

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»



Москва  
БИНОМ. Лаборатория знаний

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	5
<b>Глава 1. БИОСФЕРА И ЧЕЛОВЕК.....</b>	<b>7</b>
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
<b>Глава 2. НА ПУТИ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ.....</b>	<b>50</b>
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
<b>Глава 3. ПЕРЕХОД К ЭНЕРГЕТИКЕ, БЕЗОПАСНОЙ         ДЛЯ БИОСФЕРЫ.....</b>	<b>76</b>
3.1. Традиционная энергетика.....	76
3.2. Изменение климата.....	81
3.3. Альтернативная энергетика.....	91
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>106</b>

# 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, нанесшие 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 разнущее 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 восполнимость 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.

# Глава 1

## 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 метагалактика 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 метагалактике, т. е. уже после взрыва, стал водород (77%), затем гелий (21%). На долю всех других элементов приходится только 2%.

Метагалактика 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 °C, а температура ядра, где идут ядерные реакции и вырабатывается солнечная энергия, достигает 15 000 000 °C. 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 °C, атмосферное давление — 1 атм, ускорение свободного падения на экваторе — 981 см/ $s^2$ , 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 метагалактике. 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 нукleinовых 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 поразительное 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

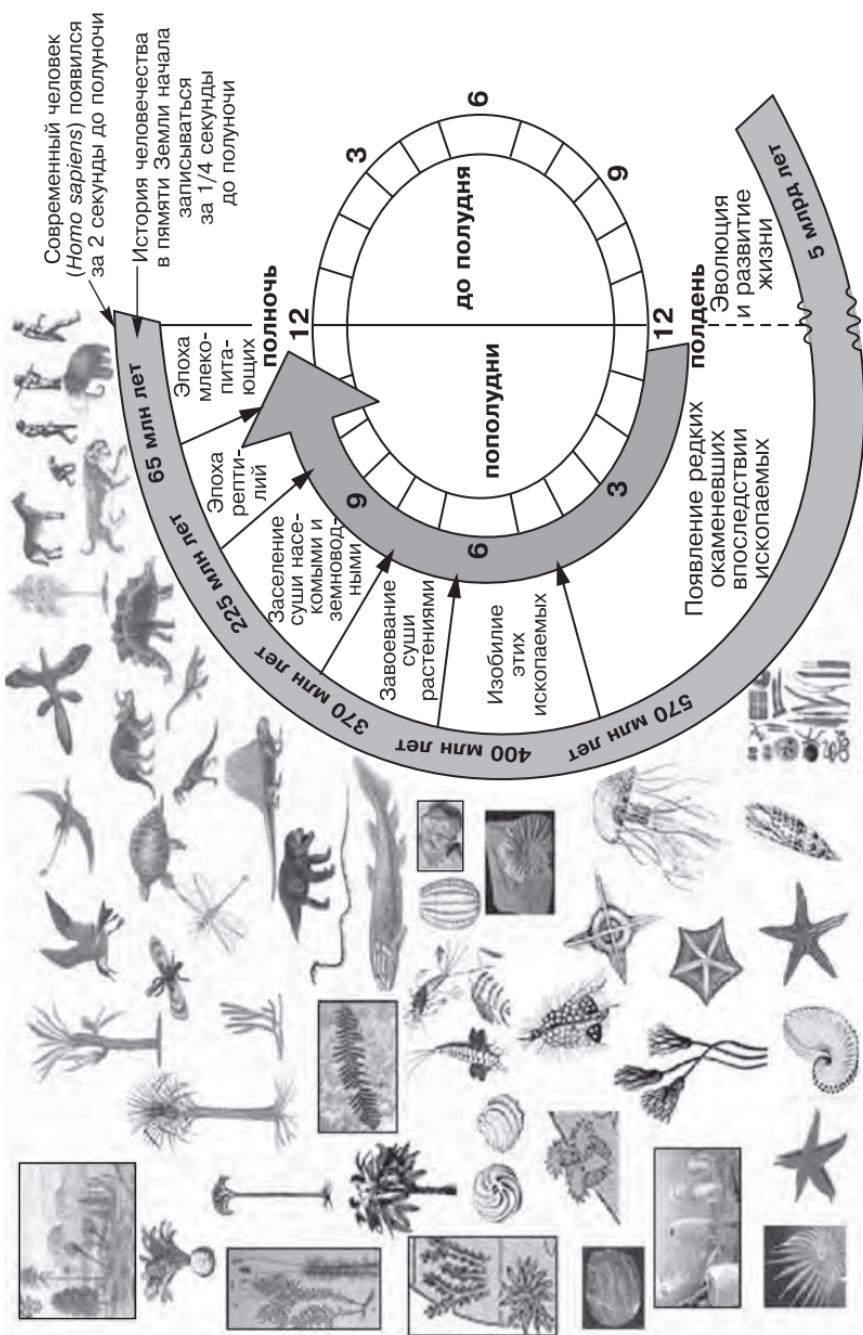
смены поколений, поэтому бактерии, насекомые, грызуны и другие организмы, имеющие короткий период воспроизведения, приспосабливаются к меняющимся условиям весьма быстро, например, появление устойчивости болезнетворных бактерий к пенициллину, насекомых к пестицидам и пр. И наоборот, виды, имеющие длительный период воспроизведения 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 влезть 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)



**Ягодин Геннадий Алексеевич**, член-корреспондент РАН, академик РАО, лауреат премии РАН им. В. А. Коптюга, лауреат премии Президента РФ в области образования, профессор кафедры ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития» РХТУ им. Д. И. Менделеева.



**Пуртова Елена Евгеньевна**, кандидат технических наук, лауреат премии Президента РФ в области образования, профессор кафедры ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития» РХТУ им. Д. И. Менделеева.