборе, т. е. в первую очередь убивал больных, старых и слабых животных, то с момента овладения огнем ситуация изме-

¹ Линней Карл (1707–1778) — шведский натуралист, создатель современной биологической номенклатуры.

нилась. Неандертальцы широко расселились по Земле, в том числе жили и в умеренном климате. Их материальная культура имела характер охотников, собирателей и рыболовов. В стаях неандертальцев разделение труда происходило в основном по половому и возрастному признакам: взрослые мужчины были заняты охотой и ловлей рыбы, женщины и дети собирали съедобные корни, ягоды, грибы и пр. Возможно, в то время и разразился первый экологический кризис, вызванный успехами в охоте.

У французского селения Солютре расположена равнина, внезапно заканчивающаяся скалистым обрывом. Древние охотники подгоняли к этому месту диких лошадей и вынуждали их срываться в пропасть. Площадь в два футбольных поля покрыта слоем костей толщиной в 5 м. Таких примеров много.

Около 100 тыс. лет назад появились люди современного типа. Их называют кроманьонцами. Их хозяйство имело хищнический характер. В Чехии (местечко Пршедмости) находятся останки примерно тысячи мамонтов, истребленных кроманьонскими охотниками. Кроманьонцы столкнулись с исчерпанием ресурса питания, истребив крупных животных. Около 10 тыс. лет назад они приручили собаку, одомашнили некоторых других животных и научились сажать растения. К этому периоду относятся и наскальные рисунки.

В стаях и общинах неандертальцев и кроманьонцев практически отсутствовала частная собственность. Однако первобытный коммунизм отнюдь не был золотым веком бесконфликтности. Каждый чужак, представитель другой общины рассматривался как враг или как потенциальная пища. Прикрепление человека к земле приводило к местным перенаселениям и переделу земель. Спорные вопросы обычно решались с помощью оружия, убитых и пленных съедали.

Истощение ресурсов мясной пищи не во всех случаях приводило к приручению домашних животных. К моменту открытия европейцами Австралии аборигены, компенсируя недостаток в еде, потребляли в пищу бабочек, личинок насекомых, червей, муравьев и т. д.²

Почти постоянный недостаток пищи сменялся достаточно редкими праздниками насыщения после удачной охоты. В результате сложился обычай убивать животных, когда появлялась такая возможность. Такой метод удовлетворения своих потребностей стал причиной поголовного уничтожения некоторых крупных животных.

² Роуз Ф. Аборигены Австралии. М.: Прогресс, 1989.

В более позднее время тенденция уничтожения видов животных из-за жадности и невежественности человека сохранилась.

Одним из родоначальников многих пород домашнего скота были дикие быки — туры. Они были широко распространены по всей Европе, в Малой Азии и Северной Африке. Это была желанная добыча и не только из-за мяса: из рогов делали муку, рукоятки ножей, копий, из шкуры — щиты и обувь. В Египте тур исчез уже в 2400 г. до н. э., в Месопотамии — в VI в. до н. э. Последний тур был замечен в Польше в 1627 г.

Участники второй экспедиции В. И. Беринга³ на Командорских островах обнаружили неизвестных морских животных, пасшихся на мелководье в зарослях бурых морских водорослей. Стеллеровы коровы⁴ были до 8 м длиной и весом более 3 т. Мясо и жир этих животных спасли экспедицию Беринга от голода. Стеллеровы коровы были истреблены полностью всего за 27 лет после их открытия: они были доверчивы, медлительны и вкусны.

При освоении европейцами Северной Америки был полностью уничтожен странствующий голубь. В начале XVIII в. особей этого вида насчитывалось около 25 млрд. Перелетные птицы в течение многих часов затмевали все небо. Ветки дубов обламывались под тяжестью их гнезд. Их добывали всеми возможными способами. В 1861 г. на рынках Чикаго и Нью-Йорка было продано 15 млн птиц, а в 1909 г. была объявлена премия 1500 долл. за указание местоположения хотя бы одного гнезда странствующего голубя. Но она так и не была востребована.

С момента возникновения жизни на Земле до наших дней вымерло в несколько раз больше видов, чем обитает сейчас. Однако, кроме единственного случая в конце Юрского периода, когда погибли динозавры, это был медленный эволюционный процесс. Появление человека, рост его популяции, активное улучшение своего существования за счет других живых организмов привели к резкому сокращению видового разнообразия на Земле (табл. 1.7).

Все организмы стремятся к увеличению численности своего вида. В природе численность организмов регулируется достаточностью пи-

³ *Беринг Витус Ионассен* (1681–1741) — мореплаватель датского происхождения, офицер русского флота. Прошел по проливу между Чукоткой и Аляской (впоследствии пролив назван Беринговым в его честь), достиг Северной Америки и открыл ряд островов Алеутской гряды.

⁴ Животные получили свое название в честь описавшего их немецкого натуралиста Г. В. Стеллера.

Таблица 1.7. Сокращение видового разнообразия Земли после 1800 г.

Компоненты биосферы	Исчезло		Под угрозой исчезновения	
	видов	% от общего числа видов	видов	% от общего числа видов
Высшие растения	384	0,15	18 699	7,4
Рыбы	23	0,12	320	1,6
Амфибии	2	0,05	48	1,1
Рептилии	21	0,33	1 355	21,5
Птицы	113	1,23	924	10,0
Млекопитающие	83	1,99	414	10,0

щевое ресурса, пищевыми цепями. Человек в результате овладения огнем, организации социума, развития науки и техники, осуществления сельскохозяйственной и промышленной революций, казалось бы, преодолел это ограничение: «...по своей численности мы превышаем сравнимых с нами по размерам и питанию животных на пять порядков — в сто тысяч раз. Только домашние животные, живущие рядом с человеком, не ограничены в числе подобно своим диким родственникам... Если бы человек не выделился из всего природного животного мира, то численность его была бы порядка 100 тысяч...»⁵ (рис. 1.16).

Рост численности населения происходит за счет превышения рождаемости над смертностью и увеличения продолжительности жизни. Коэффициент рождаемости представляет собой количество детей, родившихся живыми в течение года на 1 тыс. человек. Коэффициент смертности определяют как число смертей на 1 тыс. человек в течение года. Соотношение рождаемости и смертности называют **естественным приростом населения**. При постоянном уровне смертности

⁵ *Капица С. П.* Сколько людей жило, живет и будет жить на Земле. М.: Институт физических проблем РАН, 1999.

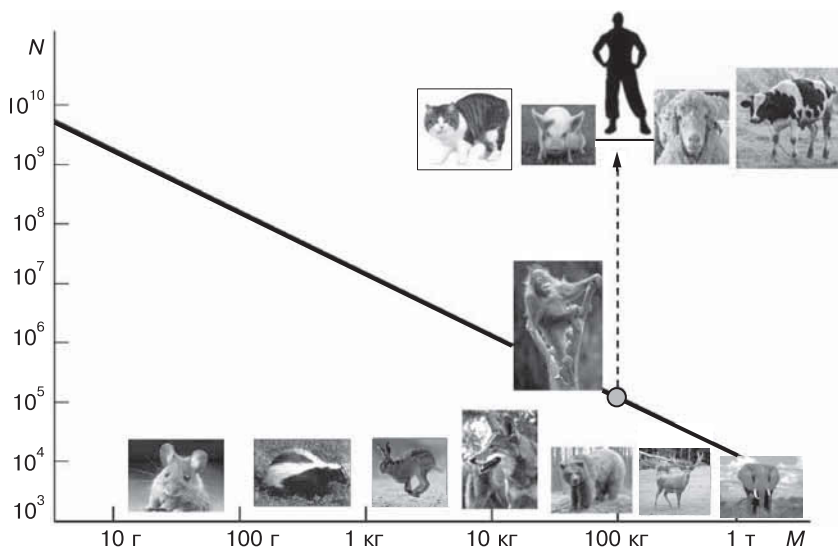


Рис. 1.16. Численность (N) особей одного вида животных в зависимости от массы (M) отдельной особи

для поддержания численности населения региона на определенном уровне каждые 100 женщин должны родить не менее 215 детей, учитывая, что не все рожденные девочки доживают до детородного возраста.

Один из методов получения данных о народонаселении — *переписи*. Учет населения возник в глубокой древности в связи с налоговой и военной деятельностью государств и задачами их административного устройства. Еще в древнеиндийских законах Ману правителями предписывалось учитывать жителей, чтобы узнать свои силы и определить налоги. В Египте учеты населения проводились начиная с эпохи древнего царства (2800–2250 гг. до н. э.). Имеются сведения о том, что учет населения велся в Древнем Китае и Древней Японии. На это же время приходится сведения о проведенных учетах населения в Месопотамии. Известны учеты населения в Древней Греции, в Аттике, где в конце IV в. до н. э. был проведен учет всех взрослых мужчин, и в Древнем Риме, где учеты проводились регулярно с 435 г. до н. э. Эпизодические учеты населения, вызванные фискальными целями или особыми обстоятельствами, проводились и в раннем Средневековье в странах Европы. Первая полноценная перепись прошла в 1790 г. в США.

На Руси первая перепись населения с фискальными целями была проведена в 1245 г.

Ученые полагают, что 200 тыс. лет назад на Земле жило не более 250 тыс. человек. Когда примерно 50 тыс. лет назад сформировался человек разумный, людей было около миллиона. 10–12 тыс. лет до н. э., во времена охотников и собирателей, население Земли увеличилось до 3,5 млн человек. Это время характеризовалось рождаемостью 50–60 человек на 1000 жителей, смертностью — 300–500 человек на 1000 родившихся и средней продолжительностью жизни не более 20 лет. Соответственно прирост населения был незначительным. С переходом на земледелие и скотоводство появился более стабильный источник пищи, и за 5 тыс. лет население Земли выросло с 10 млн до 50 млн. Естественно, что плотность населения была неравномерной. В плодородных долинах рек она составляла 230–350 чел./км², а в районах возделывания риса доходила до 500 чел./км².

В Средние века численность населения не была стабильной из-за постоянных войн, эпидемий и неурожаев. С X по XIII в. численность населения на Земле удвоилась, но в 1400 г. на планете было меньше людей, чем за 200 лет до этого, из-за распространения чумы. Пик эпидемии пришелся на период 1345–1351 гг.

Вплоть до XV в. голод и недоедание были массовым явлением. Это привело к восприимчивости к заболеваниям, переходящим в эпидемии. Для Европы XV в. был переломным: увеличилось производство продуктов питания, численность населения стала стабильно возрастать, и к XVIII в. на Земле жило 450 млн человек. Средняя продолжительность жизни была в пределах 20–50 лет.

В XIX в. в результате экономических и технических достижений в Европе стали использоваться водопровод и канализация. Это резко снизило заболеваемость и смертность, в том числе от таких роковых до этого болезней, как чума, холера и брюшной тиф. Численность населения за XIX в. выросла с 906 млн до 1,6 млрд человек. Резко возросла продолжительность жизни. Например, в Швеции она составляла 55,7 лет для мужчин и 59,3 лет для женщин.

В XIX в. возрастает численность городского населения. Если в 1800 г. доля городских жителей составляла 3%, то в 1900 г. — уже 13,6%. В 2005 г. численность городского населения в мире составляла 47,5%, в России — 74%. По прогнозам ООН, в 2015 г. доля городского населения в мире будет составлять примерно 53%.

Современный тип воспроизводства в развитых странах характеризуется низкой рождаемостью (10–14 детей на 1000 человек), низкой младенческой смертностью (4–8 детей на 1000 новорожденных).

Младенческую смертность определяют как количество детей, не доживших до своего первого дня рождения, на 1000 рожденных.

Продолжительность жизни в развитых странах возросла до 76–78 лет. Во многих странах численность населения стала сокращаться из-за превышения смертности над рождаемостью. Но в целом на планете демографическое положение определяется традиционным для сельскохозяйственного общества типом воспроизводства с характерной высокой рождаемостью. Поскольку в результате улучшения питания и условий жизни, а также благодаря достижениям санитарии и здравоохранения смертность резко снизилась, а рождаемость в развивающихся странах продолжает оставаться высокой, численность населения на планете в настоящее время резко возрастает. Это явление получило название *демографического взрыва*.

На рис. 1.17 представлен график роста численности населения в прошлом и прогноз на 2100 г. (по данным ООН и Всемирного Банка).

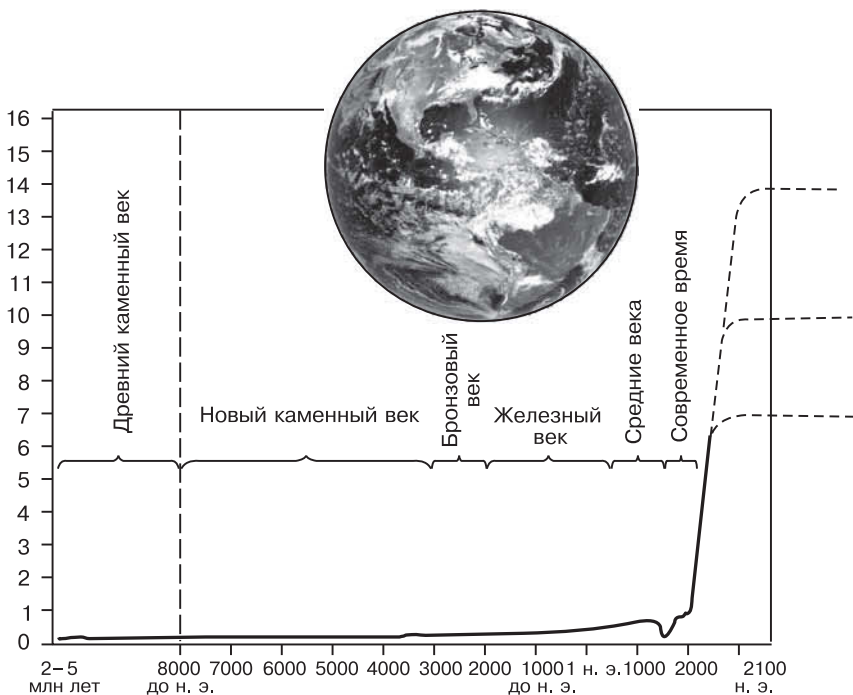


Рис. 1.17. Рост численности населения в прошлом и прогноз на 2100 г., млрд человек

К настоящему времени на Земле проживает больше людей, чем жило и умерло за все время с начала выделения человека в вид человека разумного. Удовлетворение потребностей людей по современным технологиям приводит к таким изъятиям из природы и таким выбросам различного вида отходов в окружающую среду, что нарушаются естественные круговороты веществ.

Глава 2

НА ПУТИ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ

2.1. Третье тысячелетие: значительные успехи в экономике, экологический и социальный кризисы

Последнее столетие было замечательной демонстрацией успеха цивилизации, развивающейся по пути научно-технического прогресса, но с одной роковой поправкой. С момента появления человека и до настоящего времени природа представлялась бесконечно большой кладовой, из которой можно черпать сколько угодно исходных для развития цивилизации продуктов, и одновременно бесконечно большим естественным производством, перерабатывающим все отходы человеческой деятельности и превращающим их в исходные продукты. К сожалению, такое представление далеко от истины.

Действительно, валовой мировой продукт в товарах и услугах вырос за XX век в 33 раза, мощность производства возросла в 10 раз, народонаселение Земли увеличилось в 6 раз. Особенно быстрый рост всех мировых экономических показателей наблюдался во второй половине XX в. Валовой мировой продукт с 1950 по 2000 г. вырос в 7 раз, с 6 до 43 трлн долл. США. Уровень жизни населения в развитых странах вырос до уровня, о котором не могли и мечтать 100 лет назад. Выросла продолжительность жизни людей. Создана принципиально новая система обмена информацией и ее хранения. К началу XXI в. на рынке зерна установились самые низкие цены. Средняя урожайность зерновых в 2000 г. составила 28 ц/га, суммарный урожай зерновых превысил количество зерна, собранного за все 11 тыс. лет с начала активной сельскохозяйственной деятельности. Это верный признак, что недостаток продовольствия

не угрожает ближайшему будущему. Но эти успехи достигнуты ценой все более ускоряющегося разрушения экосистем Земли. Действительно, изъятие из природы сырья, необходимого для удовлетворения потребностей человека, превышает способности природы их восстанавливать или компенсировать их исчезновение. Так, $\frac{1}{3}$ земельных угодий не восполняет плодородия почвы, и она все более деградирует.

Половина пастбищ Земли из-за нарушения их предельной продуктивности (несущей емкости), позволяющей иметь только определенное количество скота, превращается в пустыню. Ежегодно пустыни Земли увеличиваются на 156 млн км². В Нигерии, например, ежегодно превращается в пустыню 500 км².

Леса, сократившиеся с началом аграрной революции с середины XX в. в 2 раза, продолжают исчезать с нарастающей быстротой за счет превышающей норму воспроизводства вырубki и лесных пожаров. Сейчас ежегодные потери леса в мире превышают 9 млн га. Повсюду нарастает дефицит пресной воды. Это особенно сказывается в местах интенсивного земледелия. С введением в хозяйство орошения за счет забора подземной воды бурением с использованием дизельных и электрических насосов (а сейчас около 10% населения Земли живет на орошаемых землях) уровень подземных вод ежегодно опускается на 1,5 м и более. Это происходит на Северном плато в Китае, где производится 25% всего китайского зерна. То же самое происходит с водоносными слоями Огаллала, питающими $\frac{1}{5}$ всех пахотных земель в США, с грунтовыми водами Пенджаба и т. д.

В результате перезабора воды не доходят до моря в определенное время года такие реки, как Колорадо, Хуанхэ, Инд и Ганг. По этой же причине из-за полного использования воды из Амударьи на ирригацию погибло Аральское море.

Несмотря на все успехи современной науки и техники, в настоящее время производство продуктов потребления в сравнении с природными процессами остается крайне несовершенным. По самым оптимистичным оценкам, выход полезного продукта из сырья, изымаемого из природы, не превышает 1%. Это означает, что на 1 кг полезного продукта мы возвращаем в окружающую среду 99 кг вещества в виде отходов.

Удовлетворение потребностей более 7 млрд человек ведет к такому огромному количеству отходов, которое природа не в состоянии ассимилировать. В первую очередь, вероятно, это относится к углекислому газу — главному побочному продукту современного транспорта и энергетики. Нарушение его баланса в природе ведет к

нестабильности климата, возрастающему количеству ураганов, наводнений, повышению температуры выше пределов, оптимальных для жизни людей, и т. д. Потепление климата привело к тому, что за последние 40 лет толщина арктического льда уменьшилась более чем на 40%. По прогнозам ученых, в ближайшие 50 лет в летние месяцы ледовый покров в Арктике будет исчезать. Кроме того, это грозит таянием материкового льда и повышением уровня океана, таянием ледников и катастрофами, связанными с этим, и пр. Толщина ледового покрова Гренландии достигает до 2 км. Если он растает, уровень океана поднимется на 7 м.

В результате деятельности человека стало заметно истощение озонового слоя в стратосфере, защищающего жизнь на Земле от жесткого ультрафиолетового излучения.

Примеров отрицательных последствий деятельности человека на состояние биосферы не счесть. Одним из них является сокращение биоразнообразия. За время эволюции погибло гораздо больше видов, чем существует на Земле сейчас, но это был медленный процесс, и суммарно количество видов на Земле увеличивалось. Сейчас процесс исчезновения видов ускорился из-за преобразований планеты в результате человеческой деятельности. В настоящее время под угрозой исчезновения находится каждый восьмой из 9946 описанных видов птиц, каждый четвертый вид млекопитающих из 4763, каждый третий вид рыб из описанных 25 тыс. В некоторых странах это заметно весьма отчетливо. Так, за последние 200 лет в Австралии исчезли 26 видов млекопитающих из обитавших там 140 видов. В реке Колорадо исчезли частично из-за высыхания мест обитания 29 видов рыб из 50 обитавших там. Это ставит под угрозу самое большое богатство Земли — генетический банк. Мы уничтожаем то, что даже не исследовали на пользу не только природе в целом, но и человеку. Тем более (как пока показывают эксперименты с восстановлением мамонта) уничтожение вида — это навсегда.

Сложившаяся в человеческом сообществе ситуация усугубляется крайней социальной несправедливостью. По данным ООН, относящимся к 1989 г., экономическое неравенство в мире вопиюще (рис. 2.1).

В 1992 г. соотношение 10% самых богатых к 10% самых бедных (децильный коэффициент) составлял 8,0, а в 2010 г. — уже 16,8. Для сравнения, самый низкий децильный коэффициент (3–4) в скандинавских странах — Дании, Финляндии и Швеции. В Германии, Австрии и Франции этот коэффициент варьируется от 5 до 7, в США он равен 15, в Бразилии — 39. Экономисты считают оптимальным соотношение от 5 до 7.

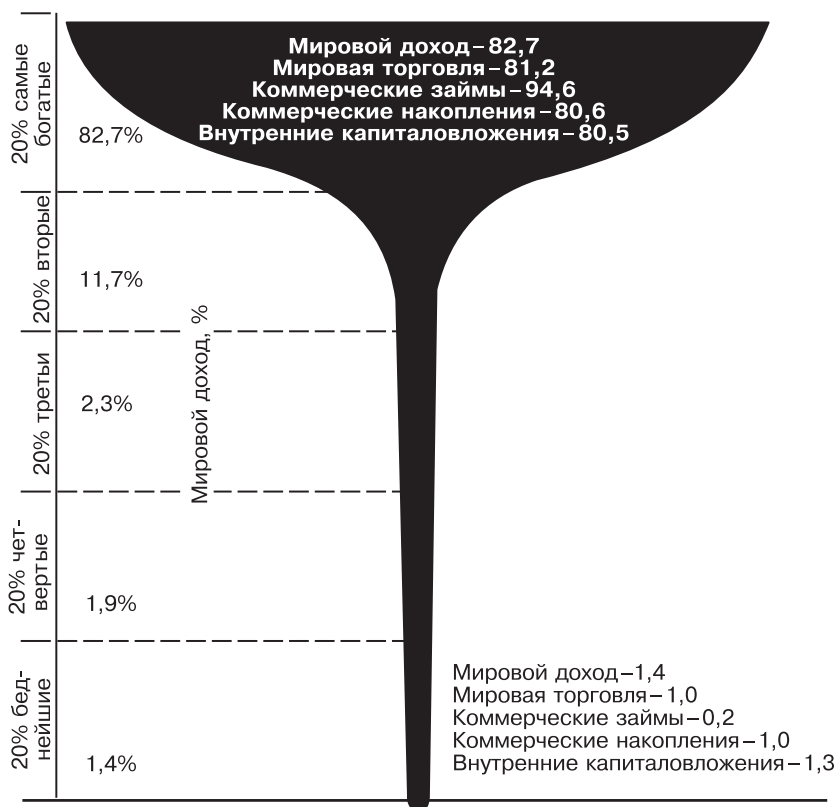


Рис. 2.1. Распределение мирового дохода и экономической активности в 1989 г., в % от общего объема (доли населения, упорядоченные по доходам)

Сейчас для определения неравенства используется индекс Джини или коэффициент Джини (в честь предложившего эту статистическую модель итальянского статистика и демографа Корrado Джини).

Индекс Джини — это процентный аналог коэффициента Джини.

Коэффициент Джини — это статистический показатель, свидетельствующий о степени расслоения общества данной страны или региона по отношению к какому-либо изучаемому признаку (например, по уровню годового дохода — наиболее частое применение, особенно при современных экономических расчетах). Коэффициент Джини может принимать значения от нуля до единицы (0–1).

Другими словами, это макроэкономический показатель, характеризующий дифференциацию денежных доходов населения в виде степени отклонения фактического распределения доходов от абсолютно равного их распределения между всеми жителями страны.

Коэффициент Джини свидетельствует о резком обособлении групп богатых и бедных в российском обществе (рис. 2.2).

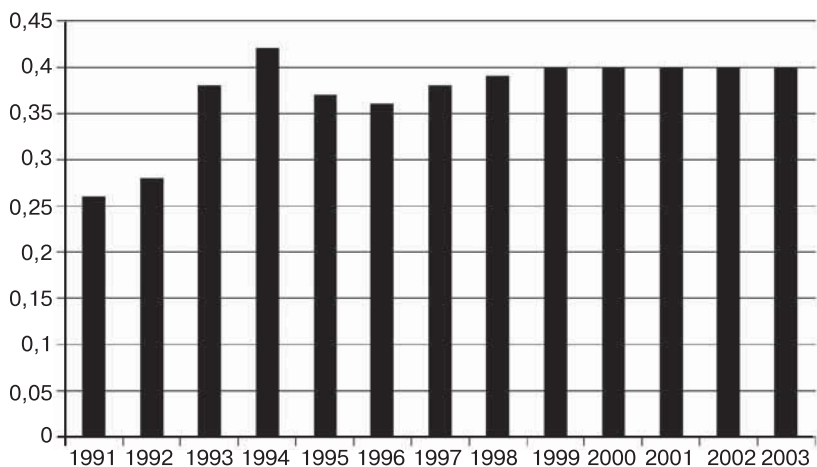


Рис. 2.2. Динамика коэффициента Джини в России с 1991 по 2003 г.⁶

Неудивительно, что в этих условиях примерно треть людей на Земле недоедает, имеет малый относительно нормы вес, страдает от болезней, имеет низкую продолжительность жизни, причем значительное число людей умирает от голода. Особенно это сказывается на детях и женщинах. В то же время другая треть человечества переживает и страдает от болезней, связанных с избыточным весом.

Еще одной абсолютно недостойной характеристикой вида «человек разумный» стало использование вооруженных конфликтов для достижения политических или социальных целей. Военные конфликты начались с момента выделения человека разумного в самостоятельный вид (а может быть, и до этого времени) и не прекращаются до сих пор. На протяжении 2 млн лет становления и развития

⁶ Ретюм А. Ю. Мониторинг развития. М.: Хорион, 2004.

человечества геноцид был нормой отношений между соседними стаями — племенами. Т. Гоббс охарактеризовал это формулой «война всех против всех».

С периода неолита начали возникать союзы определенных сообществ, направленные против общего врага. Борьба с внешним врагом консолидировала племенную, государственную и любую другую иерархическую систему и зачастую использовалась политиками и политиканами именно для этих целей. История человечества в значительной степени представляет собой историю непрерывных войн племен, народов, наций, империй, кланов и партий.

После использования США атомных бомб в Хиросиме и Нагасаки в целях устрашения мирового сообщества и последовавшей гонки вооружений человечество как будто осознало необходимость отказа от использования ядерных вооружений из-за угрозы ликвидации самого существования человеческой цивилизации. После Второй мировой войны была создана система ООН с Советом безопасности, главной задачей которой является реализация переговорного подхода при решении конфликтов между государствами.

Тем не менее локальные войны отнюдь не прекратились. В 1945—1985 гг. в мире имели место 160 вооруженных конфликтов, причем 151 из них — в развивающихся странах. В этих войнах погибло 25—35 млн человек. За 40 лет только 26 дней были свободны от войн.

В 1993 г. на планете произошли 34 военных конфликта. В их основе лежала борьба за власть, территории и ресурсы. На рис. 2.3 показаны мировые военные расходы в сравнении с долей затрат, необходимых для решения основных проблем сохранения биосферы, развития систем образования и здравоохранения через программы ООН⁷.

Войны всегда приводили к возвышению одних народов над другими, и в то же время они являлись причиной распада некогда могущественнейших империй. Но всегда даже мировые войны носили локальный характер и происходили между различными народами, государствами, порой объединенными в союзы. Никогда раньше, по крайней мере в исторические времена, проблема не носила глобального характера. Теперь приведение условий экономического развития в соответствие с законами природы требует глобального объединения всех людей Земли.

⁷ Эти данные взяты из книги: *Henderson Hazel. Paradigms in Progress. Life Beyond Economics*, опубликованной в 1991 г., но положение остается практически таким же и теперь.

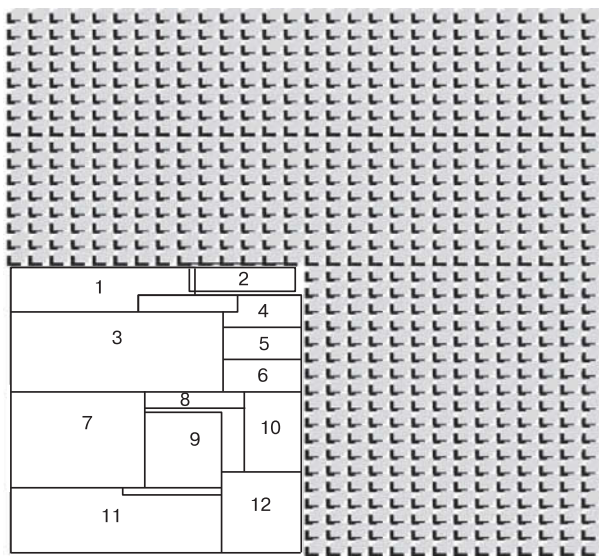


Рис. 2.3. Мировые военные расходы в сравнении с долей затрат на решение основных проблем биосферы, образования и здравоохранения

Вся таблица — совокупные мировые военные расходы в год, 1 трлн долл. США, 0,1% ежегодных мировых военных расходов (один квадрат):

- 1 — предотвращение эрозии почв, 24 млрд долл.;
- 2 — стабилизация численности населения, 9 млрд долл.;
- 3 — получение чистой, безопасной энергии: возобновимые источники энергии, 17 млрд долл., энергоэффективность, 33 млрд долл.;
- 4 — остановка уничтожения лесов, 7 млрд долл.;
- 5 — предотвращение глобального потепления, 8 млрд долл.;
- 6 — предотвращение кислотных осадков, 8 млрд долл.;
- 7 — погашение задолженности развивающихся стран, 30 млрд долл.;
- 8 — искоренение безработицы, 21 млрд долл.;
- 9 — предоставление крова, 21 млрд долл.;
- 10 — обеспечение здравоохранения, 9 млрд долл.;
- 11 — обеспечение чистой питьевой водой, 50 млрд долл.;
- 12 — искоренение голода и неполноценного питания, 19 млрд долл.

2.2. Концепция устойчивого развития

К последней четверти XX в. мир все больше осознавал тот факт, что стихийное социально-экономическое развитие цивилизации ведет ее в тупик. Народонаселение растет экспоненциально. Межгосударственные, межэтнические, межрелигиозные противоречия не только не ослабевают, но продолжают решаться с позиций силы, в том числе ценой кровопролитных и разрушительных войн. Круговорот веществ в природе не восполняет изъятий из нее необходимого сырья для удовлетворения все возрастающих потребностей людей продуктами экономики. Биосфера не успевает ассимилировать выбросы различных отраслей производств и других продуктов жизнедеятельности человека. Уменьшается плодородие почв. Все больше сокращается площадь лесов — главных поставщиков кислорода в атмосферу Земли. Нарастает скорость исчезновения видов растений и животных. Все больше ощущается недостаток пресной воды. Изменение климата все в большей степени затрагивает образ жизни людей. Появилась угроза истощения озонового слоя, ведущая к стерилизации жизни.

Несоответствие объемов изъятия из природы и выбросов в нее возможностям биосферы по их восполнению и ассимиляции всегда приводило к кризисам, которые, как правило, носили локальный характер. Таких кризисов в истории цивилизации было много: уничтожение источников питания после истребления крупных животных во время неолита, гибель многих локальных цивилизаций (шумеров, майя, острова Пасхи).

Развитие методов компьютерного моделирования сделало возможными виртуальные эксперименты по исследованию тенденций развития цивилизации. Большое влияние на формирование идей по выходу цивилизации из кризиса оказало исследование Донеллы Медоуз, Дениса Медоуза, Йоргена Рандерса, выполненное по заказу Римского клуба. Их книга «Пределы роста» была опубликована в 1972 г. и сразу стала очень популярна⁸. Основная идея книги состоит в том, что развитие цивилизации по сложившемуся механизму формирования и удовлетворения потребностей всё возрастающего народонаселения неизбежно ведет к катастрофе. В основу разработанной модели развития цивилизации положены сложившиеся

⁸ В 2012 г. вышло четвертое издание этой книги: *Медоуз Д., Рандерс Й., Медоуз Д.* Пределы роста: 30 лет спустя. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.

Состояние мира

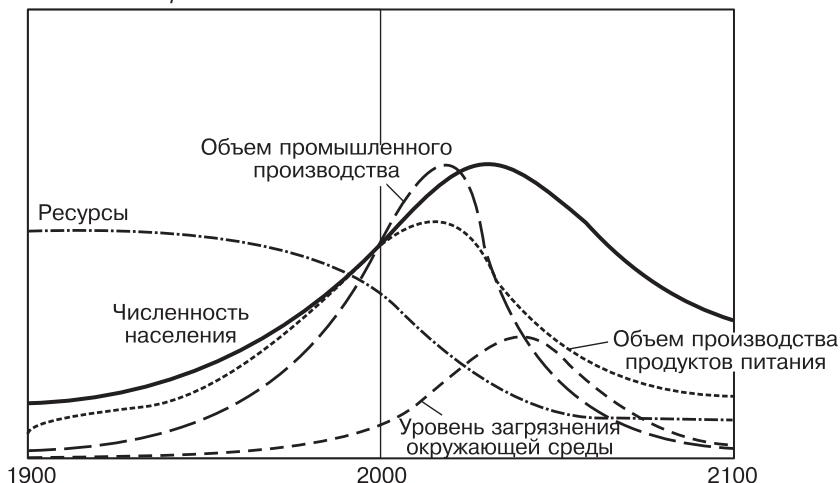


Рис. 2.4. Типичные кривые, характеризующие тенденции происходящих во времени изменений

Состояние мира

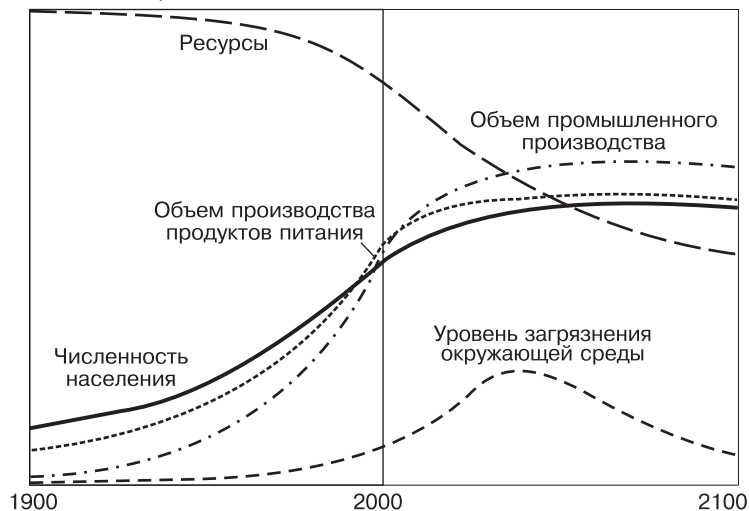


Рис. 2.5. Взаимозависимость роста народонаселения, производства продуктов питания, истощения природных ресурсов, роста промышленного производства и изменения уровня загрязнения окружающей среды при стабилизации численности народонаселения

к настоящему времени взаимозависимости роста народонаселения, производства продуктов питания, истощения природных ресурсов, роста промышленного производства и изменения уровня загрязнения окружающей среды. Типичные кривые, характеризующие тенденции происходящих во времени изменений, показаны на рис. 2.4.

Авторы «Пределов роста» неоднократно обращали внимание на то, что речь идет не столько о предсказании катастрофы в определенный промежуток времени, сколько о неизбежности изменения пути развития цивилизации в наиболее короткий срок. Большинство ученых считают, что именно XXI век должен стать поворотным в истории цивилизации и что необратимые изменения в природе произойдут в середине этого столетия.

При внесении в рассматриваемую модель изменений определенных параметров и в первую очередь стабилизации народонаселения можно достичь улучшения основных характеристик качества жизни людей с последующим их сохранением в будущем (рис. 2.5).

Главная движущая сила изменений в природе состоит в удовлетворении различных потребностей организмов. Все организмы стремятся к увеличению численности своего вида. В природе их количество регулируется пищевыми ресурсами. Человек в результате овладения огнем, организации социума, развития науки и техники, осуществления сельскохозяйственной и промышленной деятельности преодолел это ограничение. Такое развитие и породило опасность мировой катастрофы.

В основе идеологии современного общества многое должен регулировать свободный рынок. Однако рынок, как правило, не учитывает истинных затрат на производство продукта, связанного с якобы бесплатностью природных ресурсов: воды, воздуха, восстановлением природных ландшафтов, ухудшением качества среды обитания для всех форм жизни и т. д.

Фактически на планете функционирует потребительское общество, в котором удовлетворение сиюминутных желаний определяет его развитие на долгосрочный период.

Пространственно-временной график областей человеческих интересов представлен на рис. 2.6.

«Хотя интересы живущих в мире людей различаются по пространству и времени, которые они охватывают, любой из них попадает в какую-либо часть этого пространственно-временного графика. Интересы большинства живущих в мире людей сосредоточены на вопросах, которые затрагивают только их семью и друзей в течение

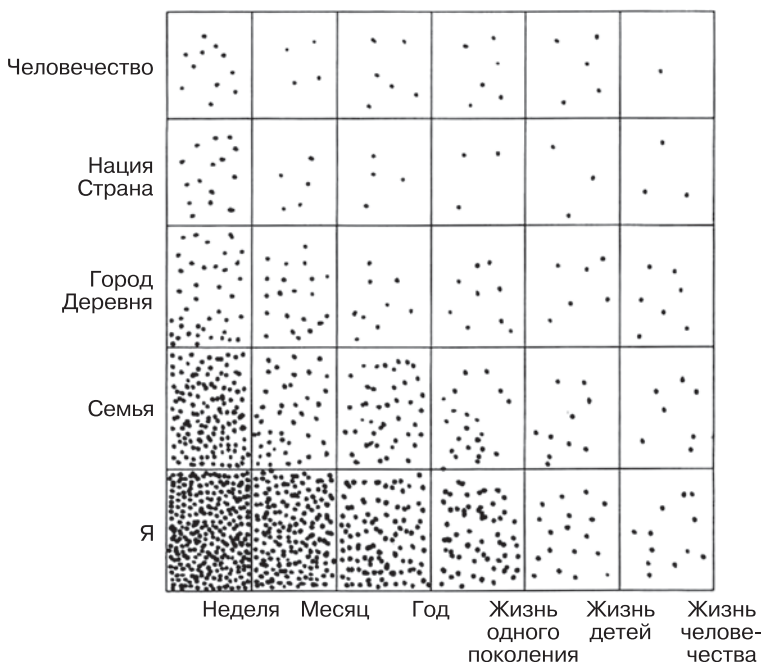


Рис. 2.6. Области человеческих интересов⁹

короткого промежутка времени. Другие заглядывают дальше в будущее или рассматривают большее пространство — город или страну, и лишь совсем немногие интересуются глобальными вопросами, затрагивающими весьма далекое будущее».

В 1983 г. ООН создала специальную комиссию (под председательством Гро Харлем Брундтланд), работа которой завершилась представлением в 1987 г. доклада «Наше общее будущее». В основе доклада лежит *концепция устойчивого развития* — модель улучшения качества жизни текущего поколения, не лишая таких же возможностей последующие поколения. Условием устойчивого развития должно быть его осуществление в пределах несущей емкости биосферы, т. е. в пределах ее самовосстановления.

По существу речь идет о формировании нового нравственного идеала человека, меняющего свои потребности на добровольной

⁹ Медоуз Д., Медоуз Д., Рандерс Й., Беренс В.В. III. Пределы роста. М.: Изд. Московского университета, 1991.

основе и принимающего на себя всю полноту ответственности за условия жизни других людей и всех видов живого вещества на Земле.

Главное содержание *модели устойчивого развития* состоит в необходимости гармонизации отношений человека, общества и природы, их согласованных изменений, коэволюции (принципа гармоничного совместного развития природы и общества). Это должно привести не только к улучшению качества жизни людей, но и к сохранению биоразнообразия в природе.

Устойчивому развитию нет альтернативы. Это сложный процесс, который может быть охарактеризован различными индикаторами. В области окружающей среды такими индикаторами являются:

- потребление чистой первичной продукции, т. е. использование продукции фотосинтеза, включая ее потери, как неизбежные, так и предотвращаемые; оптимальное потребление полностью определяется законом термодинамики;
- прирост или сокращение площадей земного пространства, не нарушенных хозяйственной деятельностью;
- отслеживание прироста или истощения природных ресурсов: обрабатываемых земель, пресной воды, минерального сырья, растений и животных;
- загрязнение природных сред и оценка риска для живых организмов, вызванного им;
- динамика биоразнообразия;
- изменения в составе атмосферы и состоянии озонового слоя.

Индикаторы в области экономики — это:

- тенденции в изменении объема валового национального продукта, материало- и энергоемкости изделий и процессов;
- отслеживание реструктуризации экономики;
- показатели производительности труда;
- совершенствование технологии, уменьшение отходов, их переработка и захоронение;
- увеличение доли вечных и возобновляемых источников энергии в общем энергетическом потреблении.

Индикаторы в области социальной сферы:

- численность народонаселения, включая возрастной, гендерный, национальный состав и соотношение городского и сельского населения;
- рождаемость и смертность, продолжительность жизни, индикаторы здорового образа жизни;

- доступ к образованию и информации;
- уровень доходов и разрыв в обеспеченности разных категорий граждан;
- показатели влияния окружающей среды на здоровье людей;
- показатели социальной активности граждан: участие в выборах, референдумах, в работе местных органов самоуправления и общественных организациях.

В 1992 г. в г. Рио-де-Жанейро состоялась Конференция ООН по устойчивому развитию. Конференция приняла программный документ «Повестка дня на XXI век». Почти все государства — члены ООН разработали национальные программы по переходу к устойчивому развитию. Эти документы отражают состояние разных государств в настоящий момент, так как каждая страна не только располагает разными ресурсами, но и имеет свои приоритетные проблемы как тактического, так и стратегического характера. Тем не менее неоднократно делались попытки найти общий показатель измерения продвижения отдельных государств по пути устойчивого развития. Одной из наиболее удачных попыток стал «индекс развития человеческого потенциала».

Индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП) (Human Development Index, HDI) — индекс для сравнительной оценки бедности, грамотности, образования, средней продолжительности жизни и других показателей страны. Индекс был разработан в 1990 г. пакистанским экономистом М. Зия-уль-Хаком и использовался с 1993 г. ООН в ежегодном отчете по развитию человеческого потенциала.

При подсчете ИРЧП учитываются следующие показатели:

- средняя предполагаемая продолжительность жизни при рождении;
- уровень грамотности взрослого населения страны ($2/3$ индекса) и совокупная доля учащихся ($1/3$ индекса);
- уровень жизни, оцененный через валовой внутренний продукт (ВВП) на душу населения при паритете покупательной способности в долларах США.

Индекс развития человеческого потенциала для различных групп стран представлен на рис. 2.7.

Очевидно, что потенциал развития СССР и ориентированных на него стран был исчерпан уже к 1980 г.

Анализ показывает, что наибольшее влияние на изменение ИРЧП во времени оказывает средняя ожидаемая продолжительность жизни при рождении человека.

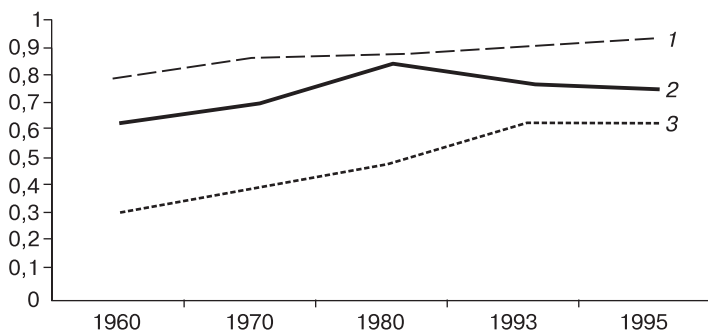


Рис. 2.7. Индекс развития человеческого потенциала: 1 — индустриальные страны, 2 — страны Восточной Европы, 3 — развивающиеся страны

Средняя ожидаемая продолжительность жизни при рождении вычисляется как число лет, которое в среднем предстояло бы прожить одному человеку из поколения родившихся в данном году, если бы уровень смертности на протяжении всей жизни этого поколения в каждом возрасте оставался таким же, как в год вычисления этого показателя. Эта величина в разных странах колеблется в широком диапазоне. В 1989 г. она была менее 35 лет в Сьерра-Леоне в западной Африке и более 78 лет в Японии и Исландии. Средняя продолжительность жизни в мире в целом составляла 63 года. Средняя продолжительность жизни женщин больше, чем мужчин. В нашей стране в 1989 г. средняя продолжительность жизни была равна 70 годам. К 1996 г. показатель снизился до 64 лет и составлял 72,5 года для женщин и 60 лет для мужчин. Это самый большой разрыв в продолжительности жизни женщин и мужчин для развитых стран. В 2009 г. ожидаемая продолжительность жизни составляла 68,7 лет — 62,8 у мужчин, 74,7 у женщин.

Индекс средней ожидаемой продолжительности жизни входит одним из слагаемых в индекс развития человеческого потенциала. Он нормируется, принимая максимальную продолжительность за 1, а минимальную за 0,1. Этот индекс в обобщенном виде отражает состояние здоровья населения и позволяет оценить число лет трудового возраста. Одновременно он отражает потребление товаров и услуг, качество питания и медицинского обслуживания, состояние окружающей среды и т. д.

Средняя ожидаемая продолжительность жизни — наиболее быстро меняющийся фактор при расчете индекса развития человеческого

потенциала. На рис. 2.8 приведены данные для Японии, связанные с атомными взрывами, и для Китая в период осуществления там попытки массовой коллективизации.

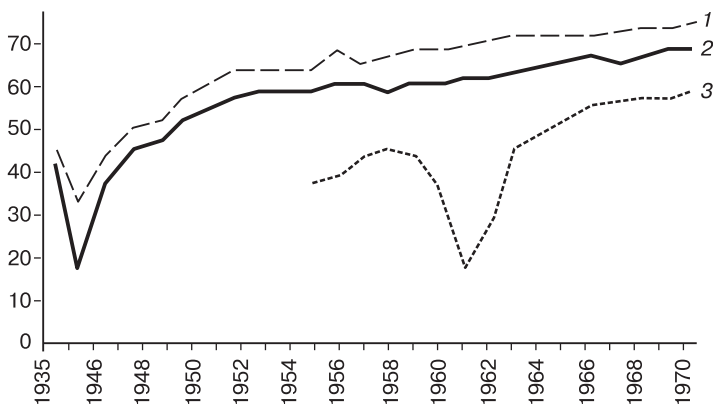


Рис. 2.8. Средняя ожидаемая продолжительность жизни: 1 — женщин в Японии, 2 — мужчин в Японии, 3 — женщин и мужчин в Китае

Как показывает график, в обоих случаях трех лет было достаточно, чтобы вернуться к прежнему состоянию.

ИРЧП характеризует различные возможности стран продвигаться по пути устойчивого развития.

На рис. 2.9 и 2.10 показан ИРЧП для России за период с 1913 по 2002 г. и с 2000 по 2007 г. соответственно.

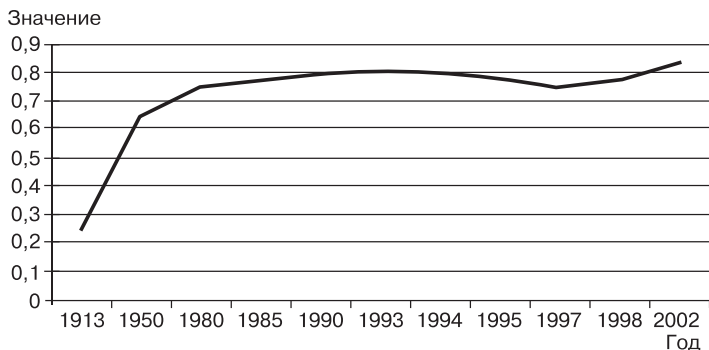


Рис. 2.9. Индекс развития человеческого потенциала в Российской Федерации с 1913 по 2002 г.

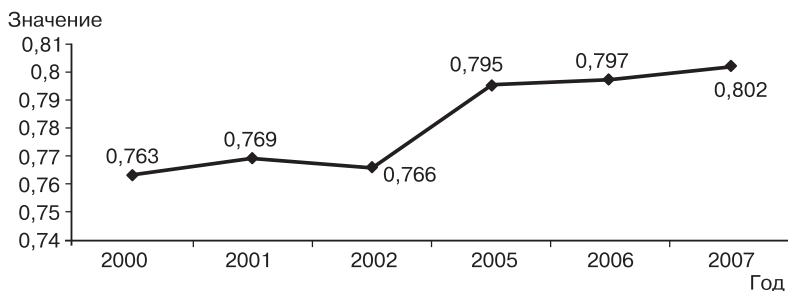


Рис. 2.10. Индекс развития человеческого потенциала в Российской Федерации с 2000 по 2007 г.

В 2010 и 2011 гг. ИРЧП для России составлял 0,755.

Индекс уровня образованности — одно из слагаемых индекса развития человеческого потенциала — характеризует в обобщенном виде количество и качество накопленных знаний и умений. Он отражает квалификационный и интеллектуальный потенциал страны и определяет производительность труда.

Индекс уровня образованности вычисляется из удельного веса грамотных взрослых и удельных весов учащихся начальных, средних и высших учебных заведений в соответствующих возрастных группах.

Следует признать, что деятельность человека подвела биосферу к пороговой черте. Альтернативы устойчивому развитию нет. Практическая реализация модели устойчивого развития требует согласованных действий всего человечества в кратчайшие сроки.

2.3. Стабилизация численности населения

Одна из главных задач человечества на пути устойчивого развития — стабилизация численности населения. К 2000 г. на Земле проживало 6 млрд 300 млн человек, в 2011 г. — 7,2 млрд. Это такое же число людей, сколько жило в период с момента выделения *Homo sapiens* 4 млн лет назад в самостоятельный вид до 1950 г. При этом ежегодный прирост населения составлял 80 млн человек. Столько людей проживает сейчас в Великобритании, Бельгии, Дании и Швеции вместе взятых. Рост народонаселения характеризуется большой неравномерностью на разных материках и в разных странах. Это рождает ряд специфических проблем, связанных с развитием и сохранением культуры разных народов, государственной целостности, справедливого распределения труда, развития торговли и т. п.

Теория демографического перехода — теория, связывающая особенности демографической ситуации с экономическим ростом и социальным прогрессом в зависимости от четырех стадий демографического развития, которые страны и регионы проходят в разное время.

Изменение численности населения определяется как разница между количеством родившихся и умерших жителей. На рис. 2.11 представлено соотношение коэффициентов рождаемости, смертности и прироста населения на различных стадиях демографического перехода. На первой, доиндустриальной, стадии население мира почти не росло, так как высокая рождаемость компенсировалась высокой смертностью. К началу сельскохозяйственной революции население Земли составляло всего 8 млн человек (существенно меньше, чем в современной Москве). С началом промышленной революции (вторая половина XVIII в.) на переходной стадии смертность уменьшается из-за улучшения питания и соблюдения определенных норм гигиены. Численность населения растет со скоростью 2,5–3% в год. На индустриальной третьей стадии рождаемость снижается и количество рожденных приближается к количеству умерших. На уменьшение рождаемости влияют изменение рынка труда в связи с ростом производительности, рост стоимости образовательных услуг, повышающих качество труда, повышение образовательного уровня женщин и их занятости в производстве и пр. Большинство развитых стран в настоящее время находится на этой стадии. Рождаемость и

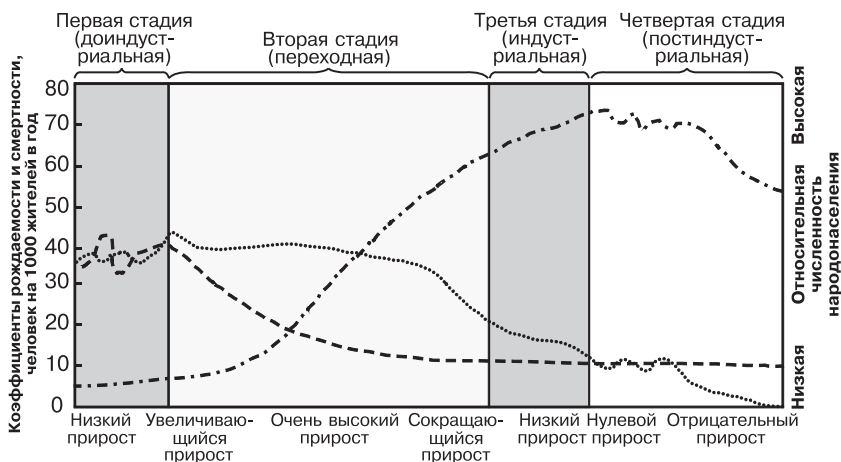


Рис. 2.11. Стадии демографического перехода

смертность уравнивают друг друга, и численность населения стабилизируется или даже несколько сокращается.

Важными демографическими характеристиками, отражающими в первую очередь качество жизни, включая питание, чистую питьевую воду, медицинское обслуживание и т. д., признаны средняя ожидаемая продолжительность жизни при рождении и младенческая смертность. Для России эти показатели представлены на рис. 2.12, 2.13.

На рис. 2.14 показаны коэффициенты рождаемости и смертности для России за период с 1970 по 2010 г.

Младенческая смертность определяется как число детей, умерших в течение первого года жизни в расчете на 1000 рожденных. В среднем в мире в 1989 г. она была равной 77 и в зависимости от страны различалась: от 3,4 в Финляндии до 175 в Мали.

Данные табл. 2.1 показывают, как разделен мир с демографической точки зрения.

Европейские страны и Япония стабилизировали или даже сокращают численность своего населения, в то время как Индия, Эфиопия, Саудовская Аравия, Пакистан и др. еще увеличат свое население в 2–3 раза до начала четвертой стадии демографического перехода, (стабилизации численности населения). Это неизбежно приведет к еще большей неудовлетворенности базовых потребностей населения в продуктах питания, питьевой воде, топливе для приготовления пищи и обогрева жилищ в этих странах.

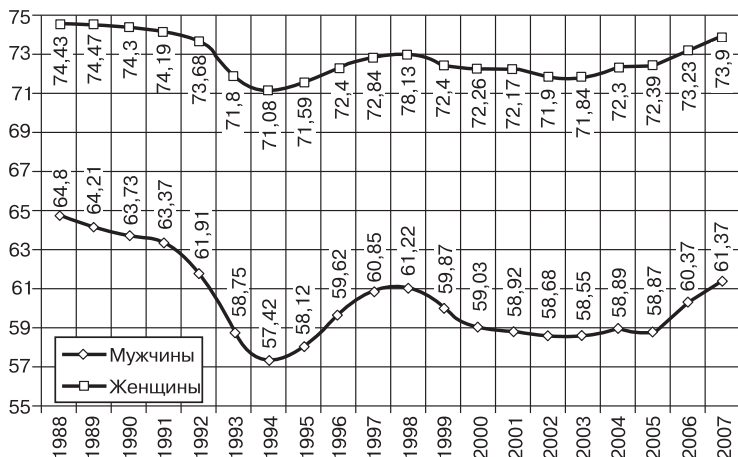


Рис. 2.12. Средняя ожидаемая продолжительность жизни в России

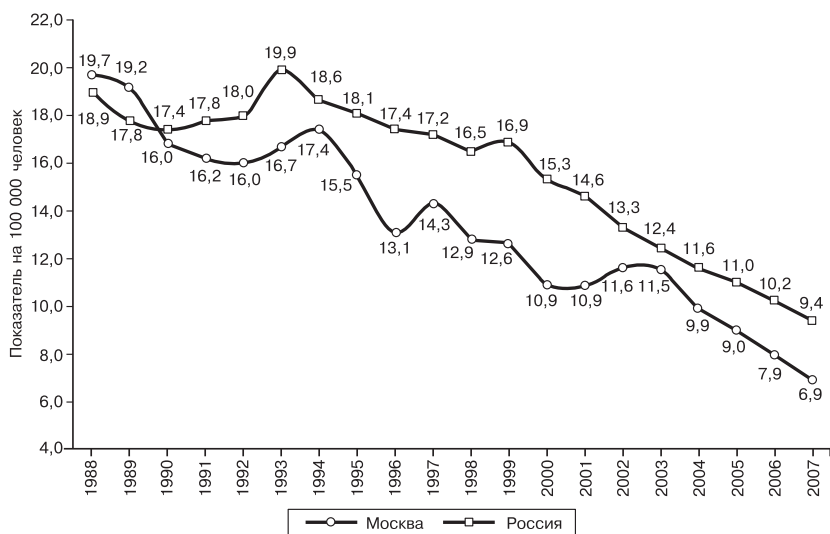


Рис. 2.13. Младенческая смертность в России и Москве

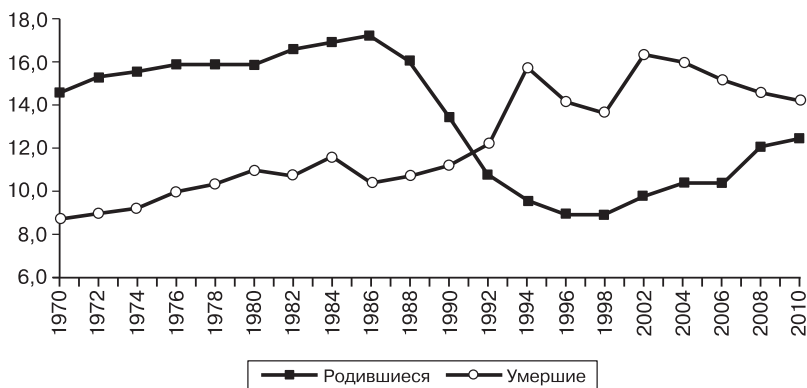


Рис. 2.14. Общие коэффициенты рождаемости и смертности (родившиеся и умершие на 1000 человек) в России¹⁰

¹⁰ По данным Федеральной службы государственной статистики. «Социальное положение и уровень жизни населения России – 2010».

Таблица 2.1. Уровень рождаемости в разных странах в 2001 г.

Страна	Среднее число детей на одну женщину	Численность населения, середина 2001 г., млн человек
Страны, где рождаемость ниже уровня простого воспроизводства населения		
Россия	1,2	144
Италия	1,2	58
Япония	1,3	127
Германия	1,3	82
Польша	1,4	39
Австралия	1,7	19
Великобритания	1,7	60
Китай	1,8	1273
Франция	1,8	59
США	2,1	258
Страны, где рождаемость выше уровня простого воспроизводства населения		
Бразилия	2,4	172
Индонезия	2,7	206
Индия	3,2	1033
Пакистан	5,6	145
Танзания	5,6	36
Саудовская Аравия	5,7	21
Нигерия	5,8	127
Эфиопия	5,9	65
Демократическая республика Конго	7,0	54
Йемен	7,2	18

Перспективные расчеты в области демографии чаще всего представляются в трех вариантах: низшем, среднем и высшем в зависимости от заложенных условий (предполагаемой динамики основных демографических параметров — коэффициентов рождаемости и смертности и ряда других).

Данные всех представленных в табл. 2.2 вариантов разработаны не только по миру в целом, но и отдельно для двух основных групп государств:

- «менее развитые регионы», или развивающиеся страны, к которым, по методологии ООН, относятся Китай и все остальные страны Восточной Азии, за исключением Японии; Южная Азия, Африка, страны Карибского бассейна, Центральная Америка и тропическая зона Южной Америки, Меланезия, Полинезия, Микронезия;
- «более развитые регионы», или экономически развитые страны, включающие Европу, Северную Америку, Австралию, Новую Зеландию и Японию.

Таблица 2.2. Варианты численности населения мира, млн человек¹¹

	Низший		Средний		Высший	
	2020 г.	2050 г.	2020 г.	2050 г.	2020 г.	2050 г.
Всего	7280	7680	7578	9076	7873	10646
в том числе:						
более развитые регионы	1199	1057	1244	1236	1290	1440
менее развитые регионы	5844	6622	6333	7840	6584	9206

ООН в 1994 г. приняла 20-летнюю программу по населению и развитию, основной частью которой стало усиление мер по планированию семьи. Наши знания о физиологии человека позволяют каждой женщине и каждой семье иметь только желанных детей. Использование методов контроля над рождаемостью требует повышения грамотности и общей культуры населения. Женщины составляют 60% из почти 900 млн человек, не умеющих ни писать, ни читать. Социологи

¹¹ Источник: World Population Prospects. The 2004 Revision. V. I: Comprehensive Tables. N.Y., 2005. P. 20–25.

считают, что каждый дополнительный год обучения женщин выше среднестатистического уровня уменьшает на 10% количество детей, рожденных ими.

Больших успехов в осуществлении программы планирования семьи добились Китай, Таиланд, Иран и др. К 2000 г. в 44 странах в среднем на семью приходилось 2 ребенка. В этих странах проживает 2,5 млрд человек. Однако в некоторых странах рождаемость упала ниже уровня простого воспроизводства. Численность населения сокращается в Болгарии, Италии, Украине и в некоторых других странах. В нашей стране из-за превышения смертности над рождаемостью население уменьшается на 800—900 тыс. человек в год.

Важной характеристикой населения любой страны служит возрастная структура, позволяющая оценить потребности страны в образовательных и медицинских учреждениях, рабочих местах, пенсионном обеспечении и т. д.

Диаграмма, отражающая половозрастную структуру населения России на 1 января 2010 г., дана на рис. 2.15.

Важным показателем качества населения служит его образованность.

Важнейшей задачей образовательной системы нашей страны должно стать ее превращение в институт оберегания и укрепления здоровья молодого поколения. Для этого физическая культура должна стать равноправной составляющей всех видов образования. В этом отношении культивирование здорового образа жизни, недопущение и искоренение курения, алкоголизма и наркомании представляют собой задачу общенациональной важности. Курение в этом ряду занимает особое положение. Первая выкуренная сигарета никогда и никому не приносила удовольствия. Привычка возникает из желания быть или казаться взрослым, под давлением ложных друзей, рекламы и (как ни обидно) подталкиванием к этому кино, театром и другими средствами массового воздействия. Этому, конечно, способствует и понятие отсроченного риска. Когда школьнику или даже студенту объясняют, что через 40 лет ежедневного курения он умрет от рака легких, он к этому относится крайне легкомысленно.

В мире из-за курения ежегодно погибает 3 млн человек. В 1998 г. в США умерло от рака легких, эмфиземы и острых бронхитов 390 тыс. граждан. Это эквивалентно ежедневной гибели двух больших пассажирских лайнеров. После обнародования этих данных была развернута активная программа по борьбе с курением, была запрещена реклама табака, запрещено курение во всех общественных местах, включая транспорт.

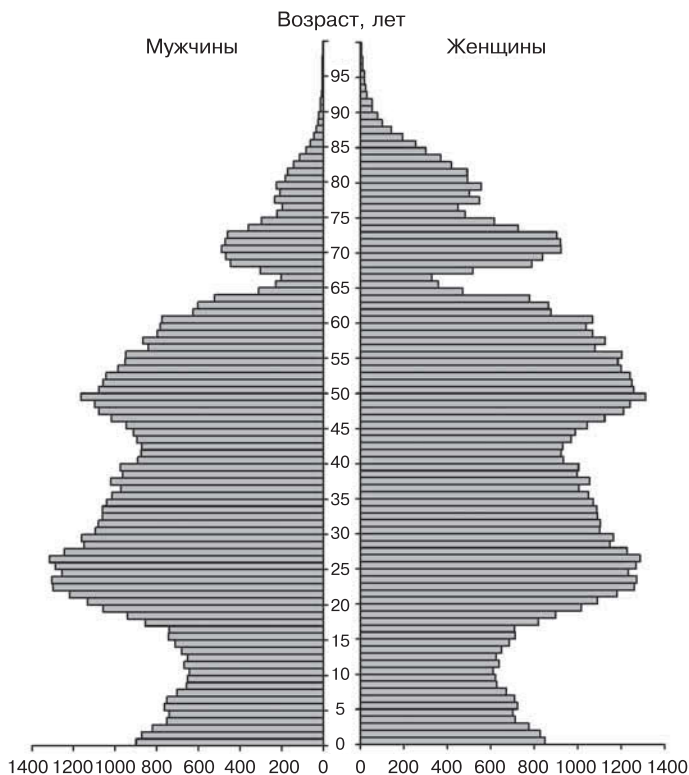


Рис. 2.15. Половозрастная структура населения России на 1 января 2010 г.

В XX в. появились новые заболевания, поражающие все большее число людей: СПИД, коровье бешенство, птичий грипп и др.

Например, синдром приобретенного иммунного дефицита (СПИД) — неизлечимое вирусное заболевание, вызываемое вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ), передающимся половым путем или через зараженную кровь от больного к здоровому, — проявляется как потеря сопротивляемости организма любым инфекциям. В развитых странах число взрослых, зараженных ВИЧ, не превышает 1%. В развивающихся странах оно часто превышает порог возникновения эпидемий, а в некоторых странах достигает до 60%. Особенно от этого заболевания страдает Африка, где некоторые народы уже находятся на грани выживания. Если недостаток питания и вода плохого качества в основном поражают детей, то СПИД наносит ущерб самой работоспособной части населения.

Стабилизация численности людей на планете, повышение качества жизни — главные задачи современности. Человек, как *Homo sapiens*, человек разумный никогда в прошлом не держал такого строгого и безальтернативного экзамена именно на доказательство своей разумности.

2.4. Рост городов

В настоящее время население мира разделено на городское и сельское с тенденцией роста числа горожан. В 1900 г. в городах проживало 150 млн человек, а в 2000 г. — уже 2,9 млрд, что в 19 раз больше.

В городах сосредоточено основное историко-культурное наследие человечества. В них собрана информация, объединены разные формы деятельности, существует особая атмосфера общения, отличающаяся большим числом разнообразных контактов. С древних времен и до наших дней город манит людей, желающих коренным образом изменить свою жизнь, ищущих более счастливой судьбы.

Возникновение городов стало возможным примерно 6 тыс. лет назад, когда применение ирригации в плодородной долине Евфрата позволило использовать рабочую силу не только для поисков продуктов питания. Промышленная революция придала развитию городов новое ускорение. К 1800 г. только Пекин имел население в 1 млн человек. В настоящее время 19 мегаполисов имеют население, превышающее 10 млн человек (табл. 2.3). Сегодня в Токио проживает приблизительно столько же людей, сколько в Канаде, а численность населения Мехико близка к численности населения Австралии. В то же время город как полностью искусственная, созданная человеком среда первым стал ощущать на себе признаки приближающейся экологической катастрофы.

Города занимают менее 2% суши. В них уже проживает более 3 млрд человек. Они потребляют 75% мировых ресурсов. Это приводит к высокой концентрации продовольствия, воды, энергии и материалов в одном месте, что неизбежно требует развитой системы доставки. В то же время города выбрасывают почти 80% диоксида углерода и потребляют до 60% пресной воды. Значительная часть населения городов страдает от недостатка физической нагрузки. Это приводит к росту числа заболеваний, стимулируемых избытком веса: диабету, гипертонии, сердечной недостаточности и т. д. Избыточный вес имеют 61% взрослого населения в США, 54% — в России, 51% — в Великобритании.

Таблица 2.3. Население 10 крупнейших городов мира в 1000, 1900 и 2000 гг.¹²

Город	Численность населения, млн человек в 1000 г.	Город	Численность населения, млн человек в 1900 г.	Город	Численность населения, млн человек в 2000 г.
Кордоба	0,45	Лондон	6,5	Токио	26,4
Кайфенг	0,40	Нью-Йорк	4,2	Мехико	18,1
Константинополь	0,30	Париж	3,3	Бомбей	18,1
Ангкор	0,20	Берлин	2,7	Сан-Паулу	17,8
Киото	0,18	Чикаго	1,7	Нью-Йорк	16,6
Каир	0,14	Вена	1,7	Лагос	13,4
Багдад	0,13	Токио	1,5	Лос-Анджелес	13,1
Нишапур	0,13	Санкт-Петербург	1,4	Калькутта	12,9
Наса	0,11	Манчестер	1,4	Шанхай	12,9
Анхильвада	0,10	Филадельфия	1,4	Буэнос-Айрес	12,6

Недостаточность физической нагрузки человека в городах стала еще ощутимее с развитием автомобильного транспорта. В Москве, например, поездка из спального района до места работы и обратно занимает более 3 часов. Количество автомобилей практически во всех больших городах превысило пропускную систему дорог и емкость пространства для парковки. Автомобили загрязняют воздух в городе. Так, в Москве более 80% выбросов вредных веществ в атмосферу производят бензиновые и дизельные двигатели. В выхлопных газах автомобилей содержится около 300 вредных веществ, в том числе и особо

¹² Источник: U.N. World Urbanization Prospects. New York, 2000.

опасные для здоровья бенз[а]пирен, формальдегид, оксид и диоксид углерода и др. Самые высокие концентрации выбросов наблюдаются в момент начала движения автомобиля, поэтому все большее распространение получают гибридные автомобили, которые начинают движение на электромоторе, а затем переходят на бензиновый двигатель (при достижении оптимальных для окружающей среды и самого двигателя условий работы). Многие ведущие автомобильные компании ведут значительные работы по созданию электромобилей, в том числе на водородном топливе. Это решает проблему загрязнения окружающей среды, но не решает проблему увеличения физической нагрузки для человека. Необходимо развивать общественный транспорт и дополнить его широкой сетью велосипедных и пешеходных дорожек.

Остается нерешенной проблема переработки и захоронения бытового мусора. Городской житель в среднем производит 300–400 кг твердых бытовых отходов в год. В развитых странах они перерабатываются во вторичные материалы и топливо. В Москве, например, часть мусора уничтожается на мусоросжигательных заводах. Это не вполне безопасный метод, так как, например, при сжигании некоторых пластмасс образуются крайне ядовитые диоксины. Более перспективна сортировка мусора. В большинстве развитых стран основная сортировка производится самими гражданами. Возле жилых домов размещаются контейнеры, как правило, окрашенные в разные цвета: отдельно для пищевых отходов, бумаги и картона, бутылок разного по цвету стекла, разных видов пластика, металлических банок. Алюминиевые банки перерабатываются особенно активно, например, в Японии, Швеции и Бразилии (до 80%).

Серьезную проблему городов представляет потребление воды. Международная санитарно-гигиеническая норма воды составляет 235 л на человека в сутки. В Москве и Санкт-Петербурге расходуется около 500 л, в среднем в городах России — 400 л. В большинстве европейских стран потребляется только 150–160 л.

Переход к устойчивому развитию предполагает развитие *экополисов* — городов, находящихся в равновесии с окружающей средой. В какой-то степени эта идея реализована в таких городах, как Кембридж и Оксфорд в Англии, Дубна, Пущино, Новосибирский академгородок в России.

ПЕРЕХОД К ЭНЕРГЕТИКЕ, БЕЗОПАСНОЙ ДЛЯ БИОСФЕРЫ

3.1. Традиционная энергетика

Развитие цивилизации непосредственно связано с совершенствованием использования энергии. Слово «энергия» переводится с греческого как «движение», «деятельность». **Энергия** — единая мера способности системы совершать работу или теплообмен между объектами с различной температурой. Энергию нельзя создать или уничтожить, однако ее можно превращать из одной формы в другую. Это закон сохранения энергии, или первое начало термодинамики.

Различают потенциальную энергию как энергию положения тела в каком-либо поле (гравитационном, электромагнитном) и кинетическую, или энергию движения. Последняя существует в форме энергии поступательного, вращательного и колебательного движения. Химическая энергия (энергия горючих веществ, пищи, компонентов электрических батарей) освобождается в результате химических реакций, т. е. процессов, связанных с изменением электронной структуры атомов или молекул. Ядерная энергия выделяется в результате распада или синтеза ядер.

Человек и все живые организмы существуют только в открытых системах, в процессе получения энергии от внешнего источника. Таким главным источником энергии для нашей планеты стало Солнце. Человек использует напрямую тепло и свет, исходящие от Солнца, а также накопленную в течение миллионов лет энергию фотосинтеза в виде ископаемых угля, нефти и газа. Это исчерпаемые топливные ресурсы. Солнце служит источником таких возобновляемых ресурсов, как энергия растений и животных, составляющая основу питания человека, энергия рек и ветра.

Первым энергетическим ресурсом, широко и повсеместно используемым человеком, были дрова. И сейчас примерно треть человечества для приготовления пищи и обогрева жилищ пользуется в основном дровами. В начале промышленной революции человек стал использовать уголь и паровую машину. Поступательное движение поршня в цилиндре этой машины было преобразовано в круговое движение с помощью кривошипно-шатунного механизма. В современных устройствах вращательное движение обеспечивается через истечение струи пара высокого давления на лопатки турбины. Круговое движение в электрогенераторах позволило преобразовать тепловую энергию в электрическую. Электрический ток возникает в проводнике, движущемся в магнитном поле. Решена и обратная задача использования электричества для получения энергии механического движения в электромоторе.

Любая механическая, электрическая или химическая работа полностью может быть переведена в теплоту, но не наоборот. Только часть тепла системы может быть переведена в работу. Эта часть ограничивается законами термодинамики и определяется теплопередачей от горячего к холодному. Количественно она характеризуется коэффициентом полезного действия ε , выраженным через абсолютные температуры:

$$\varepsilon = (T_1 - T_2)/T_1,$$

где T_1 — температура теплоисточника; T_2 — температура теплоприемника.

В основе второго закона термодинамики лежит то обстоятельство, что работа совершается в результате упорядоченного движения тела, вещества, заряженных или нейтральных частиц, а теплота определяет хаотичность их движения. Второй закон термодинамики справедлив только для изолированных систем.

По мере развития науки и техники человек использовал различные источники энергии. На рис. 3.1 показано, что переход от господства одного источника энергии к другому занимал в прошлом около 50 лет.

В XIX в. и начале XX в. главным источником энергии стал уголь. По свойствам ископаемые угли разделяются на три большие группы: бурые, каменные и антрациты. Они отражают стадии образования углей. Ископаемые угли возникли из органических отложений за миллионы лет, когда торфяные болота многократно оказывались затопленными морями, покрывавшими их песком и илом. Это привело к образованию слоистых месторождений. Толщина слоя угля может

Вклад в суммарное
потребление электроэнергии, %

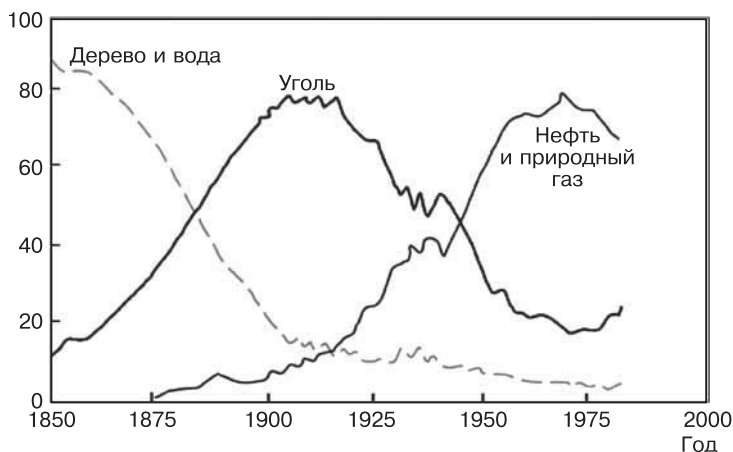


Рис. 3.1. Сдвиги в потреблении энергетических ресурсов в США начиная с 1850 г.

превышать 100 м. В Донецком бассейне толщина таких пластов около 200 м, а в Верхнесилезском — 450.

Образование ископаемых углей характеризуется последовательностью стадий:

торф→бурый уголь→каменный уголь→антрацит→графит.

Зольность углей (количество неорганических веществ после сжигания) колеблется от 10% (Кузнецкий и Канско-Ачинский бассейны в России) до 30–60% (Экибастузский бассейн в Казахстане). Очень вредной примесью является сера. В углях различных месторождений ее объем составляет от 1 до 6%.

Запасы ископаемого угля огромны — от 15 трлн до 30 трлн т. Это в 10 раз больше запасов нефти и газа, вместе взятых. Угли обнаружены даже под ледяным покровом Антарктиды. Уголь добывается подземным и открытым способами. Шахты имеют диаметр в несколько метров, глубину, иногда превышающую 1 км. Шахтный способ относится к весьма опасному производству, главным образом из-за взрывов метана. Открытым способом экскаваторы сначала снимают породы, покрывающие угольные пласты, затем роторные экскаваторы, высота которых сравнима с 13-этажным домом, выбирают и грузят в вагоны уголь со скоростью до 5 тыс. м³/ч. Открытым способом добывают более 60% угля в России.

Современный способ сжигания угля состоит в его измельчении до пылевого состояния и вдувания в факельную топку форсунками. Перспективным стал метод сжигания угля в «кипящем» слое, где слой мелкого угля поддерживается струей горячего воздуха во взвешенном состоянии. Разрабатываются методы поглощения диоксида серы совместным вдуванием угля и оксида кальция. Тепло используется для получения пара с температурой до 650 °С при давлении 10 атм. Этот пар поступает в турбину, состоящую из нескольких контуров. Последовательно проходя через контуры, пар постепенно остывает, затем в теплообменнике он нагревает воду, которую используют для обогрева жилищ и предприятий. Генераторы тепловых электростанций вырабатывают электрическую энергию, для передачи которой по проводам в трансформаторах повышают напряжение до сотен киловольт, чтобы снизить тепловые потери. Мощность современных тепловых электростанций достигает сотен мегаватт.

Основные экологические проблемы, связанные с использованием ископаемых углей, состоят в необходимости рекультивации земель, особенно после открытой добычи, и загрязнения атмосферы продуктами сгорания топлива. Так, оксиды серы и азота приводят к кислотным осадкам, выводящим из использования рыбные озера, особенно в странах, где геологической основой являются граниты и гнейсы, а также поражают леса и сельскохозяйственные угодья. Выброс радиоактивных веществ тепловыми электростанциями, работающими на угле, превышает объем их выделения атомными электростанциями на киловатт вырабатываемой энергии. В некоторых случаях происходит существенное загрязнение атмосферы тяжелыми металлами, например оксидом ванадия (V), ртутью и др. Ископаемый уголь служит сырьем для получения кокса, производства электродов и т. д.

Во второй половине XX в. на первое место в мировом энергетическом балансе вышла нефть. Слово «нефть» появилось в русском языке в XVII в. и происходит от арабского «нафата» — извергать. Она известна с 4—3 тыс. до н. э. и первоначально использовалась в медицине. В настоящее время нефть используется в основном для получения тепла, электрической энергии и топлива для транспорта. Менее 15% добываемой нефти употребляется как сырье для производства многочисленных продуктов: от пластмасс до лекарств и продуктов питания.

Нефть в основном состоит из жидких углеводородов. Она содержит до 5% серы, кислород и азот. По плотности нефть подразделяется на легкую (800—870 кг/м³), среднюю (871—910 кг/м³)

и тяжелую (свыше 910 кг/м^3). Удельная теплота сгорания — $43,4\text{--}46,2 \text{ МДж/кг}$, температура вспышки варьируется в диапазоне $35\text{--}120^\circ\text{C}$. Происхождение нефти до сих пор остается одной из тайн природы. Большинство ученых согласны с гипотезой органического происхождения нефти из остатков растений и животных, живших много миллионов лет назад. Эти остатки скапливались на дне морей и озер в илах. Затем илы перекрывались новыми слоями, уплотнялись и превращались в осадочную породу. При этом органические остатки разлагались бактериями. Опытным путем установлено, что оптимальная температура образования нефти $100\text{--}200^\circ\text{C}$. Такая температура характерна для глубины $4\text{--}6 \text{ км}$. По мере погружения и уплотнения нефть вытеснялась в залегающие выше пористые породы. Благодаря чередованию проницаемых и непроницаемых слоев в недрах Земли образовались емкости, которые мы и определяем как нефтяные месторождения. Больше всего нефти сосредоточено в Азии: на Ближнем и Среднем Востоке, в Западной Сибири и Казахстане.

Для добычи нефти бурят скважины. В некоторых случаях нефть выдавливается из них, если она находится под давлением воды, своего веса или сопутствующего газа. Чаще она откачивается специальными насосами. Чтобы увеличить нефтеотдачу пласта, нефть вытесняют закачиваемой специально в скважину горячей водой, содержащей для утяжеления различные соли, поверхностно-активные вещества и т. д., но и в этих случаях удается извлечь не более 60% нефти. В России нефтеотдача в среднем составляет лишь 35% .

Во второй половине XX в. добыча нефти стала осуществляться не только на суше, но и в прибрежных водах, на шельфе. Для этого сооружаются специальные морские буровые платформы. Глубина бурения в некоторых случаях доходит до 10 км . Добыча нефти на шельфе осуществляется в Каспийском и Северном морях, Мексиканском заливе, в районе Сахалина и во многих других местах. В настоящее время до 60% добываемой нефти извлекается с морского дна.

Нефтепереработка представляет собой сложный процесс очистки нефти от воды, растворимых солей и соединений серы с последующим разделением на фракции с использованием различных температур кипения, испарения и конденсации углеводородов. Разделение нефти на фракции осуществляется в ректификационных колоннах. Эти агрегаты достигают 30 м в высоту. Сырая нефть нагревается до 400°C , легкокипящие вещества в виде газа оказываются наверху колонны, остальные в зависимости от температуры кипения отбирают-

ся фракционно по высоте колонны. Смазочные масла и более низкокипящие фракции концентрируются внизу колонны.

Очевидно, что с истощением нефтяных ресурсов доля нефти, используемой для отопления и работы транспорта, будет уменьшаться, а используемой как исходное сырье для получения пластических масс, лекарств, продуктов питания и т. п. будет возрастать.

Добыча нефти, ее транспорт и переработка порождают серьезные экологические проблемы. Может быть, одной из самых серьезных из них стало загрязнение океана при авариях заполненных нефтью танкеров, а также при нарушении правил их эксплуатации.

Обычным спутником нефти является горючий природный газ. По своему составу это смесь метана, этана, пропана, бутана и пентана. В нем содержатся также гелий, аргон, водород и ртуть. На 85–99,5% природный газ состоит из метана, иногда в месторождениях газа присутствуют газоконденсаты — легкокипящие жидкости углеводородов. В отличие от нефти содержание серы в нем незначительно, поэтому использование природного газа на тепловых станциях предпочтительнее использования нефти и угля.

Сейчас природный газ вместе с нефтью составляет основу топливно-энергетического баланса в мире. Россия в настоящее время обеспечивает почти треть мировой добычи газа.

Уголь, нефть и газ — исчерпаемые источники энергии. Сроки их истощения различны. При современной скорости изъятия их из природы при сегодняшних технологиях добычи и переработки запасов угля хватит более чем на 200 лет, нефти на 45 лет, а газа — на 50 лет.

Но у этих носителей энергии есть одна очень важная отрицательная черта. Конечным продуктом их использования является углекислый газ, вызывающий парниковый эффект и, по мнению большинства ученых, ответственный за изменение климата на Земле.

3.2. Изменение климата

Климат — усредненная погода в течение длительного периода (30 и более лет), которая характеризуется совокупностью таких факторов, как температура, влажность, ветер, количество осадков и солнечного света.

В результате циркуляции воздуха в тропосфере Земли, теплого — в направлении полюсов и холодного — обратно к экватору, формируется тропический климат на экваторе, холодный — у полюсов и умеренный — в средних широтах между ними.

Земная ось суточного вращения наклонена к плоскости обращения Земли вокруг Солнца на $23,5^\circ$. Поэтому, когда Северный полюс во время движения по орбите наклонен к Солнцу, в Северном полушарии лето, в Южном — зима.

На рис. 3.2 смена сезонов показана только для Северного полушария и обусловлена изменениями количества солнечной энергии, которая поступает на обращающийся вокруг Солнца земной шар, ось которого наклонена под углом $23,5^\circ$.

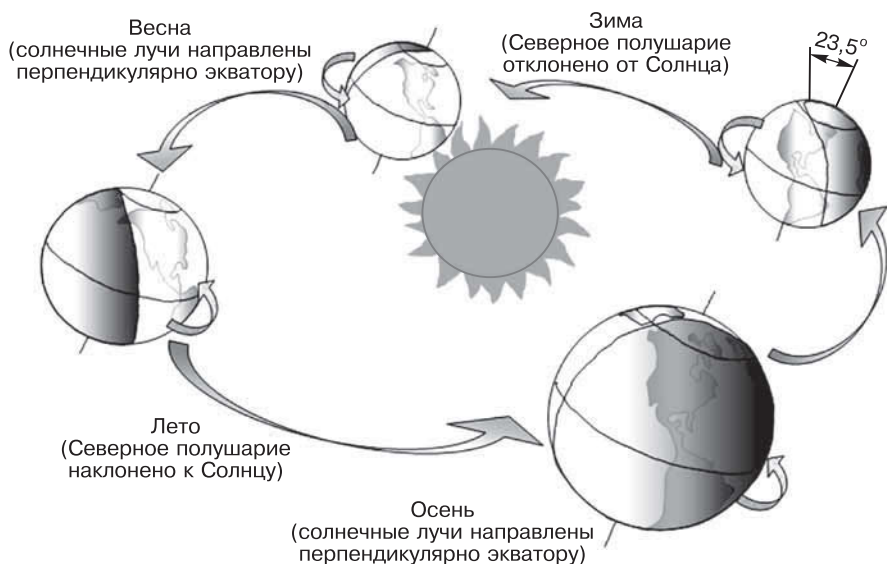


Рис. 3.2. Смена сезонов

Вращение Земли вокруг своей оси приводит к тому, что в каждом полушарии воздушные потоки образуют три обособленных пояса господствующих ветров. Господствующие ветры оказывают влияние на тип климата соответствующих территорий (рис. 3.3).

Разница в температуре поверхности Земли и перемешивание воздушных масс в тропосфере определяют распределение осадков. Огромные количества воды испаряются в теплом климате с поверхности океанов и внутренних водоемов, с поверхности листьев и из почвы. Теплый воздух удерживает больше воды, при его охлаждении она выпадает на землю в виде различных осадков в зависимости от температуры.

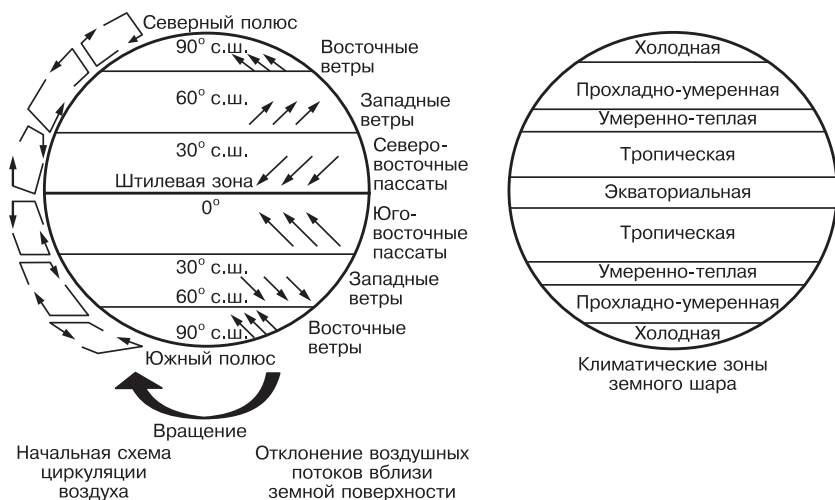


Рис. 3.3. Образование господствующих приземных ветров

На среднюю температуру влияет химический состав атмосферы. Углекислый газ, водяной пар и содержащиеся в меньших количествах метан, озон, оксиды азота и хлорфторуглероды не пропускают инфракрасное (тепловое) излучение Земли. Эти газы пропускают на Землю поток энергии солнечного излучения, но в значительной степени не пропускают испускаемое нагретой Землей тепловое инфракрасное излучение. Эта энергия еще раз переизлучается на Землю, и этот процесс повторяется многократно, прежде чем энергия вернется в космос. Они относятся к «парниковым газам». Если бы в атмосфере Земли не было парниковых газов, средняя температура на планете была бы -25°C , т. е. очень близкой к средней температуре на Марсе.

Стратосферный озон защищает жизнь на Земле от жесткого ультрафиолетового излучения Солнца.

Вращение Земли, наклон земной оси по отношению к орбите движения Земли вокруг Солнца, различная температура воды в океане (а значит, различная плотность воды), преимущественные направления ветров ведут к образованию океанических течений.

Движение вод обусловлено влиянием ветров и трансформируется в результате вращения Земли. Течения образуют в океанах систему огромных «колец» и оказывают значительное воздействие на климат прилегающих территорий. Образуются две огромные кольцевые системы. В Северном полушарии воды движутся по часовой стрелке,

а в Южном — в противоположном направлении. Течение Гольфстрим перемещает в 25 раз больше воды, чем все реки мира. Именно это течение определяет относительную мягкость климата северо-западной Европы.

Климат существенно зависит от рельефа местности. С высотой падает температура. Высочайшая гора Африки Килиманджаро покрыта снегом, хотя находится чуть южнее экватора. Горы изменяют также направление ветров.

Климат изменялся всегда, но со второй половины XX в. наблюдается более заметное его изменение. Ученые считают, что потепление Земли стало следствием усиления парникового эффекта, вызванного деятельностью человека.

Самый большой объем перемещающегося углекислого газа осуществляется во взаимодействии океана с атмосферой. В пересчете на углерод он равен 90 Гт/год ($90 \cdot 10^9$ т/год), обмен атмосферы с сушей эквивалентен 60 Гт/год, а антропогенные выбросы в 1991 г. составили 6,2 Гт. Но в отличие от природных выбросов океана и суши антропогенные выбросы явились добавлением к природному динамическому равновесию, хотя оно, как мы знаем, не было таковым в течение той истории Земли, которую мы можем прочесть по анализу кернов льда, взятых в Гренландии и Антарктиде. Так же как последняя соломинка, согласно библейской притче, сломала спину верблюда, сжигание огромных количеств ископаемого топлива запустило механизм изменения климата.

Существуют два источника антропогенного увеличения концентрации углекислого газа в атмосфере: сжигание ископаемого топлива и вырубка леса.

При получении единицы энергии за счет сжигания угля выделяется на 25% больше CO_2 , чем при сжигании нефти, и на 70% больше, чем при работе тепловой энергетической станции на газе. Лес поглощает углекислый газ в 20 раз более эффективно на единицу площади, чем сельскохозяйственные угодья. В настоящее время влажные тропические леса уничтожаются с угрожающей скоростью для получения деловой древесины, посадки культурных растений и выпаса скота. Если этот процесс не будет остановлен, то через 50 лет останутся только островки этих отличающихся огромным биоразнообразием экосистем.

Возрастание концентрации углекислого газа в атмосфере (рис. 3.4) привело к возрастанию средней годовой температуры.

Систематически среднюю годовую температуру Земли начали измерять с 1880 г. Из рис. 3.5 видно, что если принять за точку отсчета среднюю годовую температуру за период 1950–1980 гг. и обозначить

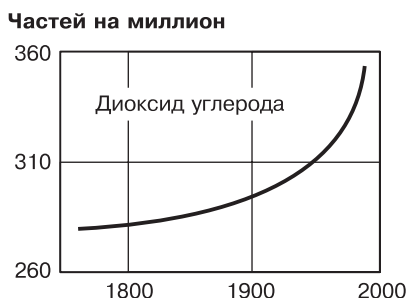


Рис. 3.4. Рост концентрации углекислого газа в атмосфере¹³

ее как нормальную, то среднегодовая температура с 1880 по 1930 г. была ниже нормы. В 1930-е гг. она время от времени поднималась. С 1977 г. отмечается ее постоянный рост: в 1980-е гг. на $+0,26^{\circ}\text{C}$, в 1990-е гг. на $+0,40^{\circ}\text{C}$, в период с 2000 по 2003 г. — на $+0,55^{\circ}\text{C}$. Шестнадцать наиболее теплых лет с 1880 г. приходятся на период после 1980 г., и тенденция к потеплению сохраняется.

1990-е годы были самым теплым десятилетием за все время наблюдений; самым теплым для земного шара в целом был 1998 год (отклонение от нормы — средней температуры за 1961–1990 гг. — составило $+0,58^{\circ}\text{C}$ для земного шара и $+0,66^{\circ}\text{C}$ для Северного полушария). 2003 год по средней годовой глобальной температуре воздуха следует вторым — третьим в ряду наблюдений в целом для земного шара и вторым для Северного полушария. Отклонения от нормы составили $+0,47^{\circ}\text{C}$ и $+0,61^{\circ}\text{C}$ соответственно (рис. 3.5). Третьим самым теплым годом был 2002 г.

Согласно прогнозу Международной комиссии по изменению климата, среднегодовая температура Земли поднимется к 2100 г. на $1,4\text{--}5,8^{\circ}\text{C}$. Она выше над сушей, чем над океаном, а в высоких широтах выше, чем на экваторе. Повышение температуры на 1°C на экваторе отвечает повышению температуры на $2,2\text{--}3,9^{\circ}\text{C}$ на Аляске или Чукотке.

Повышение температуры ведет к экстремальным климатическим погодным явлениям: небывалой жаре, таянию льда, подъему уровня моря, разрушительным бурям и ураганам. Каждый год из разных концов света приходят сообщения о жертвах жары в крупных городах.

¹³ Режим доступа: <http://www.darwin.museum.ru/expos/floor3/Crisis/24.htm>

Температура у поверхности

Изменения климата - 2003

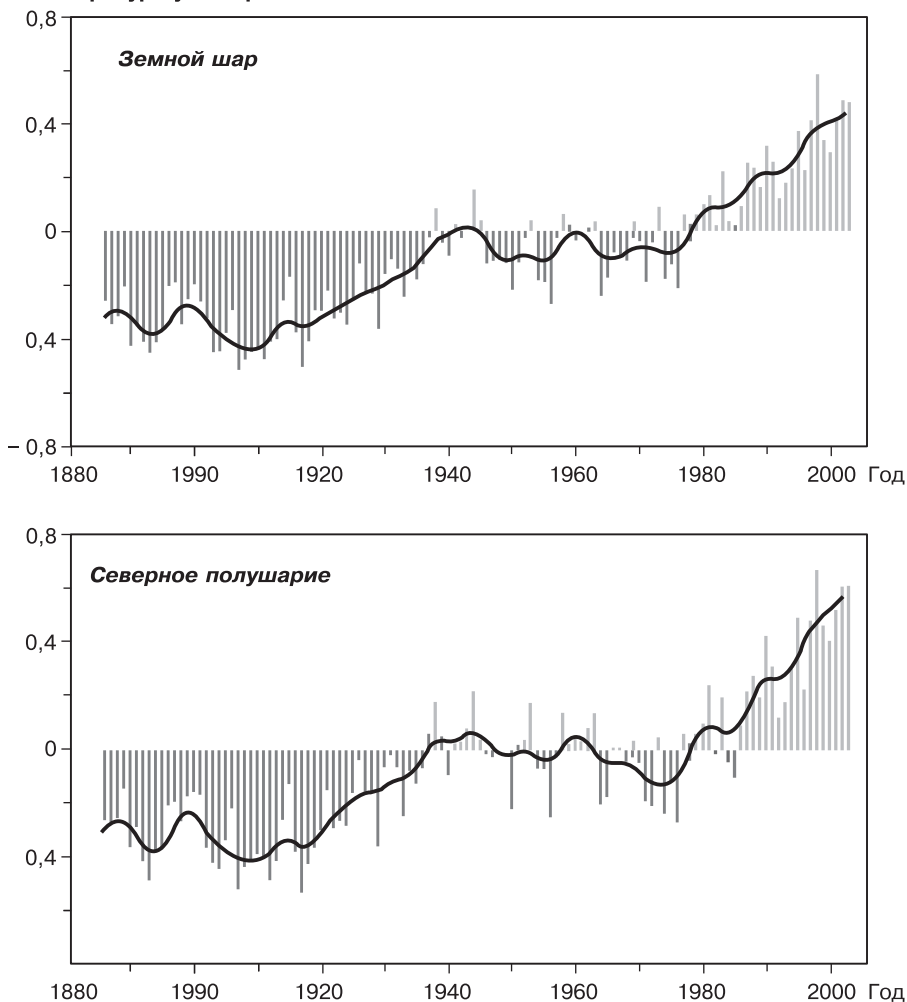


Рис. 3.5. Среднегодовая аномалия температуры у поверхности Земли: аномалия температуры воздуха над сушей и температуры поверхности океана, осредненная по земному шару и Северному полушарию, 1886–2003 гг., °C¹⁴

¹⁴ Climatic Research Unit, University of East Anglia, UK. Режим доступа: <http://www.cru.uea.ac.uk>

Так, в Чикаго в июле 1995 г. пять дней температура держалась 38–41 °С, погибло более 500 человек. В мае 2002 г. в Индии температура достигала +50 °С, погибло несколько тысяч человек.

Одно из наиболее заметных следствий потепления на планете — таяние льдов. В конце 1991 г. в Юго-Западных Альпах было обнаружено неповрежденное тело человека, который замерз 5 тыс. лет назад. В 1999 г. было найдено еще одно тело, дошедшее сохранившимся до нашего времени в тающем леднике Юкона в западной части Канады. Толщина льда в Северном Ледовитом океане в 1960 г. достигала 3 м, сейчас не более 1,8 м. Норвежские ученые полагают, что через 50 лет Северный Ледовитый океан будет полностью свободен ото льда в летние месяцы.

Таяние льда, покрывающего океан, практически не приводит к повышению уровня моря, так как лед легче воды, и выступающая над водой часть компенсируется изменением плотности. В то же время наблюдается таяние льдов, покрывающих сушу. В Гренландии толщина льда достигает 2 км. На третьей части этого огромного острова лед тает с всё возрастающей скоростью. Если растает его ледовый щит, уровень океана поднимется на 7 м. По самому быстрому сценарию, на это потребуются не годы, а века, но и частичное таяние грозит затоплением многим обжитым местам на планете. Вызывает тревогу поступление огромных масс холодной воды в Гольфстрим — теплое течение, превышающее по мощности все реки мира. Если понижение температуры заставит его превратиться в подводное течение, последствия для Европы будут катастрофичными.

В Антарктиде сползают в океан шельфовые ледники. В последние годы XX в. их площадь уменьшалась на 3000 км² в год. В течение последних 50 лет температура на шельфовом льде антарктического полуострова поднялась на 2,5 °С. В 2000 г. огромный айсберг площадью в 11 тыс. км² (в 11 раз больше, чем площадь Москвы) откололся от ледового щита и пустился в плавание. В 2002 г. айсберг величиной в 5,5 тыс. км² тоже оторвался от ледника.

Повсеместно тают высокогорные ледники. Эти «небесные» резервуары пресной воды питают большинство главных рек планеты, дают поливную воду основным сельскохозяйственным регионам, влияют на климат. Сейчас поставлено под угрозу само существование многих из них.

Термическое расширение воды (максимальная плотность при 4 °С) и таяние льда заметно повышают уровень моря. В течение XX в. уровень моря поднялся на 10–20 см. Это в 1,5 раза больше, чем за 2000 лет до этого. По оценке Межправительственной комиссии по

изменению климата, уровень моря в течение XXI в. может подняться на 1 м, что приведет к сокращению посевных площадей, появлению многомиллионных «климатических» беженцев, экологическим потерям, размер которых пока невозможно даже представить.

В табл. 3.1 приведены некоторые примеры таяния льда на Земле.

Таблица 3.1. Примеры таяния льда на Земле¹⁵

Название	Местонахождение	Характеристика потерь
Лед Северного Ледовитого океана	Северный Ледовитый океан	Сокращение площади на 6% по сравнению с 1978 г. Площадь более толстого вечного льда уменьшилась на 14%. Лед стал тоньше на 40% менее чем за 30 лет
Ледовый щит Гренландии	Гренландия	На южном и восточном побережье начиная с 1993 г. толщина льда уменьшается более чем на 1 м
Национальный парк Глейшер	Скалистые горы в США	Осталось менее 50 ледников из 150, существовавших в 1850 г.
Шельфовый ледник Ларсена	Антарктида	В начале 1998 г. откололся айсберг площадью 300 км ² . В 1998–1999 гг. потеряно 1714 км ² ледяного покрова, в 1999–2000 гг. — еще 300 км ²
Ледник Докриани Бамак	Гималаи, Индия	К 1998 г. отступил на 20 м
Горы Тянь-Шань	Центральная Азия	В течение последних 40 лет объем ледников сократился на 22%
Кавказ	Россия	Объем ледников в XX в. сократился на 50%
Альпы	Европа	С 1850 г. объем ледников сократился более чем на 50%
Килиманджаро	Танзания	Площадь шапки льда в 1989–2000 гг. сократилась на 33%. Может полностью исчезнуть к 2015 г.
Ледник Келькайя	Анды, Перу	В 1990 г. скорость отступления выросла в 10 раз и достигла 30 м в год. Может исчезнуть к 2020 г.

¹⁵ Браун Л. Экоэкономика. М.: Весь мир, 2003.

Повышение температуры океана приводит к перемещению в атмосферу больших количеств тепла с воздухом и водяным паром. Это становится причиной разрушительных ураганов. Сильнее других страдают от таких погодных катаклизмов Китай, Япония, Филиппины, Индия и Бангладеш в районе Бенгальского залива и Атлантическое побережье США, страны Центральной Америки и Карибского бассейна. С 1960 по 1990 г. потери от крупномасштабных катастроф выросли в 8 раз и достигли 536 млрд долл. Каждый год средства массовой информации приносят все более частые вести о разрушительных ураганах, тайфунах и наводнениях. С конца XX в. эти явления распространились на Европу и юг нашей страны.

Сегодня никто не может предсказать направление развития событий. Потепление климата ведет к увеличению дефицита пресной воды. Некоторые из наиболее значимых рек мира перестали доходить до своих устьев. Значительное количество дней в году не доходят до моря такие реки, как Колорадо и Хуанхэ. Серьезные трудности возникают в связи с сокращением водных потоков Инда, Ганга, Нила, Иордана, Меконга и других рек. Возникающие проблемы требуют решений на международном уровне.

Потепление климата оказывает большое влияние на урожай, в первую очередь зерновых культур. Во многих странах эти культуры выращиваются при оптимальных для них температурах. Более высокие температуры угнетают и могут полностью прекратить фотосинтез, препятствуют опылению и ведут к потере воды растениями. Хотя повышение концентрации углекислого газа благотворно влияет на фотосинтез, этот эффект не компенсирует потерь.

Для большинства культур фотосинтез возрастает при росте температуры до 20 °С, затем отмечается плато до 35 °С, после чего продуктивность фотосинтеза снижается и при 40 °С полностью останавливается. Наиболее ранимая часть цикла развития риса, пшеницы и кукурузы — время опыления. Как правило, повышение температуры выше 35 °С на 1 °С снижает урожайность на 10%. Будут ли и как скоро выведены новые сорта риса, пшеницы и кукурузы, приспособленные к более высоким температурам, или их придется заменить на более устойчивые к высоким температурам сорго и просо — вопрос ближайших десятилетий.

Перевод главных областей земледелия в Канаду и Сибирь будет осложнен недостаточным плодородием новых почв по сравнению с используемыми сейчас. От изменения климата в настоящее время самые большие потери несут такие отрасли экономики, как страховое

дело и туризм. Но уже в ближайшее время главной проблемой станет сокращение производства продуктов питания.

Такая ситуация выдвигает на первый план проблему сокращения выбросов углекислого газа и других парниковых газов. Существенным продвижением международных усилий по стабилизации концентрации парниковых газов в атмосфере стало вступление в силу Киотского протокола Конвенции ООН по изменению климата. Согласно ему, государства берут на себя обязательства снизить выбросы углекислого газа и пяти других парниковых газов на 5,2% по отношению к выбросам 1990 г. и на 29% против предполагаемого выброса в 2010 г. Эти сокращения различны для разных стран. Страны Европейского союза должны сократить выбросы на 8%, Япония — на 6%, Россия может не уменьшать свои выбросы. Протокол введен в действие 16 февраля 2005 г., после того как его ратифицировала Россия. По условиям, он вступал в силу только после ратификации его государствами, в совокупности отвечающими не менее чем за 55% всех выбросов. К настоящему времени его ратифицировали 153 страны, ответственные за 61% глобальных выбросов парниковых газов. Протокол отказались ратифицировать США (страна, ответственная более чем за $\frac{1}{3}$ выбросов) под тем предлогом, что это может затормозить развитие экономики этой страны. В соответствии с Протоколом, повышение глобальной температуры к 2050 г. оценивается в интервале 0,02–0,28 °C, что существенно меньше прогнозируемого повышения 1,4–5,8 °C к 2100 г.

Одна из самых перспективных областей, влияющих на уменьшение объема выбросов углекислого газа, — снижение потребления энергии, которое может происходить за счет совершенствования технологии и повышения энергетической производительности.

Ярким примером служит использование энергии для освещения. Лампы накаливания 90% энергии переводят в тепло. В то же время они могут быть уже сейчас заменены компактными люминесцентными лампами, выпуск которых освоен промышленностью и ежегодно возрастает на 15–20%. Одна такая 18-ваттная лампа заменяет стандартную 75-ваттную лампу накаливания. Кроме того, она служит в 10 раз дольше. За время своего использования она уменьшает выбросы в атмосферу на 1 л углекислого газа, 4 кг оксидов серы, 1 кг оксидов азота, не считая других выбросов, включающих ртуть и радиоактивные вещества на станциях, работающих на угле, или экономит, по меньшей мере, 200 л нефти, потребляемой электростанцией, работающей на жидком топливе. Из-за большего срока службы ламп экономятся затраты по их установке.

Существенная экономия энергии достигается при сокращении тепловых потерь зданиями. Примеры таких домов пока немногочисленны, но они уже есть в США и Европе. Затраты энергии на поддержание комфортной температуры снижаются почти в 10 раз. Это происходит за счет применения новых теплоизоляционных материалов, окон, использующих прозрачные пленки, которые пропускают видимый свет, но удерживают инфракрасное излучение, окон с трехслойным остеклением, и рациональным использованием тепловых потоков, возникающих в здании для подогрева входящего свежего воздуха.

Кардинальное решение проблемы выбросов углекислого газа произойдет при полном переходе от энергии за счет сжигания ископаемого топлива на альтернативную технологию.

3.3. Альтернативная энергетика

Традиционная энергетика в конечном счете приведет человечество к экологической катастрофе. Помочь изменить ситуацию может альтернативная энергетика.

Ядерная энергия. Пар высокого давления, необходимый для вращения турбины и производства электрической энергии, можно получить разными способами. Один из них — ядерная энергия. Первая атомная станция была пущена в России в 1954 г. в г. Обнинске Калужской области, ее мощность составляла всего 5 тыс. кВт. В настоящее время на атомных станциях вырабатывается около 17% мировой электроэнергии. Ядра одного из изотопов урана ^{235}U распадаются при попадании в них медленных нейтронов на два осколка и нейтроны. На каждые 10 актов деления приходится 25 нейтронов. Они попадают в другие ядра ^{235}U , и осуществляется управляемая цепная реакция (рис. 3.6). При делении 1 г урана выделяется количество энергии, получаемое при сжигании 3 т каменного угля.

На атомных электростанциях контролируемый ядерный распад ^{235}U осуществляется в ядерных реакторах. Схема ядерного реактора представлена на рис. 3.7¹⁶.

Активная зона реактора формируется из тепловыделяющих элементов, собранных в кассеты. Тепловыделяющие элементы представляют собой трубки из сплава циркония с алюминием и ниобием, которые прозрачны для медленных нейтронов, с упакованными в них

¹⁶ Режим доступа: <http://www.college.ru/enportal/physics/content/chapter9/>

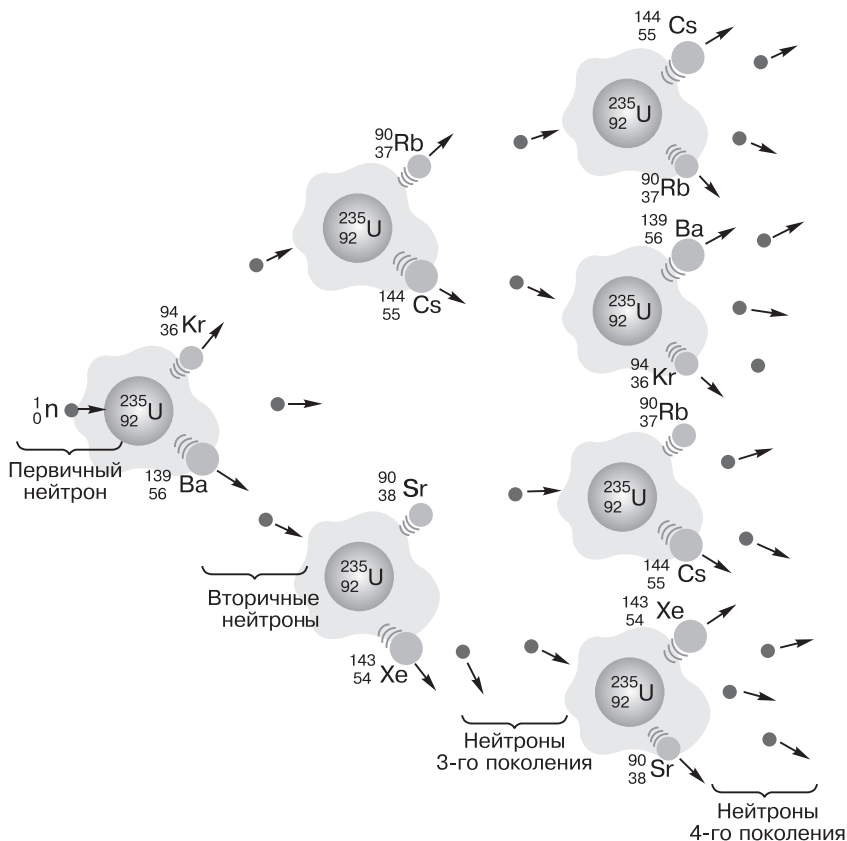


Рис. 3.6. Схема цепной реакции распада $^{235}_{92}\text{U}$

таблетками из диоксида урана, обогащенного по ^{235}U обычно до 2,5%. Эти трубки заключены в оболочку из трубок большего диаметра, через которые циркулирует вода под давлением, отводящая тепло ядерной реакции. Вода первого контура поступает в теплообменник, где образуется пар, непосредственно поступающий в турбину. Цепная реакция распада не допускается поглощением избыточных нейтронов стержнями управления и защиты.

Данные о действующих и строящихся ядерных энергетических реакторах мира (согласно данным МАГАТЭ на 10 декабря 2007 г.) приведены в табл. 3.2.

Согласно данным МАГАТЭ, по состоянию на 10 декабря 2007 г. в мире действовало 439 ядерных энергоблоков общей электрической

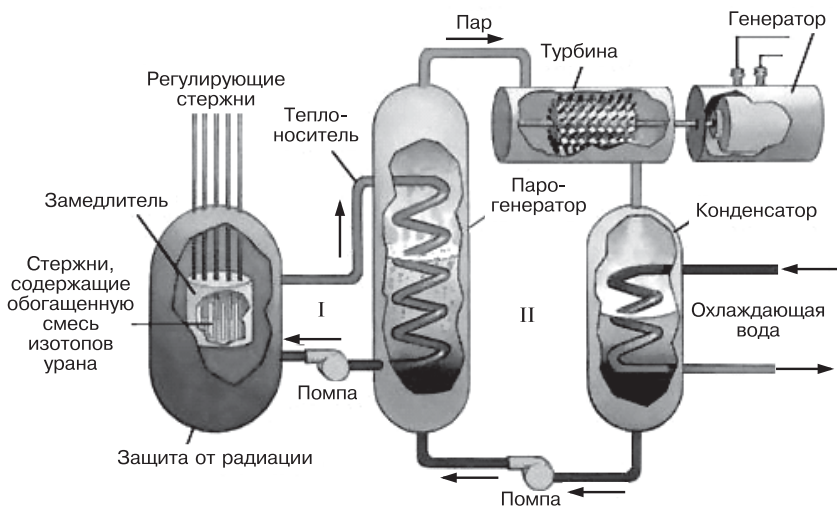


Рис. 3.7. Схема ядерного реактора

мощностью 371 684 МВт. В 2007 г. были подключены к сети три новых энергоблока: по одному в Китае, Индии и Румынии и еще один, ранее остановленный, блок вновь подключен к сети в США. Это сопоставимо с двумя подключениями новых блоков в 2006 г. и четырьмя повторно подключенными в 2005 г. Ни один энергоблок в 2007 г. не был остановлен по сравнению с восемью остановками в 2006 г. и двумя в 2005 г. С учетом модернизации действующих реакторов общая генерирующая мощность возросла на 2002 МВт.

Начато строительство семи новых реакторов. В Китае это Qinshan II-4 мощностью 610 МВт и Houganyhe-1, 1000 МВт; во Франции — Flamanville-3 мощностью 1600 МВт; в Республике Корея — Shin Kori-2 мощностью 960 МВт и Shin-Wolsong-1 мощностью 960 МВт; в России (в Северодвинске) — два энергоблока на плавучей АЭС, каждый мощностью 35 МВт. Кроме того, возобновлено активное строительство на блоке Watts Bar-2 в США. Для сравнения: в 2006 г. было начато строительство трех и возобновлено строительство одного энергоблока, а в 2005 г. соответственно трех и двух энергоблоков.

Наибольший рост ядерных генерирующих мощностей в настоящее время и согласно кратко- и долгосрочным прогнозам наблюдается в Азии. Из 34 строящихся реакторов 19 находятся в Азии (Китай и Тайвань — 7, Индия — 6, Иран — 1, Япония — 1, Республика

Таблица 3.2. Действующие и строящиеся ядерные энергетические реакторы мира

Страна	Действующие блоки		Строящиеся блоки		Поставки электроэнергии с АЭС в 2006 г.	
	Количество	Мощность всего, МВт	Количество	Мощность всего, МВт	ТВт-ч	% от общего
Аргентина	2	935	1	692	7,2	6,9
Армения	1	376			2,4	42
Бельгия	7	5 824			44,3	54,4
Бразилия	2	1 795			13	3,3
Болгария	2	1 906	2	1 906	18,2	43,6
Канада	18	12 589			92,4	15,8
Китай	11	8 572	5	3 220	51,8	1,9
Чехия	6	3 538			24,5	31,5
Финляндия	4	2 696	1	1 600	22	28
Франция	59	63 260	1	1 600	429,8	78,1
Германия	17	20 339			158,7	31,8
Венгрия	4	1 755			12,5	37,7
Индия	17	3 779	6	2 910	15,6	2,6
Иран			1	915		
Япония	55	47 587	1	866	291,5	30
Южная Корея	20	17 454	3	2 880	141,2	38,6
Литва	1	1 185			7,9	72,3
Мексика	2	1 360			10,4	4,9
Нидерланды	1	482			3,3	3,5
Пакистан	2	425	1	300	2,6	2,7
Румыния	2	1 308			5,3	9
Россия	31	21 743	7	4 585	144,6	15,9
Словакия	5	2 034			16,6	57,2
Словения	1	666			5,3	40,3
ЮАР	2	1 800			10,1	4,4
Испания	8	7 450			57,4	19,8
Швеция	10	9 034			65,1	48
Швейцария	5	3 220			26,4	37,4
Украина	15	13 107	2	1900	84,9	47,5
Великобритания	19	10 222			69,4	18,4
США	104	100 322	1	1165	788,3	19,4
ИТОГО	439	371 684	34	27139	2660,9	15%

Корея — 3, Пакистан — 1), 28 из 39 новых реакторов, подключенных к сети, также находятся в Азии.

Преимущества использования атомной энергетики в России состоят в конкурентном преимуществе перед тепловыми электростанциями Европейской части России: стоимость энергии на АЭС на 50% ниже, отсутствуют выбросы углекислого газа и сокращаются транспортные расходы.

После аварии на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г., в результате которой были выведены из нормального использования большие площади в Белоруссии, России и Украине, мировое общественное мнение существенно задержало развитие атомной энергетики.

При нормальной работе атомных станций радиоактивное воздействие на человека составляет тысячную часть от воздействия, связанного с медицинским применением радиации. На рис. 3.8 представлено сравнение доз, получаемых человеком в течение жизни, с фоновой дозой облучения¹⁷.

На современном уровне развития техники и технологии все еще остается высоким риск катастроф вследствие возможного выброса в природу радиоактивных веществ. Подошли сроки вывода из эксплуатации первых атомных станций. Их консервация дорога и пока еще недостаточно проработана. До сих пор не решена проблема переработки радиоактивных отходов.

Современная атомная энергетика использует изотоп урана ^{235}U , которого в природном уране содержится только 0,7%. ^{238}U также может быть использован в атомной энергетике. Он хорошо поглощает быстрые нейтроны и превращается в плутоний-239. Воспроизведение ядерного горючего позволяет в десятки раз полнее использовать уран, поэтому реакторы на быстрых нейтронах стали одним из перспективных направлений развития атомной энергетики. Ядерное горючее в виде изотопа урана ^{233}U может быть получено из тория, запасы которого в несколько раз превышают запасы урана.

Принципиально другим способом использования ядерной энергии служит термоядерный синтез. При делении ядра урана выделяется около 1 МэВ энергии на каждый нуклон (протон или нейтрон), тогда как в ходе реакции синтеза ядер дейтерия в гелий выделяется 5 МэВ на один нуклон, т. е. в 5 раз больше, чем при атомном распаде.

У термоядерного синтеза есть огромное преимущество перед атомными реакторами, использующими распад ядер. Исчезает проблема

¹⁷ Сивинцев Ю.В. Атомная энергия. 1988. Т. 64.

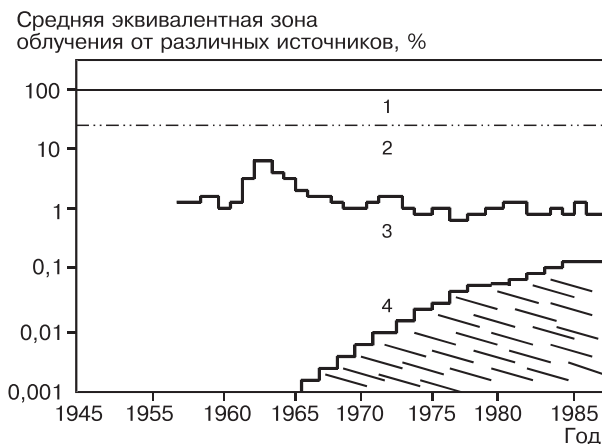


Рис. 3.8. Эффективная эквивалентная доза в результате: использования радиоактивных источников в медицине (2), атмосферных ядерных взрывов (3), ядерной энергии, включая производственное облучение (4), по сравнению с фоновой дозой облучения (1)

захоронения отходов, так как в результате образуется инертный гелий. Компоненты термоядерного синтеза не могут быть использованы для производства оружия. Запасы дейтерия в мировом океане обеспечивают получение энергии на тысячи лет. Однако получение этого вида энергии уже более полувека находится на стадии интенсивных экспериментальных международных разработок.

Геотермальная энергия. Геотермальная энергия проявляет себя как тепло воды и горных пород земной коры. Запасы этой энергии рассчитываются на глубине до 5 км. Температура в недрах Земли растет в среднем на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ каждые 33 м. Однако вблизи вулканов такой рост происходит каждые 2–3 м. Причин наличия этой теплоты три: неостывшая еще некогда расплавленная земная кора, радиоактивный распад урана, тория и одного из изотопов калия, подземное окисление горных пород (например, Янган-Тау в Башкортостане).

В земной коре находится примерно 4% всей воды планеты. Все источники с температурой более $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ относятся к термальным. С древних времен они широко используются при лечении различных заболеваний и для отдыха. Источники, содержащие сухой пар или пар с капельками воды, могут быть использованы для работы турбин с целью получения электрической энергии.

Геотермальные электростанции работают в Италии, США, Новой Зеландии, Мексике, Японии. Так как топливо бесплатно, стоимость

единицы энергии ниже, чем на тепловых или атомных станциях. В 1997 г. на Камчатке введена в эксплуатацию Верхне-Мутковская геотермальная электростанция (12 МВт), и в 2006 г. запущено еще 2 энергоблока по 25 МВт каждый.

Геотермальная энергия может быть получена за счет тепла горных пород. Вода закачивается в эти подземные «котельные» насосами. Например, в США в штате Нью-Мексико — на глубину в 3600 м, в Японии — на глубину 1800 м. Использование геотермальной энергии требует жесткой привязки к месту, например в Исландии она является основным видом энергии, широко используемым для отопления и в сельском хозяйстве.

Геотермальная энергия в мире составляла в 2000 г. всего 0,29% от всей используемой энергии. Перспективы увеличения ее использования носят локальный характер, так как тепловой поток из недр на единицу поверхности в 5000 раз меньше такового от солнечной радиации.

Гидроэнергетика. Человек научился использовать энергию текущей воды еще в глубокой древности. В Египте, Китае, Индии орошение проводилось подъемом воды на поля специальными колесами с закрепленными на ободе ковшами. Водяные мельницы известны с XIII в. до н. э. Текущая вода — возобновляемый источник энергии.

В конце XIX в. водяные колеса начали заменяться гидротурбинами изначально для передачи механической энергии через систему зубчатых, канатных и ременных передач к приводам станков и машин, а с освоением электромагнитной индукции — непосредственным переводом кинетической энергии вращения в электрическую энергию, самую удобную форму для использования.

Гидроэнергетика сегодня стала единственным примером крупномасштабного получения энергии за счет возобновляемого источника. В 1987 г. 21% электроэнергии (6% всей энергии) было получено в мире на гидроэлектростанциях. Принцип работы всех гидроэлектростанций одинаков, хотя их конструкция зависит от особенностей ландшафта (рис. 3.9)¹⁸.

Плотина перекрывает поток воды, вода собирается в водохранилище перед плотиной, под действием своего веса через водоводы направляется в турбины, расположенные, как правило, внизу плотины. Струя воды раскручивает лопасти турбины, жестко соединенные с ее валом. Непосредственно на валу закреплен электрогенератор.

¹⁸ Режим доступа: <http://slovari.yandex.ru/dict/krugosvet/article/0/0e/1001218.htm>

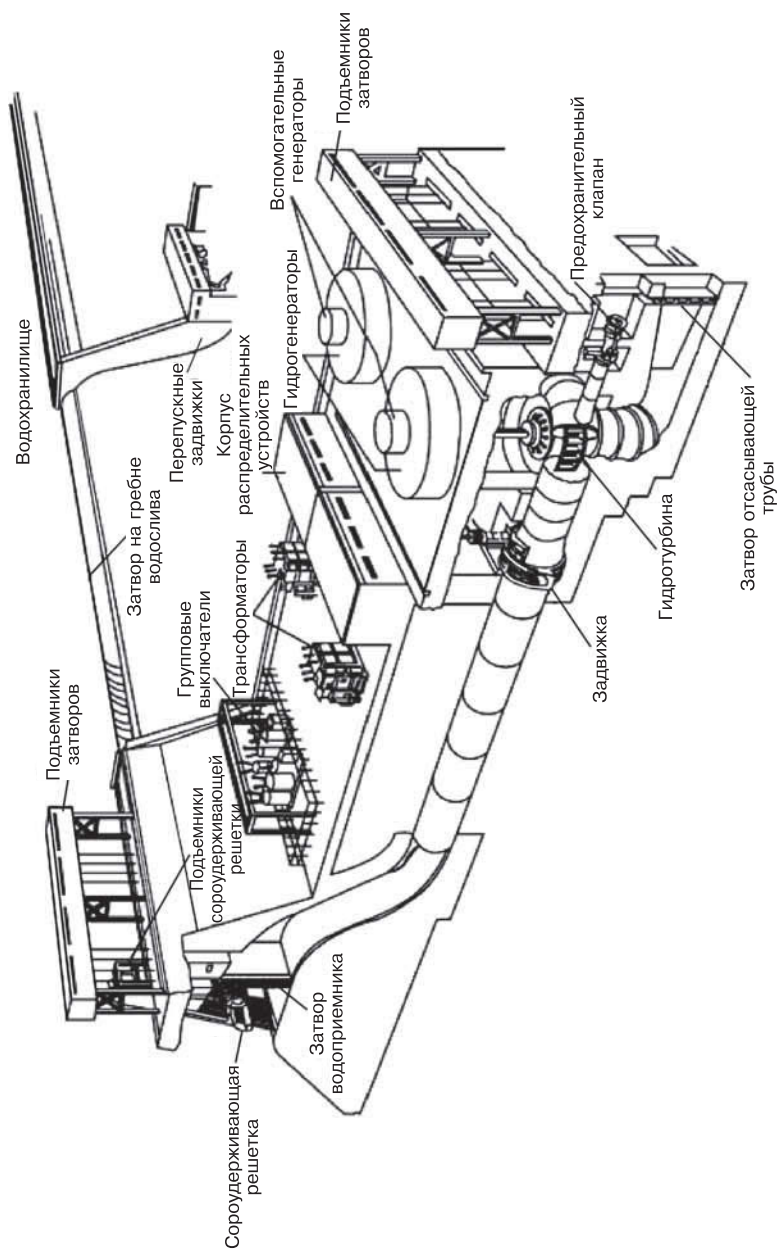


Рис. 3.9. Схема гидроэлектростанции

Электрогенераторы большинства гидроэлектростанций могут вырабатывать как постоянный, так и переменный ток. Напряжение составляет 6–16 кВ, а мощность одной турбины может превышать 50 МВт. Ток по шинам большого сечения передается на трансформаторы, повышающие напряжение, чтобы уменьшить тепловые потери при передаче его на большие расстояния, затем на распределительные устройства и потом идет к потребителям.

Создаваемые плотинами водохранилища накапливают огромный объем воды. Например, на Братской ГЭС водохранилище содержит 169 км³, а Асуанская плотина аккумулирует 162 км³. Водохранилища регулируют сезонный сток воды. Так, на Енисее сток воды в мае—июле в 10,5 раз больше стока в феврале—апреле.

Размеры плотин могут быть очень большими. Плотина Итайпу на р. Парана на границе Бразилии и Парагвая имеет длину 8 км и высоту 150 м. Она обеспечивает мощность станции в 10 500 МВт. Гидроэлектростанция в Красноярске с мощностью 6000 МВт имеет плотину длиной 1065 м и высотой 124 м.

Такие большие водохранилища влияют на местный климат. Они могут увеличивать сейсмичность региона. На равнинных реках их сооружение выводит из пользования плодородные земли. Сооружение плотин должно предусматривать использование воды для удовлетворения коммунальных и промышленных нужд и орошения полей. Плотины уменьшают опасность наводнений, создают новые зоны отдыха и т. д. В плотинах строятся сложные гидротехнические сооружения для прохода судов. На нерестовых реках обеспечиваются специальные сооружения для прохода рыб по реке.

Гидроэлектростанции имеют определенные преимущества перед тепловыми и атомными станциями. Они не нуждаются в топливе, поэтому стоимость получаемой на них энергии ниже. Вместе с тем плотины ухудшают условия обитания водных организмов. Запруженные реки в теплое время года зацветают, что ведет при сезонном отмирании водорослей к уменьшению концентрации растворенного в воде кислорода и массовому замору рыбы.

Большинство крупных гидроэлектростанций в настоящее время строится в развивающихся странах. В промышленно развитых странах все удобные для строительства места уже использованы или сохранены как заповедные из экологических соображений. В этих странах интерес к гидроэнергетике сосредоточен на строительстве сравнительно небольших станций и реконструкции ранее построенных.

Огромные ресурсы развития гидроэнергетики заключены в энергии приливов и отливов на побережье морей, океанов и в устьях

впадающих в них рек. Огромные массы воды в Мировом океане приводятся в движение силами притяжения Луны и Солнца. Разница уровня воды во время прилива и отлива неодинакова в разных местах нашей планеты и колеблется от 4 до 20 м. Непрерывность работы приливно-отливных станций обеспечивается сооружением специальных накопительных бассейнов, заполняемых во время прилива, а также закачиванием туда воды во время наибольшей мощности работы станции. Первая приливная электростанция (ПЭС) была пущена в 1966 г. во Франции, в устье р. Ранс. Средняя высота приливов там составляет 8,4 м. Мощность станции равна 240 МВт.

В нашей стране в 1968 г. заработала опытно-промышленная ПЭС в Кислой Губе на Баренцевом море близ Мурманска. Кислая Губа представляет собой узкий залив шириной 150 м и длиной 450 м. Мощность ГЭС составляет только 400 кВт. Но эта станция имеет большое значение для проектных работ по освоению энергии приливов в Белом, Баренцевом и Охотском морях. Еще больший ресурс заложен в освоении океанических течений. Разработан проект первой в мире такой ПЭС во Флоридском проливе (США), где берет начало Гольфстрим. Для этой планируемой станции мощностью в 140 МВт предлагается использовать 50 тыс. турбин специальной конструкции и 3700 электрогенераторов.

Океанические ПЭС существенно безопаснее других с экологической точки зрения.

Ветроэнергетика. Повсеместно распространенным и неисчерпаемым источником энергии служит ветер. Он представляет собой обычно горизонтальное движение воздуха относительно земли, направленное из области высокого давления в область низкого давления. Эта разница возникает в результате неравномерного нагрева поверхности Земли Солнцем из-за различной отражательной способности. Ресурс ветровой энергии в несколько раз превышает энергетические потребности человечества.

Энергия воздушных потоков преобразуется в кинетическую энергию вращения турбин. Они подразделяются на турбины лопастного типа на горизонтальной оси вращения, с тремя, двумя или даже одной лопастью и карусельного типа с лопастями на вертикальном валу. Хотя вращение в этом случае не зависит от направления ветра, таких ветряных станций существенно меньше. Генераторы электрического тока в зависимости от их конструкции могут вырабатывать как переменный, так и постоянный ток. Наиболее экономичны ветряные станции, связанные между собой в так называемые ветряные фермы и поставляющие ток в общую электрическую систему.

В местах, удаленных от общей сети, широкое распространение получили ветряные фермы, обслуживающие отдельные поселения.

В настоящее время наиболее распространены ветряные электрогенераторы мощностью 0,5 МВт. Однако уже работают ветроустановки мощностью 4 и даже 5 МВт. Диаметр рабочего органа ветряного генератора достигает 100 м, а высота современной ветряной станции превышает высоту многоэтажного дома. Разрабатываются ветроустановки с направленным потоком воздуха в аэродинамических трубах за счет нагревания его в специально сконструированных установках.

Ветряная энергетика развивается очень быстро. В настоящее время Дания получает более 15% необходимой ей электроэнергии от ветра, в некоторых регионах Германии она обеспечивает 75% потребностей. В табл. 3.3 показана мощность ветроэнергетических установок в некоторых странах в 2000 г.

Таблица 3.3. Мощность ветроэнергетических установок в некоторых странах в 2000 г.

<i>Страна</i>	<i>Суммарная мощность ветроэнергетических установок, МВт</i>
Германия	6 113
США	2 554
Испания	2 250
Дания	2 140
Индия	1 167

По данным Европейской ассоциации ветроэнергетической промышленности (EWEA), в 2011 г. в ЕС было установлено и подключено к сети 235 ветроагрегатов суммарной мощностью 866 МВт и общей стоимостью 2,4 млрд евро.

К 2020 г. планируется освоение 40 ГВт мощностей и обеспечение 4% электропотребления стран ЕС.

Перспективными для строительства ветряных станций служат районы побережья и шельфовая зона. Через 30–40 лет ветроэнергетика, видимо, будет обеспечивать около 10% всей потребности в электрической энергии.

Развертывание ветроэнергетики приведет к востребованности метеорологов, которые будут играть примерно ту же роль, которую играют геологи в разведке нефтяных месторождений. Для установки

и эксплуатации миллионов ветряных турбин по всему земному шару потребуются множество инженеров со специальной подготовкой в этой области. Ветроэлектростанции, равные по мощности гидроэлектростанциям, тепловым и атомным станциям, требуют значительно больших площадей для своего размещения. Они могут мешать полетам птиц и насекомых и быть источником шума.

Прямое использование энергии солнечного света. Энергия солнечного света используется разнообразно и повсеместно. В некоторых африканских странах вошли в употребление примитивные солнечные печи для приготовления пищи. Они представляют собой ящики, оклеенные изнутри блестящей фольгой. Температура в таких ящиках, выставленных на солнечный свет, достигает 80 °С. Этого достаточно, чтобы через 40–50 мин мясо или другие продукты были приготовлены.

Солнечный свет используется для выращивания растений в теплицах. Стекло или прозрачная полимерная пленка пропускают основную часть спектра солнечного излучения. В теплице это излучение трансформируется в тепловое инфракрасное излучение, для которого стекло или пленка непрозрачны. На этом же свойстве основано устройство для нагревания воды, например простейшее — емкость с водой, окрашенная в черный цвет и освещаемая Солнцем.

Солнечные лучи можно сфокусировать с помощью параболических зеркал на поверхности котла, сделанного из меди или алюминия и окрашенного в черный цвет. Так получают пар достаточно высокого давления для использования его в турбинах и выработки электрической энергии. Такие электростанции действуют в Калифорнии (США), во Франции, Испании, Италии, в Крыму.

Однако наиболее перспективным способом получения энергии служит прямое преобразование солнечной энергии в электрическую. В солнечных батареях, состоящих из фотоэлементов, благодаря фотоэффекту возникает разность потенциалов.

На первых порах солнечные батареи были очень дороги и применялись для энергетического обеспечения таких объектов, как спутники, космические корабли, калькуляторы, часы и т. п. По мере освоения технологии производства кремния и германия высокой степени чистоты область применения солнечных батарей существенно расширилась. К концу 2000 г. более миллиона семей во всем мире получили энергию от солнечных батарей. Широкое распространение получают встраиваемые непосредственно в крыши, фасады зданий и сооружений полупроводниковые фотоэлектрические источники тока.

Создание тонких, пропускающих свет полупроводниковых пленок сделало возможным превращение обычных окон в миниатюрные электростанции. Возможности использования солнечной энергии огромны. Даже в Великобритании с ее большой облачностью установка солнечных батарей на крышах может дать в солнечный день 68 000 МВт энергии. Это половина суточного потребления энергии в стране в самый пасмурный день

Водородная энергетика. Энергетическое обеспечение в планетарном масштабе часто связывают с широким использованием водорода, так как он служит весьма удобным топливом, не выделяющим при окислении углекислый газ, а при получении энергии в топливном элементе — и других вредных примесей.

Водород — самый распространенный химический элемент во Вселенной. На Земле он входит в состав живых организмов, природного газа, нефти, каменного угля, различных минералов. В земной коре встречается почти исключительно в виде соединений. В свободном виде водород обнаружен в небольших количествах в вулканических газах и продуктах разложения некоторых органических веществ анаэробными бактериями. Самое распространенное вещество на Земле — вода — содержит около 11% водорода по массе.

Водород — самый легкий газ без вкуса, цвета и запаха. Он в 14,5 раз легче воздуха. С кислородом воздуха он образует взрывоопасные смеси в пределах 4–7% по объему. Водород переходит в жидкое состояние при температуре -253°C .

Водород не является источником энергии, поскольку для его получения затраты энергии превышают ее отдачу, но весьма перспективен для транспорта и использования. Сегодня самым дешевым способом получения водорода является конверсия природного газа. При этом образуется некоторое количество углекислого газа, но оно на 40% меньше, чем в современных бензиновых двигателях, если проводить сравнение по всему технологическому циклу.

Использование ветра, солнечных батарей и других альтернативных источников электроэнергии позволяет в будущем наладить крупномасштабное производство водорода электролизом воды. Чистая вода плохо проводит электрический ток, поэтому водород получают электролизом водных растворов солей. Электролитическая ячейка имеет два электрода, подсоединенные к источнику постоянного тока. На аноде идет процесс окисления и в конечном счете выделяется кислород, а на катоде идет процесс восстановления и выделяется водород.

Серьезной проблемой является хранение водорода. Большие объемы водорода, необходимые для использования в качестве ракетного

топлива или последующего транспорта к месту потребления по специальным газопроводам, хранятся в сжиженном состоянии в специальных емкостях. Возможна доставка водорода к его потребителю в баллонах под высоким давлением. Однако наиболее перспективным способом в настоящее время стала абсорбция водорода различными интерметаллидами. Интерметаллиды на основе ниобия, например, могут при нормальных условиях поглощать до 1000 объемов газа на один объем металла и отдавать его при нагревании.

Окислительно-восстановительный процесс в системе водород–кислород с получением разности потенциалов осуществляется в топливном элементе. Последний представляет собой гальванический элемент, в котором катодное и анодное пространства разделены в зависимости от типа топливного элемента керамической, металлической или полимерной мембраной. Водород непрерывно подается в анодное пространство, а кислород воздуха — в катодное. Водород отдает свой электрон аноду и далее движется к катоду, а протон проходит к катоду через раствор или расплав. Анод и катод изготавливаются из пористого материала, например меди или никеля, чтобы газ взаимодействовал с электролитом на большей поверхности. До тех пор пока в анодном пространстве есть водород, а в катодном — кислород, в замкнутой цепи циркулирует электрический ток. Топливный

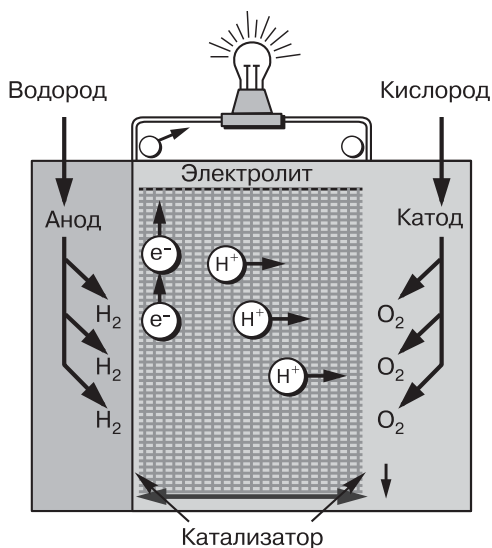


Рис. 3.10. Схема топливного элемента

элемент генерирует постоянный ток напряжением 0,6–0,9 В и мощностью 0,3–0,5 Вт. Элементы объединяются в батареи. Напряжение зависит от числа элементов, а сила тока — от их суммарной поверхности. Мощность батареи может достигать 30–50 кВт при размерах, позволяющих использовать ее в автомобиле.

Достоинство топливных элементов, работающих на водороде и кислороде, состоит в том, что они не загрязняют окружающую среду. Они не имеют движущихся частей, просты в исполнении. Средний коэффициент полезного действия превращения химической энергии в электрическую и тепловую составляет в них 45–60%. Для сравнения: коэффициент полезного действия двигателя внутреннего сгорания лишь 23% (для бензиновых двигателей — 20, для дизельных — 35%). Схема топливного элемента представлена на рис. 3.10.

Первые автомобили с электродвигателями на топливных элементах появились в Европе в конце XX в.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Период 2005–2015 г. объявлен ООН Десятилетием образования для устойчивого развития. Глубоко понять проблемы окружающей среды во всей их сложности, определить пути их разрешения для обеспечения устойчивого развития очень трудно. Для этого требуется новый тип образования — образование для устойчивого развития. Практически результат такого образования выражается в способности и готовности принимать собственные решения, делать выбор на социальном уровне. Таким образом, образование становится одним из основных средств обеспечения личной, групповой и общечеловеческой безопасности.

Образование для устойчивого развития направлено на формирование понимания законов природы и последствий их нарушения и ставит своей задачей образование граждан, включающее знания и умения, необходимые для обеспечения гармоничного сосуществования с другими людьми и окружающей средой.

Непрерывное образование для устойчивого развития подразумевает создание условий для организации, функционирования и развития системы всеобщего образования на всех образовательных уровнях в течение всей жизни человека: дошкольные учреждения — школа — вуз — послевузовское образование, а также образование взрослого населения.

Образование для устойчивого развития базируется на следующих основных принципах:

- вариативность форм и методов образования и воспитания;
- преемственность образовательных программ разных уровней;
- взаимосвязь с образовательными дисциплинами других направлений;
- взаимосвязь с программами одного уровня;

- учет местных особенностей;
- единство общего, профессионального и экологического образования;
- связь с практической деятельностью;
- ориентация на умение принимать решения с осознанием ответственности за их последствия.

Исторически образование для устойчивого развития формировалось на базе экологического образования и включает в себя его значительную часть, лучшие методы и формы.

Люди справедливо считают, что сегодня жизнь должна быть лучше, чем вчера, а завтра — лучше, чем сегодня. Однако произошла подмена слова «лучше» словом «больше». Необходимо изменить стереотипы поведения людей, потому что «больше» на самом деле не значит «лучше». Мы просто обязаны уложиться в количественные пределы потребления ресурсов — энергетических, водных, биологических и т. д. Но нет ограничения в совершенствовании качества, в совершенствовании технологий и достижении новых высот в науке и технике.

Десятки и сотни проблем встают перед человечеством каждый день. Однако в последние десятилетия эти проблемы приобрели одну характерную особенность: их нельзя решить в отдельный момент в отдельно взятом месте. Эти проблемы глобальны, и решить их можно только совместными усилиями всех стран, всех людей планеты.

Многие ученые, занимающиеся проблемами окружающей среды, полагают, что большинство наших ошибок, нанесших огромный ущерб окружающей среде, это ошибки не по злому умыслу, а в результате сложившихся стереотипов поведения, по незнанию или недомыслию. Если человек знает, что его поведение может подорвать основы его собственного существования и существования других людей, в том числе его близких и его потомков, есть основания предполагать, что он изменит его. В равной степени это касается правительств и государств, поскольку необходимо действовать и в масштабах властных структур и государств.

Если человек представляет себе биосферу как единую систему и знает, что любое, даже самое незначительное действие имеет свои последствия, он будет продумывать свои поступки на шаг вперед, оценивая возможные последствия еще до того, как он что-либо сделал. Это относится не только к лицам, принимающим решения, руководителям и начальникам. Это ответственность любого человека за

свои действия и за действия других людей, основанная на знаниях; ответственность и перед человечеством, и перед биосферой в целом. Этому нужно учить — и чем раньше, тем лучше. Восприятие мира как сложной системы должно закладываться с детства, быть результатом образования, полученного в течение многих лет.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1. БИОСФЕРА И ЧЕЛОВЕК.....	7
1.1. Солнечная система и планета Земля во Вселенной...	7
1.2. От возникновения первой формы жизни до появления человека.....	9
1.3. Открытые системы и энергетическое обеспечение жизни.....	13
1.4. Пища — источник энергии жизни.....	19
1.5. Биосфера.....	30
1.6. Человек в конфликте с биосферой.....	41
Глава 2. НА ПУТИ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ.....	50
2.1. Третье тысячелетие: значительные успехи в эконо- мике, экологический и социальный кризисы.....	50
2.2. Концепция устойчивого развития.....	57
2.3. Стабилизация численности населения.....	65
2.4. Рост городов.....	73
Глава 3. ПЕРЕХОД К ЭНЕРГЕТИКЕ, БЕЗОПАСНОЙ ДЛЯ БИОСФЕРЫ.....	76
3.1. Традиционная энергетика.....	76
3.2. Изменение климата.....	81
3.3. Альтернативная энергетика.....	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	106

Учебное электронное издание

Ягодин Геннадий Алексеевич
Пуртова Елена Евгеньевна

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ: ЧЕЛОВЕК И БИОСФЕРА

Ведущий редактор *Ю. А. Серова*

Художник *Н. А. Новак*

Технический редактор *Е. В. Денюкова*

Корректор *Е. Н. Клитина*

Компьютерная верстка: *Е. В. Кренева*

Подписано 08.02.13. Формат 60×90/16.

Усл. печ. л. 7.

Издательство «БИНОМ. Лаборатория знаний»

125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3

Телефон: (499) 157-5272

e-mail: binom@Lbz.ru, <http://www.Lbz.ru>

Минимальные системные требования определяются соответствующими требованиями программы Adobe Reader версии не ниже 10-й для платформ Windows, Mac OS, Android, iOS, Windows Phone и BlackBerry.