

ЭКОЛОГИЯ

УЧЕБНИК И ПРАКТИКУМ ДЛЯ СПО

Под общей редакцией **А. В. Тотая, А. В. Корсакова**

5-е издание, переработанное и дополненное

Рекомендовано Учебно–методическим отделом среднего профессионального образования в качестве учебника и практикума для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования

Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru

Москва ■ Юрайт ■ 2019

УДК 504(075.32)
ББК 20.1я723
Э40

Авторы:

Тотай Анатолий Васильевич — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности и химии Брянского государственного технического университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, академик РАЕН и Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности;

Корсаков Антон Вячеславович — доктор биологических наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и химии механико-технологического факультета Брянского государственного технического университета.

Рецензенты:

Гурьянов Г. В. — член-корреспондент Российской академии естественных наук, доктор технических наук, профессор;

кафедра радиационной экологии и безопасности жизнедеятельности Брянской государственной инженерно-технологической академии.

Экология : учебник и практикум для СПО / под общ. ред. А. В. Тотая, А. В. Корсакова. — 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 353 с. — Серия : Профессиональное образование.

ISBN 978-5-534-02968-0

Рассматриваются основные законы экологии, история ее развития как науки, возникновение жизни на Земле и формирование биосферы, излагаются основы учения В. И. Вернадского о биосфере, а также воздействие абиотических и биотических факторов на организмы, организация жизни в биосфере. Описаны глобальные экологические проблемы современности, пути и методы уменьшения загрязнения окружающей среды. Изложены основы экологического нормирования, риска, права, образования и просвещения. Описана система экономического механизма охраны окружающей среды и природопользования и основ международного сотрудничества в области окружающей среды.

Соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования и профессиональным требованиям.

Для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.

УДК 504(075.32)
ББК 20.1я723



Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

ISBN 978-5-534-02968-0

© Коллектив авторов, 2014
© Коллектив авторов, 2016, с изменениями
© ООО «Издательство Юрайт», 2019

Оглавление

Предисловие	6
Введение.....	9
Авторский коллектив.....	11
Глава 1. Экология как наука	12
1.1. Экология и цивилизация	12
1.2. Экология как самостоятельная наука.....	24
1.3. Связь экологии с другими науками.....	30
<i>Контрольные вопросы и задания.....</i>	<i>35</i>
Глава 2. Биосфера — живая оболочка Земли	36
2.1. Формирование биосферы	36
2.2. Учение В. И. Вернадского о биосфере.....	38
2.3. Строение биосферы	42
2.4. Живое вещество	48
2.5. круговороты веществ.....	54
2.6. Биосфера и космос	66
<i>Контрольные вопросы и задания.....</i>	<i>72</i>
Глава 3. Экологические факторы	73
3.1. Абиотические и биотические факторы	73
3.2. Воздействие экологических факторов на организмы	94
3.3. Экологическая ниша.....	97
<i>Контрольные вопросы и задания.....</i>	<i>100</i>
Глава 4. Организация жизни в биосфере	102
4.1. Популяции	102
4.2. Биоценоз	113
4.3. Пищевые цепи. Экологические пирамиды	115
4.4. Экосистемы	119
4.5. Антропогенные экосистемы.....	133
<i>Контрольные вопросы и задания.....</i>	<i>137</i>
Глава 5. Глобальные экологические проблемы.....	139
5.1. Причины экологических проблем	139
5.2. Демографическая проблема.....	142
5.3. Продовольственная проблема.....	147
5.4. Проблемы урбанизации.....	149
5.5. Проблема глобального химического загрязнения окружающей среды	152

5.6. Результаты антропогенного воздействия на биосферу	154
5.7. Энергетическая проблема	167
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	187
Глава 6. Методы уменьшения загрязнения окружающей среды	188
6.1. Основные направления защиты окружающей среды	188
6.2. Охрана водных ресурсов	191
6.2.1. Охрана морей и океанов	191
6.2.2. Защита водоемов от загрязнения сточными водами	200
6.3. Уменьшение вредных выбросов автомобильным транспортом	211
6.4. Снижение выбросов вредных веществ в атмосферу и их рассеивание при сжигании топлива	213
6.5. Удаление отходов	215
6.6. Безотходные и малоотходные производственные процессы — основа защиты природной среды от загрязнения.....	227
6.7. Мониторинг состояния окружающей среды.....	231
6.8. Экологическая экспертиза.....	239
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	243
Глава 7. Экологическое нормирование и экологический риск	244
7.1. Понятия экологического нормирования. Система экологических нормативов.....	244
7.2. Нормативы качества окружающей среды, предельно допустимого вредного воздействия на окружающую среду, использования природных ресурсов и санитарно-защитных зон.....	245
7.3. Основные определения и концепции экологического риска	250
7.4. Соотношение величин рисков в разных областях деятельности человека.....	257
7.5. Анализ оценки рисков.....	261
7.6. Расчет риска токсических эффектов при техногенном химическом загрязнении атмосферного воздуха	265
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	269
Глава 8. Экологическое воспитание и просвещение.....	270
8.1. Цель и задачи воспитания экологической культуры	270
8.2. Сущность экологического воспитания	271
8.3. Экологическое просвещение и образование. Российский и зарубежный опыт	281
8.4. Проблемы формирования экологического мировоззрения.....	283
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	285
Глава 9. Система экономического механизма охраны охраняющей среды и природопользования	286
9.1. Понятие и структура экономического механизма охраны окружающей среды и природопользования. Виды экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды	286
9.2. Базовые нормативные платы за природные ресурсы. Выбросы и сбросы токсико-химических веществ.....	288

9.3. Расчет экономического ущерба от загрязнения атмосферы токсико-химическими веществами.....	291
9.4. Экологические фонды. Экологическое страхование	293
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	296
Глава 10. Основы экологического права. Международное сотрудничество в области окружающей среды	297
10.1. Предмет, источники и объекты экологического права.....	297
10.1.1. Понятия и формы проявления экологического права	298
10.1.2. Экологические правоотношения	300
10.1.3. Система экологического права	301
10.1.4. Источники и объекты экологического права.....	301
10.2. Международное сотрудничество в области окружающей среды	303
10.2.1. Развитие международного сотрудничества в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности Российской Федерации в 2014 году.....	312
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	322
Заключение	323
Краткий словарь экологических терминов	326
Проверочный тест по курсу «Общая экология»	337
Литература	348
Ключи к тексту	353

Предисловие

Целью данного учебника является формирование у студента знаний об основных законах эволюции живой природы, роли жизнедеятельности человека в изменении экологической обстановки и основных направлениях деятельности по уменьшению антропогенного воздействия на окружающую среду.

Экология — это учебная дисциплина, которая входит в базовую часть математического и естественно-научного цикла Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования (ФГОС СПО).

Отличительной особенностью данного учебного издания является возможность самостоятельного изучения по нему курса «Экология», что делает его востребованным студентами заочной формы обучения. Для закрепления изученного материала предлагаются контрольные вопросы и задания, а также приведен краткий словарь экологических терминов, который поможет читателю освоить все многообразие предметной терминологии.

При изучении дисциплины «Экология» студент должен освоить:

трудовые действия

- владение знаниями правил и законов экологии;
- владение понятийным аппаратом в области знаний биосферы — живой оболочки Земли;
- владение знаниями по определению лимитирующих экологических факторов;
- владение понятийным аппаратом в области разработки мероприятий по уменьшению загрязнения окружающей среды и риска возникновения экологических проблем;
- владение знаниями о международном сотрудничестве и достигнутых при этом соглашениях по охране окружающей среды;

необходимые умения

- объяснять сущность первого и второго экологического кризиса и приводить доказательства о вступлении человечества в полосу третьего кризиса;
- разьяснять негативное влияние деятельности человека на биосферу;
- анализировать влияние экологических факторов на жизнедеятельность организмов;
- использовать информацию об экологических факторах и численности популяций в экологической системе, обеспечивающей ее устойчивое развитие;
- разьяснять, почему отношение человека к природе должно стать в первую очередь созидующим, а во вторую — потребительским;

- осуществлять в общем виде оценку антропогенного воздействия на окружающую среду;

необходимые знания

- основные понятия, цель и задачи современной экологии;
- формирование и строение биосферы;
- понятия экологических факторов и их влияние на развитие и жизнедеятельность организмов;
- факторы, определяющие устойчивость биосферы;
- организация жизни в биосфере и основы взаимодействия живых организмов с окружающей средой;
- естественные процессы, протекающие в атмосфере, гидросфере, литосфере;
- существующие в настоящее время глобальные экологические проблемы и причины их возникновения;
- основные причины загрязнения окружающей среды и пути уменьшения ее загрязнения;
- основы экологического нормирования и система экологических нормативов;
- сущность экологического воспитания, цель и задачи воспитания экологической культуры;
- экономический механизм охраны окружающей среды и природопользования;
- понятия и формы проявления экологического права;
- международное сотрудничество в области охраны окружающей среды.

Учебник состоит из десяти глав. В первой главе «Экология как наука» анализируются два экологических кризиса, которые произошли с момента зарождения жизни на Земле и до настоящего времени. Подчеркивается, что человечество в настоящее время постепенно входит в полосу третьего экологического кризиса, раскрываются его признаки. Рассматриваются труды некоторых ученых, внесших вклад в становление экологии как науки.

Во второй главе «Биосфера — живая оболочка Земли» раскрывается длительный процесс эволюции, приведший к формированию определенного единства живой и неживой материи, т.е. биосферы. Излагается сущность учения В. И. Вернадского о биосфере, описывается строение биосферы, круговороты веществ и связь Земли с Космосом.

В третьей главе «Экологические факторы» дается определение и классификация экологических факторов, рассматривается воздействие их на организмы, а также раскрывается сущность экологической ниши.

В четвертой главе «Организация жизни в биосфере» раскрываются три уровня жизни в биосфере: популяция, биоценоз и экосистема. При этом рассматриваются пищевые цепи, экологические пирамиды и возникновение антропогенных экосистем.

В пятой главе «Глобальные экологические проблемы» описываются существующие в настоящее время глобальные экологические проблемы и причины их возникновения, в частности: демографические и продовольственные проблемы, проблемы урбанизации. Описываются также негативные последствия антропогенного воздействия на биосферу, а именно: парни-

ковый эффект, разрушение озонового слоя, кислотные осадки. Более подробно анализируется энергетическая проблема.

В шестой главе «Методы уменьшения загрязнения окружающей среды» рассматриваются основные направления защиты окружающей среды и методы уменьшения ее загрязнения, раскрывается сущность безотходных и малоотходных производственных процессов, а также сущность мониторинга состояния окружающей среды и экологической экспертизы.

В седьмой главе «Экологическое нормирование и экологический риск» даются понятия экологического нормирования, системы экологических нормативов. Рассматриваются нормативы качества окружающей среды, предельно допустимого вредного воздействия на окружающую среду, использования природных ресурсов, санитарно-защитных зон. Кроме того, рассматриваются основные определения и концепции экологического риска, соотношения величин рисков в разных областях деятельности человека, анализ оценки рисков.

В восьмой главе «Экологическое воспитание и просвещение» раскрываются цель и сущность экологического воспитания, приводятся высказывания ученых и литераторов о необходимости любить и беречь природу, рассматривается российский и зарубежный опыт экологического воспитания, излагаются проблемы формирования экологического мировоззрения.

В девятой главе «Система экономического механизма охраны окружающей среды и природопользования» описывается экономический механизм охраны окружающей природной среды и природопользования с подробным рассмотрением следующих его элементов: а) обязательные платежи за загрязнение окружающей природной среды; б) платежи за природные ресурсы; в) система государственных экологических фондов; г) экологическое страхование. Приводится расчет экономического ущерба от загрязнения атмосферы токсико-химическими веществами.

В десятой главе «Основы экологического права. Международное сотрудничество в области окружающей среды» раскрываются понятия экологического права, понятия и формы его проявления, рассматриваются методы экологического права и существующее разделение норм, излагаются понятия экологического правоотношения и системы экологического права, рассматривается международное сотрудничество в области охраны окружающей среды и участие России в международном сотрудничестве.

Введение

Современное состояние взаимодействия общества и природы все более привлекает к себе внимание ученых, политических партий, правительств, самых широких слоев общественности планеты. На наших глазах экология приобретает черты всеобъемлющего и очень актуального мировоззрения, превращается в учение о путях выживания человечества.

Биосфера Земли подвергается мощному и постоянно нарастающему антропогенному воздействию. Громадные техногенные выбросы тепла от сжигания топлива, резкие, скачкообразные изменения его общепланетарной водно-воздушной циркуляции чреват глобальным таянием ледников, аномальным распределением осадков, непредсказуемым движением приземных слоев атмосферы, изменением климата.

Экстенсивный рост разработок различных видов топлива, необходимых для тепловой энергетики, угольных бассейнов, увеличение добычи и объемов транспортировки газов, нефти сопровождается неизбежными авариями, загрязнением и биологической гибелью сапрофитной микрофлоры почв, растительности, планктона с последующим прекращением синтеза исходных продуктов и катализаторов обменных процессов биосферы.

По данным Государственного доклада Министерства природных ресурсов и экологии РФ «О состоянии и об охране окружающей среды РФ в 2014 г.», в 51 городе РФ уровень химического загрязнения атмосферного воздуха по таким веществам как бенз(а)пирен, свинец, формальдегид, фенол, оксид и диоксид азота, фтористый и хлористый водород, этилбензол, сероводород, сероуглерод, взвешенные вещества и сажа характеризуется как высокий (от 5 до 10 предельно допустимых концентраций (ПДК), индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) от 7 до 13) и очень высокий (свыше 10 ПДК, ИЗА \geq 14). В этих городах проживает 19% городского населения. В 35 городах РФ уровень химического загрязнения атмосферного воздуха является повышенным (от 1 до 5 ПДК, ИЗА от 5 до 6) и в 47 городах — низкий ($<$ 1 ПДК, ИЗА $<$ 5).

Техногенные катастрофы XX — начала XXI в. (Кыштым, 1957; Бхопал, 1984; Чернобыль, 1986; Саяно-Шушенская ГЭС, 2009; Мексиканский залив, 2010; Фукусима, 2011; Вест, 2013 и др.) также оказали негативное влияние на состояние окружающей среды. Так, в результате Чернобыльской катастрофы радиоактивному загрязнению (йод-131, цезий-137, стронций-90, плутоний-239 и др.) высокого уровня подверглись огромные (свыше 200 000 км²) территории в Украине, Республике Беларусь, России. Радиоактивные осадки также выпали в Европе, Канаде, США, Японии. Из разрушенного реактора в атмосферу было выброшено по разным оценкам от 50 млн до 10 млрд кюри. По количеству долгоживущих радионуклидов

(^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239-241}\text{Pu}$ и др.) катастрофа стократно превысила радиоактивное загрязнение от бомб, сброшенных на Хиросиму и Нагасаки [76].

Деформация окружающей среды достигла к настоящему времени угрожающих размеров, меняющих эволюционно стабильные и генетически фиксированные процессы метаболизма и формирования морфологических составляющих экосистем, их звеньев, в том числе и ее критического звена — человека.

Проблема взаимоотношения человека и окружающей среды имеет планетарный характер. Она не может быть решена в рамках одной страны или отдельного региона, вне комплекса основных проблем современности — проблем мира, разоружения, сосуществования и сотрудничества стран с различным уровнем развития.

К сожалению, в современном обществе глубоко укоренились технологический образ мышления, надежды на то, что с помощью правильной организации хозяйства и высокопроизводительной техники можно решить все экономические, экологические и социальные проблемы. Однако исторический опыт убеждает, что это не так. Даже самая совершенная техника или технология, если они вступают в противоречие с законами самовоспроизводства природы, неизбежно наносят ущерб окружающей среде. Считается, что в результате хозяйственной деятельности людей за последние 50 лет наша планета изменилась в большей степени, чем за те 800 тыс. лет, которые отделяют нас от начала овладения человечеством огнем.

Время стихийного, безоглядного использования природных ресурсов уже прошло. Будущее за нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии. Природопользование должно осуществляться только на научной основе, с учетом всех тех сложных процессов, которые происходят в окружающей среде, как без участия, так и при участии человека, поскольку воздействие его на природу становится все сильнее и сильнее. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов является одним из наиболее актуальных природоохранных направлений.

В решении указанных проблем велика роль подготовки экологических кадров, экологического воспитания и образования людей, ведь многие просто не знают о надвигающейся беде и тех отрицательных последствиях, которые вызываются загрязнением окружающей среды.

Устойчивое функционирование биосферы в условиях постоянно возрастающего антропогенного воздействия является основой дальнейшего развития человеческой популяции, так как только при таком подходе может быть обеспечено само существование человеческой популяции как части биосферы.

Авторский коллектив

Тотай А. В. — академик Российской академии естественных наук и Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и химия» Брянского государственного технического университета — гл. 6, 8;

Корсаков А. В. — доктор биологических наук, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и химия» Брянского государственного технического университета — введение, гл. 4, 5 (5.2, 5.5–5.7), 7, 9;

Галюжин С. Д. — кандидат технических наук, доцент, декан строительного факультета Белорусско-Российского университета — гл. 1, 2;

Филин С. С. — кандидат технических наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и химия» Брянского государственного технического университета — заключение, гл. 5 (5.1, 5.3, 5.4), 10;

Галюжин А. С. — старший преподаватель кафедры «Безопасность жизнедеятельности» Белорусско-Российского университета — гл. 3.

Научные редакторы — **А. В. Тотай** и **А. В. Корсаков**.

Глава 1

ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА

1.1. Экология и цивилизация

В соответствии с современной гипотезой Большого Взрыва Вселенная образовалась примерно 14 млрд земных лет назад. К такому выводу ученые пришли, определив скорость «разбегания» галактик. Экстраполяция приводит к удивительному результату: около 14 млрд лет назад вся Вселенная была сосредоточена в очень малой области с плотностью 10^{11} – 10^{12} кг/м³, соответствующей плотности атомного ядра. По каким-то причинам эта «капля» пришла в неустойчивое состояние и взорвалась. Последствия этого взрыва наблюдаются и сейчас как разлет системы галактик. При этом возникли масса, энергия, пространство и время. Вместе с рождением этих субстанций появились законы физики, поэтому физика не рассматривает вопросы о том, что предшествовало началу начал [62, с. 88].

Современная астрономия и астрофизика имеет ряд веских аргументов в пользу космогонической теории создания звездных систем путем конденсации облаков газопылевой межзвездной среды. Этот процесс продолжается и в настоящее время. По оценкам астрофизиков, возраст Солнца около 5 млрд лет, а Земли — 4,5–4,7 млрд лет.

Следует отметить, что на ранних этапах развития Вселенная качественно отличалась от современного состояния. Тогда не было ни звезд, ни галактик и, конечно, не было жизни. За прошедший период произошел грандиозный процесс эволюции Вселенной от простого к сложному. Такое же направление имеет и эволюция Земли. Модель космической хронологии, предложенная американским планетологом К. Саганом (с дополнениями и изменениями авторов), представлена в табл. 1.1. Все время существования Вселенной представляется некоторым виртуальным «космическим годом», при этом одна секунда космического года равна примерно 634 земным годам.

Как отмечают исследователи, в истории Земли было два экологических кризиса. **Первый экологический кризис** произошел примерно 3,8–3,5 млрд лет назад, когда на смену хемотрофным бактериям (архебактериям), существующим за счет энергии химических реакций, пришли фотосинтезирующие цианобактерии (сине-зеленые водоросли), питающиеся неорганическими веществами и использующие энергию Солнца. В результате произошла коренная перестройка первичной биосферы. Атмосфера стала насыщаться кислородом и превратилась из восстановительной в окисли-

тельную. На Земле стали развиваться эукариоты (высшие животные и растения, одно- и многоклеточные водоросли, грибы и простейшие), способные потреблять кислород и эволюционировать.

Таблица 1.1

**Космическая хронология эволюции Вселенной
(1 космический год = 20 млрд земных лет)**

	Образование галактик	Образование Солнечной системы	Образование Земли	Появление жизни на Земле
1 января 0 ч 0 мин 0 с	10 января	9 сентября	14 сентября	25 сентября
Образование древнейших скал	Появление бактерий и сине-зеленых водорослей	Возникновение фотосинтеза	Первые клетки с ядром	Возникновение кислородной атмосферы
2 октября	9 октября	12 ноября	15 ноября	1 декабря
Первые черви	Океанический планктон	Первые рыбы	Растения колонизируют сушу	Первые цветы
16 декабря	18 декабря	19 декабря	20 декабря	21 декабря
Первые амфибии и крылатые насекомые	Первые деревья, первые рептилии	Первые динозавры	Первые млекопитающие	Первые птицы
22 декабря	23 декабря	24 декабря	26 декабря	27 декабря
Животные колонизируют сушу	Первые гоминиды	Первые гоминиды	Начало новой эры	Человек ступил на Луну
28 декабря	31 декабря 13 ч	31 декабря 22 ч	31 декабря 23 ч 59 мин 57 с	31 декабря 23 ч 59 мин 59,95 с

На определенном этапе развития биосферы появился первобытный человек. Он незаметно вписался в биосферу, так как не был ни самым сильным, ни самым быстрым, ни самым ловким среди земных обитателей. Как же случилось, что человек в конце концов подчинил своим нуждам значительную часть биосферы? По каким-то причинам после нескольких миллиардов лет развития жизнь на Земле стала разумной. Видимо, под воздействием внешних возмущений произошли изменения в генной структуре ДНК (ДНК — дезоксирибонуклеиновая кислота) прачеловека таким образом, что, выражаясь терминами кибернетики, у человека появились зачатки саморазвивающегося интеллекта.

Существенным шагом в развитии человека является переход к изготовлению орудий труда: дубинка усилила руку, обработанный камень заменил клык. Эволюция человека постепенно сменяется эволюцией создаваемых им орудий труда: биологическая эволюция — эволюцией технической. Это уже *Homo habilis* — *Человек умелый*. При этом человек еще не оторвался от остального живого мира, он стал первым среди равных. Род его процветает, популяция растет, и люди заселяют уже весь земной шар. Причиной глобального расселения была нехватка продуктов питания в границах прежнего обитания.

Расселение первобытных людей по территории всей планеты можно сравнить с эпохой великих географических открытий. Около 10—15 тыс. лет назад человек полностью заселил современный ареал обитания, кроме Антарктиды, которая и тогда была покрыта льдами. Это было небывалое в истории Земли расселение биологического вида, который сумел приспособиться к различным климатическим и погодным условиям.

Новый этап материальной культуры связан с появлением *Homo sapiens* — *Человека разумного*. Однако всегда ли разумными были его действия? Человек захватил всю сушу. Он уже не первый среди равных, он возвышается над всем живым миром как диктатор. Для поддержания и роста популяции необходимо все больше и больше пищи. В результате в Европе были полностью уничтожены мамонт, степной зубр, гигантский олень, шерстистый носорог, пещерные лев и медведь. В Америке — мамонт, мегатерий, верблюд и другие виды животных. Это была первая крупная экологическая ошибка человека. Неумеренное уничтожение крупных животных в конечном итоге привело к сокращению численности людей почти вдвое. Произошел **второй экологический кризис**.

Человек находит спасительный выход из создавшегося положения в принципиально новом способе добывания пищи — в ее производстве (около 8—10 тыс. лет назад). Вместо собирательства плодов и корешков вводится земледелие, а вместо охоты — скотоводство. Наступил новый этап взаимодействия человека с окружающей природой.

Выгоды нового способа жизнеобеспечения были очевидны, поскольку скотоводство и земледелие давали более гарантированную пищу в течение года. Выросла производительность труда, и освободившееся время человек использует на улучшение своего быта. Он уже сам строит для себя жилище, производит одежду, обувь, посуду, украшения — возникает понятие собственности.

Преимущества этих нововведений, прямые выгоды были очевидны сразу, а скрытая опасность стала заметна намного позже. Суть ее в том, что нарушался баланс природных процессов. С появлением стад, отар, табунов домашних животных травы выедались и вытаптывались быстрее и уже не успевали восстанавливаться в прежнем объеме. Луга и степи стали превращаться в полупустыни, а полупустыни — в пустыни.

Аналогичные процессы происходили и в земледельческом хозяйстве. Тогда практиковалось подсечно-огневое земледелие: участок леса предварительно валили (подсекали), подсушивали и сжигали, полученная в результате зола использовалась в качестве удобрений. Такое поле

2—3 года давало неплохой урожай, но затем его использование становилось нерентабельным. Еще несколько лет оно служило пастбищем, а затем забрасывалось. Выжигали следующий участок леса, и все повторялось снова.

Кроме того, монокультуры, выращиваемые человеком, создавали и создают до сих пор прекрасные условия для питания насекомых, грызунов. Так, сельское хозяйство, вооруженное современными средствами защиты растений, до сих пор не может справиться с колорадским жуком и саранчой. интенсивная хозяйственная деятельность человека приводила и к изменению природных условий: засолению и эрозии почвы, опустыниванию и в конечном итоге к деградации антропогенных (созданных человеком) экосистем.

Довольно поучителен пример неумелого хозяйствования в Вавилоне, который был в течение многих столетий культурной и экономической столицей Ближнего Востока. Основой сельского хозяйства Вавилонского царства была система ирригации междуречья Тигра и Евфрата. В конце VI в. до н.э. царь Навуходоносор с целью увеличения орошаемой площади построил новый канал. Вода бралась из Евфрата, поступала к орошаемым землям, а излишки сбрасывались в море через Тигр. В результате скорость воды в Евфрате уменьшилась и стали возрастать отложения взвешенных частиц в старой ирригационной сети. Сеть начала засоряться и выходить из строя. Так очередная победа над природой погубила великий город. К началу новой эры от Вавилона остались одни руины [13].

Дальнейшее совершенствование земледелия (орошение, селекция, использование отходов жизнедеятельности животных в качестве удобрений и т.д.) постепенно приводит к оседлому образу жизни. Появляется избыток продуктов питания, часть которого сохраняется про запас на неурожайный год, часть изымается в качестве налогов, а часть продается или меняется на изделия ремесленников, ювелиров и т.д. Создаются классы и сословия людей, непосредственно не участвующих в процессе производства продуктов питания. Эти люди селятся компактно, так как для их деятельности не нужны большие участки земли. Так возникают первые города. С этого времени начинается исторический период в жизни людей, именуемый эпохой *цивилизации*. Эпоха цивилизации ознаменована не только колоссальными достижениями человечества, позволившими существенно улучшить его среду обитания, но и, к сожалению, появлением и обострением вначале региональных, а затем и глобальных экологических проблем.

Поэтому необходимость познания природы и оценки места человека в ней приобрела не только теоретическое, но и практическое значение уже на заре развития цивилизации. Опираясь на знания более древних народов, древнегреческие ученые создали множество основополагающих теорий, предопределивших более поздние научные открытия. Почти все философы Древней Греции — естествоиспытатели.

Древнегреческий историк и путешественник **Геродот** (490 (480)—425 гг. до н.э.) посетил большинство известных в то время стран с целью написания наиболее полного труда по истории. Он побывал в Малой Азии, Египте, Вавилоне, Финикии, на Сицилии, объездил побережье Черного

моря. В своем сочинении «История» в девяти книгах он описал природу этих стран и особенности их народов. Большой интерес представляют приведенные там сведения о Черном море, реках Днепре, Доне, Дунае, о жизни и быте скифов, о проблемах природной среды.

Крупнейший философ античности **Платон** (428—347 гг. до н.э.) писал, что вода не исчезала, как теперь, скатывалась в море по оголенной земле; то, что сохранилось, если сравнивать с тем, что существовало раньше, похоже на истощенное тело больного человека; все плодородные, мягкие земли растратились и исчезли, оставив лишь остов суши. Интересно платоновское представление о структуре мироздания, которое является классическим образом античного понятия о Космосе. Космос, согласно Платону, зрим, осязаем и материален. Он существовал не всегда, а появился в результате акта творения.

Великий древнегреческий философ-естествоиспытатель **Аристотель** (384—322 гг. до н.э.) наибольших успехов среди естественных наук достиг в биологии. Он определил жизнь как способность к самообеспечению, а также к независимому росту и распаду. Аристотель разделил зоологию на три части: анатомию, общую физиологию и эмбриологию. В научном труде «История животных» он упоминает около пятисот различных животных, причем некоторых описывает достаточно детально.

Преемник Аристотеля **Феофраст (Теофраст)** (370—288 (285) гг. до н.э.) разработал основы ботаники как самостоятельной науки. В трактате «Исследование о растениях» им описана зависимость различных растений от экологических факторов (теплоты, влажности, освещенности, почв и др.). Он писал: «Своеобразие растительности создается разницей в месте».

Более зрелые мысли экологической направленности высказал **Плиний Старший (Гай Плиний Секунд)**, живший в I в. н.э. в Римской империи (23 (24) — 79). В «Естественной истории» (37 книг) он проанализировал и обобщил основные научные труды античности по ботанике, зоологии, лесному хозяйству. Его труды использовались вплоть до конца XVII в. как источник знаний о природе.

В период Средневековья, пришедшего на смену античному миру, в Европе под запретом находились все естественные науки, в том числе и составляющие фундамент экологии. Поэтому развитие различных наук в те годы происходило преимущественно в Азии.

Большой интерес представляют труды среднеазиатского философа, естествоиспытателя и врача **Ибн Сины** (латинизир. — **Авиценна**), жившего в X—XI вв. н.э. Его мировоззрение формировалось под влиянием научных трудов великих античных ученых Платона, Аристотеля, Гиппократов и др. Многие их труды он перевел на арабский язык. В «Книге исцеления» наряду с философскими вопросами он рассматривал проблемы происхождения животного мира, образования гор, описывал свойства минералов. Мировую славу ему принесла книга «Канон врачебной науки». В этой книге имеются разделы о влиянии на организм окружающего воздуха, о временах года и т.д. Ибн Сина — величайший ученый Средневековья. В то время среди ученых ему не было равных во всем мире.

Эпоха Возрождения (Ренессанса) положила начало новому этапу в истории мировой науки. У ее истоков стоял английский ученый, политик и литератор **Френсис Бекон** (1561—1626). Высказывание Ф. Бекона: «Мы можем повелевать природой, лишь подчиняясь ей», — сегодня звучит как никогда актуально.

Следует упомянуть о трудах выдающегося немецкого химика и врача профессора Базельского университета **Теофраста фон Гогенгейма**, известного в истории под латинизированным именем **Парацельс** (1493—1541). Его идеи о дозировке природных факторов: «Все есть яд, и все есть лекарство. Одна доза делает вещество или ядом, или лекарством» — развиты спустя три века в работах Ю. Либиха и В. Шелфорда. Он разработал классификацию факторов, влияющих на здоровье человека. В нее были включены космические, атмосферные и климатические факторы. Парацельс является одним из основоположников опытного метода в познании природы.

Становление экологии как науки связано с именами английских ученых — биолога **Джона Рея** (1627—1705) и химика **Роберта Бойля** (1627—1691).

Д. Рей в 1670 г. в монографии «История растений» предложил первую естественную систему растений, ввел представления об однодольных и двудольных растениях. Он впервые использовал понятия вида и рода в смысле, близком к современному. В этом же году Р. Бойль опубликовал результаты влияния низкого атмосферного давления на различных животных.

Голландский натуралист **Антони ван Левенгук** (1632—1723) с помощью изобретенного им микроскопа первым начал изучать микроорганизмы и клетки. Он является пионером в изучении пищевых цепей, исследовал проблемы численности популяций.

Значительный вклад в развитие экологии внес великий шведский естествоиспытатель **Карл Линней** (1707—1778). Он получил мировую известность из-за созданной им классификационной системы растительного и животного мира. Для каждого вида организмов Линней применил двойное латинское название: первое относилось к названию рода, второе — к видовой принадлежности. Задолго до появления теории Дарвина он поставил человека первым в классе млекопитающих и дал ему научное имя — *Homo sapiens* (Человек разумный). В 1749 г. он опубликовал диссертацию «Экономия природы», где рассмотрел взаимоотношения живых организмов и влияние на их жизнь условий окружающей среды.

Французский натуралист **Жорж Бюффон** (1707—1788) заметно выделяется среди первых естествоиспытателей Франции первой половины XVIII в. В фундаментальном труде «Естественная история» (44 тома) много страниц посвящено влиянию окружающей среды на организмы. Он писал о том, что каждое животное имеет свою страну, свое естественное отечество, в котором оно и держится силой физической необходимости, каждое является детищем обитаемой им местности. Бюффон впервые выдвинул идею о единстве растительного и животного мира, изменчивости видов под влиянием окружающей среды. Отмечая изменчивость организмов под влиянием факторов окружающей среды, он вплотную подходит к эволюционным идеям происхождения и развития организмов.

Говоря о великих ученых-естествоиспытателях первой половины XVIII в., нельзя не отметить великого русского ученого, первого русского академика **М. В. Ломоносова** (1711—1765). В труде «О слоях земных» (1763) он проводит идею о закономерной эволюции природы. Описывая изменения рельефа земной коры, Ломоносов указывает на двоякость факторов (внешние — воздух и вода, внутренние — «подземный пожар»), которые обуславливают эти изменения. Такое представление не противоречит взглядам современной науки. Он распространял идею развития не только на историю земной коры, но и на весь мир животных и растений. Согласно Ломоносову, «свет имеет великую древность», а не 5 тыс. лет, как указано в Библии. Таким образом, есть все основания считать его первым ученым, прокладывавшим в России путь эволюционной идее.

Большой вклад в становление экологии как науки внес французский ученый профессор зоологии **Жан Батист Ламарк** (1744—1829). Он впервые разграничил животный мир на позвоночных и беспозвоночных и стал одним из авторов термина «биология». В лекциях (1800) Ламарк отмечал, что живые тела содержат все неорганические вещества, имеющиеся в природе, поэтому животным и растениям принадлежит важная роль в формировании поверхности планеты. В труде «Гидрология» (1802) он отмечал, что лик Земли меняется постепенно под влиянием естественных сил природы. Здесь он впервые использовал понятие «биосфера» (без употребления самого термина) для обозначения совокупности организмов, обитающих на Земле. В фундаментальном труде «Философия зоологии» (1809) Ламарк подробно рассмотрел влияние внешних условий на действия и привычки животных. Он создал первую целостную картину эволюции живой природы.

Определяющий вклад в становление экологии как науки внес немецкий биолог **Эрнест Геккель** — автор термина «экология» (более подробно см. параграф 1.2). Геккель разработал теорию происхождения многоклеточных (так называемая теория гастреи, 1866), сформулировал биогенетический закон, согласно которому в индивидуальном развитии организма как бы воспроизводятся основные этапы его эволюции, построил первое генеалогическое древо животного царства. Сильнейшее воздействие на Геккеля оказали дарвиновские идеи. В 1863 г. он выступил с публичной речью о дарвинизме на заседании Немецкого научного общества, а в 1866 г. вышла его книга «Общая морфология организмов» («*Generelle Morphologie der Organismen*»). Спустя два года появилась «Естественная история миротворения» («*Natürliche Schöpfungsgeschichte*»; русский перевод в 1914 г.), где развиваемый им эволюционный подход излагался в более популярной форме, а в 1874 г. Геккель опубликовал работу «Антропогенія», или «История развития человека» («*Anthropogenie*», или «*Entwicklungsgeschichte des Menschen*»; русский перевод в 1919 г.), в которой обсуждались проблемы эволюции человека. Ему принадлежит мысль о существовании в историческом прошлом формы, промежуточной между обезьяной и человеком.

У истоков экологии стояли и русские ученые. Так, профессор Московского университета биолог-эволюционист **К. Ф. Рулье** (1814—1858) в труде «Общая зоология» писал, что природа вечна и все ее явления взаимосвя-

заны и составляют единое целое. Живые организмы необходимо изучать во взаимосвязи со средой обитания. Он говорил, что природа не всегда была такой, какой мы видим ее сейчас. По общему закону природы все образуется путем медленных непрерывных изменений, которые приводят к тому, что из простого развивается что-то более сложное. Он первым раскрыл смысл понятия «окружающая среда», предложил классификацию «наружных условий» или, как говорят сейчас, экологических факторов, выделив среди них факторы неживой природы и факторы, возникающие при взаимодействии живых организмов (см. гл. 3). Роль утверждал, что любой организм не может существовать независимо от окружающей среды, причем как окружающая среда изменяется под воздействием организмов, так и организмы изменяются под ее воздействием. Он писал, что научный путь есть опытное исследование предмета или явления в его последовательном развитии не как уединенного, оторванного, но как необходимо связанного с другими относительно внешними явлениями. Еще до Дарвина им в России основана первая научная школа зоологов-эволюционистов.

XIX в. отмечен бурным развитием естественных наук. Достижения в области экологии в то время прежде всего связаны с именами всемирно известных ученых Александра Гумбольдта и Чарльза Дарвина.

Немецкий естествоиспытатель и географ **А. Гумбольдт** (1769–1859) — ученый энциклопедических знаний. В 1807–1834 гг. вышло в свет его 30-томное «Путешествие в равноденственные области Нового Света...», большую часть которого составляют описания растений, зоология и сравнительная анатомия животного мира. Детальное изучение распределения растительности «под различными широтами, от экватора до полярного круга» позволило вывести закон географической зональности. Он сумел соотнести климатические пояса и климатические аномалии с распределением растительности и животного мира на земном шаре. Большой интерес представляет его главный теоретический труд «Космос». В нем Гумбольдт указывает на наличие основных геосфер — твердую внешнюю кору, океан и атмосферу. Особое внимание он уделяет сфере жизни. Вопреки существовавшему тогда мнению в научных кругах Гумбольдт считал, что наряду с описанием окружающего мира необходимо проводить исследования и открывать законы, управляющие живыми организмами.

Огромный вклад в становление экологии как науки внес гениальный английский ученый **Чарльз Дарвин** (1809–1882). Он заложил биологический фундамент экологии как науки. В книге «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятных рас в борьбе за жизнь» (1859) он изложил основы теории естественного отбора в результате борьбы за существование. Великий Дарвин писал: «Борьба за существование неизбежно вытекает из быстрой прогрессии скорости, в которой все органические существа стремятся размножаться» [14, с. 128]. Он подчеркивал, что способность размножаться в геометрической прогрессии — это закон, открытый Мальтусом. Увеличение численности всех видов невозможно, так как Земля не может их вместить. Поскольку производится особей больше, чем может выжить, то неизбежна борьба за существование или между особями одного вида и между особями различных видов,

либо с окружающими физическими условиями жизни. В процессе борьбы за существование выживают те организмы, которые из-за произошедших изменений имеют преимущества для существования в данной местности (лучшая защита от врагов, большая привлекательность при выборе брачной пары и т.д.).

Важным шагом на пути развития экологии стало введение немецким гидробиологом **Карлом Мебиусом** (1825—1908) в 1877 г. понятия о «биоценозе». В книге «Устрицы и устричное хозяйство» он описал комплексы донных животных, назвав эти комплексы биоценозами. Под этим термином Мебиус понимал объединения организмов, соответствующих по составу, числу видов и количеству особей некоторым средним факторам окружающей среды. Он отмечал, что организмы в этих объединениях взаимозависимы.

Развитие философии и естествознания привело к пониманию необходимости комплексного изучения оболочки Земли, в которой сосредоточена жизнь. Эту оболочку в 1875 г. австрийский геолог **Э. Зюсс** (1831—1914) назвал «биосферой».

Большой вклад в наполнение понятия «биосфера» внес крупнейший русский ученый профессор Петербургского университета **В. В. Докучаев** (1846—1903). Он первым указал на необходимость проведения комплексных междисциплинарных исследований природных систем. Во всемирноизвестной монографии «Русский чернозем» (1883) он обосновал понятие о почве как об особом естественно-историческом теле, образующемся при взаимодействии множества факторов: материнской породы, климата, растений и животных, рельефа и геологического возраста.

В конце XIX — начале XX в. в России сформировалась школа русского космизма, выдающимися представителями которой были К. Э. Циолковский, В. И. Вернадский, Д. И. Менделеев, А. Л. Чижевский. Основные положения этого учения: человек — составная часть природы, и рассматривать их необходимо в диалектическом единстве, не противопоставляя друг другу; человек и окружающая его природа — частицы Вселенной.

В начале XX в. возникла необходимость уточнить содержание понятия «биосфера», определить ее строение и взаимосвязь с неживой природой планеты и космосом. Эту задачу успешно решил гениальный русский ученый **В. И. Вернадский** (1863—1945), который в 1926 г. опубликовал фундаментальный труд «Биосфера», заложив тем самым основы общего учения о биосфере, и сформулировал новую научную дисциплину — биогеохимию. Он впервые подробно показал, какое огромное влияние оказывают живые организмы на формирование земной коры. Ученый отмечал, что в пределах биосферы везде встречаются либо живое вещество (совокупность всех живых организмов), либо следы его биохимической деятельности (горные осадочные породы и их производные, природные воды и газы атмосферы и т.д.). Вернадский отмечал, что биосфера — это планетное явление космического характера и она должна рассматриваться как «область превращения космической энергии».

Учение о биосфере получило дальнейшее развитие в трудах замечательного русского биофизика **А. Л. Чижевского** (1897—1964). Он отмечал,

что космический мир и мир земной биосферы представляют собой единое целое. «Жизнь... в значительно большей степени есть явление космическое, чем земное. Она создана воздействием творческой динамики космоса на инертный материал Земли», — писал Чижевский в книге «Земное эхо солнечных бурь» [58, с. 33]. В 1918 г. он открыл биогенное действие электрических зарядов на организм. Чижевский первым установил, что отрицательные ионы кислорода благотворно действуют на все функции организма, улучшают состояние здоровья, излечивают многие заболевания, продлевают жизнь.

В первой половине XX в. остро почувствовалось отсутствие базовой единицы изучения экологии. В физике — это атом, в физиологии — орган, в цитологии — клетка. В экологии такой единицей является экологическая система (экосистема). Термин «экосистема» в 1935 г. впервые предложен английским экологом **Артуром Тенсли** (1871—1955).

Русским ботаником академиком **В. Н. Сукачевым** (1880—1967) создано учение о биогеоценозе, в котором нашли отражение идеи о единстве живых организмов с окружающей неживой природой, об обмене веществом и энергией между ними. Он один из создателей научной дисциплины — биогеоценологии. Им разработана теория образования болот, раскрыты основные закономерности эволюции и функционирования лесного биогеоценоза.

Многие ученые считают, что принципиальных различий в понятиях «экосистема» и «биогеоценоз» нет. В настоящее время, как правило, используется первый термин.

Среди современных ученых в первую очередь следует назвать выдающихся российских ученых-экологов М. И. Будыко, М. М. Камшилова, Н. П. Дубинина, Н. Ф. Реймерса, И. А. Шилова и др.

В своих фундаментальных трудах «Глобальная экология», «Климат в прошлом и будущем» выдающийся климатолог **М. И. Будыко** (1920—2001) разработал основы теории теплового баланса Земли и одним из первых указал, что повышение содержания углекислого газа в атмосфере может привести к глобальному потеплению из-за парникового эффекта. Он также является одним из авторов периодического закона географической зональности: со сменой физико-географических поясов Земли аналогичные ландшафтные зоны и некоторые общие свойства периодически повторяются.

М. М. Камшилов (1910—1979) в трудах «Эволюция биосферы», «Ноогенез — эволюция, управляемая человеком» продолжил учение В. И. Вернадского о ноосфере, указал основные пути развития и сохранения биосферы в эпоху научно-технической революции. «За ноосферу надо сознательно бороться», — пишет М. М. Камшилов.

Генетик **Н. П. Дубинин** (1907—1998) в монографии «Мутагены окружающей среды» показал, что в настоящее время существенное влияние на мутацию ДНК оказывает загрязнение окружающей среды.

Большой интерес представляют научные труды известного эколога **Н. Ф. Реймерса** (1931—1993) «Природопользование», «Концептуальная экология», «Экология. Теория, законы, правила, принципы и гипотезы», в которых изложены теоретические основы современной экологии.

В фундаментальных работах академика **И. А. Шилова** (1921—2001) «Физиологическая экология животных», «Эколого-физиологические основы популяционных отношений у животных» рассматриваются проблемы экологии как биологической науки, основные механизмы и закономерности устойчивого существования биологических систем разного уровня в условиях сложной динамичной среды.

Большой вклад в развитие экологии вносят и белорусские ученые. Под руководством выдающегося географа и климатолога академика **В. Ф. Логинова** (род. 1940) подготовлен и в 1996 г. издан фундаментальный труд «Климат Беларуси», в котором рассмотрены пространственно-временные изменения климата под влиянием естественных и антропогенных факторов, возможные сценарии будущего глобального и регионального климата. Под его руководством в 2003 г. подготовлена и издана монография «Изменения климата Беларуси и их последствия», в которой изложены возможные причины и сценарии изменений глобального климата и климата Беларуси.

Не только в странах СНГ, но и в дальнем зарубежье получили признание научные труды академика **Л. М. Суцени** (род. 1929) посвященные вопросам общей экологии и экологии беспозвоночных животных.

Большой интерес представляют работы известного ботаника академика **В. И. Парфенова**, в которых изложены пути решения современных экологических проблем в Беларуси.

Советским экологом и зоологом, академиком АН СССР **С. И. Шварцем** (1919—1976) — одним из основоположников русскоязычного крыла популяционной и эволюционной экологии, открыта и сформулирована закономерность, которую возвели в ранг экологического правила Шварца. С. Шварц разработал метод морфофизиологических индикаторов для определения состояния и прогноза развития популяций животных, новые представления об экологических механизмах эволюционного процесса в природе, метаболической регуляции скорости роста и развития в популяциях животных, внес существенный вклад в развитие популяционной экологии животных (представление о биологическом своеобразии сезонных генераций животных), химической экологии водных животных. Возглавлял комплексные исследования природы Крайнего Севера.

Крупный американский эколог и фитоценолог **Р. Х. Уиттекер** (1920—1980) занимался вопросами классификации и ординации растительных сообществ. Отстаивал позиции сторонников континуальности растительного покрова, став одним из лидеров этого направления в США. Первым обосновал разделение организмов на пять царств — прокариоты, протисты, грибы, растения, животные.

Определенный вклад в развитие глобальной экологии внесли **Дж. Форрестер** (род. 1918) (США) и **Д. Медоуз** (род. 1940) (США). в книге «Мировая динамика» (1971) Дж. Форрестер — математик и специалист в области управления — изложил возможные варианты мирового развития. Под руководством кибернетика М. Медоуза в рамках «Римского клуба» с помощью методов математического моделирования проведены исследования путей мирового развития с 1900 до 2100 г.

Среди современных отечественных ученых, внесших выдающийся вклад в развитие экологии, следует отметить директора Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, академика РАН **Д. С. Павлова** (род. 1938), директора Института экологии растений и животных Уральского отделения РАН, академика РАН **В. Н. Большакова** (род. 1934), директора научного совета РАН по изучению, охране и рациональному использованию животного мира, академика РАН **А. Ф. Алимова** (род. 1933), основателя и президента Центра экологической политики России, вице-президента Всемирного союза охраны природы, советника РАН, член-корреспондента РАН **А. В. Яблокова** (род. 1933) и других ученых. Так, Д. С. Павлов разработал экологическую концепцию ориентации и локомоции рыб в потоке, выявил основные стереотипы реакций рыб в потоке воды и их миграционного поведения. Под его руководством разработана стратегия охраны водных биологических ресурсов, создана теория управления массовыми перемещениями рыб с целью сохранения их естественного воспроизводства при гидротехническом строительстве. Работы В. Н. Большакова внесли существенный вклад в разработку фундаментальных проблем современной популяционной и эволюционной экологии, в теорию внутривидового формообразования и экологической адаптации. Под его руководством проведены исследования роли различных форм внутривидовой изменчивости, структуры популяции животных, ее динамики и устойчивости в условиях влияния различных антропогенных факторов. А. Ф. Алимовым разработаны количественные оценки функциональной экологии водных животных, основные положения теории функционирования водных экосистем. Труды А. В. Яблокова посвящены биологии морских млекопитающих, проблемам микро- и макроэволюции, радиоэкологии, а также теории охраны живой природы и экологической безопасности. Им создано такое новое направление в эволюционной биологии, как популяционная морфология и фенетика популяций. Широкую известность получили его публикации, посвященные влиянию малых доз радиации на здоровье человека и окружающую среду, экологической «чистоте» атомной энергетике, последствиям подземных атомных взрывов в «мирных целях», катастрофам на Чернобыльской АЭС и на АЭС Фукусима. А. В. Яблоков — основатель (1989) и почетный член GLOBE-International «Парламентарии мира за окружающую среду» (вместе с Альбертом Гором — впоследствии вице-президентом США), вице-президент Совета Всемирного союза охраны природы, основатель и сопредседатель Гринпис СССР (1988—1991), основатель и председатель президиума Московского общества защиты животных (1987—2009).

Среди современных зарубежных ученых следует отметить **Ю. Одума** (США), **Б. Коммонера** (США). Ю. Одум написал одни из лучших современных книг по экологии: «Основы экологии» (1975) и «Экология» (1986). Эти работы оказали большое влияние на формирование экосистемного направления в экологии, в них он определил экологию как науку о функционировании биосферы.

Б. Коммонер в труде «Замыкающийся круг» сформулировал четыре закона экологии (подробнее в параграфе 1.2).

1.2. Экология как самостоятельная наука

Как уже отмечалось, термин «экология» появился во второй половине XIX в. В 1866 г. молодой немецкий биолог профессор Йенского университета **Эрнст Геккель** в своем фундаментальном труде «Всеобщая морфология организмов» впервые употребил этот термин, образованный из двух греческих корней: ойкос (*oikos*) — дом, жилище; логос (*logos*) — слово, логика, наука. Дословный перевод означает «наука о доме (жилище)».

Э. Геккель писал, что экология — это наука о взаимоотношениях животных с окружающей их средой, т.е. он рассматривал экологию в узком смысле как область зоологии, изучающую взаимоотношения животных с живой и неживой природой.

В энциклопедическом словаре Э.А. Брокгауза и И.А. Ефрона в 79-м томе (1904) дано примерно такое же определение: «Экология или ойкология — часть зоологии, обнимающая собой сведения касательно жилищ животных, то есть нор, гнезд, логовищ и т.п. До сих пор экология не достигла той степени развития, которая дала бы ей право на известную долю самостоятельности, так как до сих пор она еще не вышла из периода описаний и не выработала ни определенных методов, ни известной суммы обобщений» [1, с. 256].

В «Словаре русского языка» С.И. Ожегова с 1-го по 20-е издания этот термин вообще не упоминается.

Долгое время термин «экология» был мало известен даже биологам. В некрологе, посвященном памяти Э. Геккеля, крупнейший русский естествоиспытатель К.А. Тимирязев, отмечая многочисленные заслуги великого ученого, даже не упоминает о его работах в области экологии.

Как научная дисциплина экология начала формироваться только в начале XX в. С начала века в экологии обозначились два основных направления. Первое — антропоцентрическое, в котором человеческое общество рассматривалось как новое царство, наряду с царствами минералов, растений и животных. Странники второго направления — биоцентрического — включали Человека разумного в сферу интересов общей экологии. С их точки зрения, человек — это млекопитающее, подчиняющееся общим законам природы, и развитие его происходило параллельно с развитием других животных.

В центре внимания экологии то, что непосредственно связывает организм с окружающей средой, позволяя жить в тех или иных условиях. После Геккеля в понятие «экология» вносились различные смысловые оттенки. Постепенно экологические закономерности стали относить к совокупностям организмов, популяциям, видам, многовидовым обществам и к живой природе в целом. Экология приобрела статус *науки об организации и функционировании надорганизменных биологических систем всех уровней* (популяции, сообщества, экосистемы, биосфера).

В первой половине XX в. термин «экология» употреблялся весьма ограниченно и экология как наука не выходила за рамки биологических исследований. В 60—70-е гг. XX в. появляются первые признаки неблагопри-

ятных последствий воздействия человечества на природную среду (смог, кислотные дожди, накопление вредных химических и радиоактивных отходов и т.д.). В июне 1972 г. в Стокгольме была проведена первая конференция ООН по окружающей среде. Было отмечено, что окружающая человека природная среда постоянно ухудшается и причиной этого является сам человек. Поэтому была поставлена задача: в первую очередь изучать экологию самого человека. Экология из внутрибиологической постепенно превращается в самостоятельную науку. На данном этапе развития человек уже рассматривается не как биологический вид (как животное по Геккелю), а как социотип, что предполагает рассмотрение предмета экологии более широко.

Взоры научного мира обращаются к трудам гениального русского геохимика В. И. Вернадского, который еще в первой половине XX столетия создал учение о «живой оболочке» Земли — биосфере. Это учение явилось основой для восприятия природных процессов как целостной системы. Почти через полвека стало ясно, что Вернадский является основоположником современной глобальной экологии.

Огромный вклад в развитие системной концепции внес английский геоботаник А. Тенсли. Он впервые показал, что организмы с окружающей их природной средой образуют единое целое — экологическую систему. Тенсли отмечал, что по отношению к природной среде экосистемы являются ее подсистемами.

Теоретик современной экологии Н. Ф. Реймерс утверждает, что экология — это биоцентрическая наука, но не биология. Это совокупность отраслей знаний, исследующих взаимодействие между биологически значимыми отдельностями, а также между ними и окружающей средой [46].

Человечество, приобретя огромную власть над природой, забыло, что в то же время само является всего лишь ее небольшой частью. Невиданные достижения в науке и технике чрезвычайно расширили человеческие возможности воздействия на окружающую среду. одновременно с этим как никогда очевидно, что могущество нашей цивилизации напрямую зависит от ресурсов биосферы, многие из которых являются исчерпаемыми, т.е. это могущество очень хрупкое.

В последние десятилетия XX в. существенно возрос общественный интерес к экологии. Видимо, это связано с глобальными проявлениями негативного антропогенного воздействия на природную среду: потепление климата, разрушение озонового слоя, возрастание количества и мощности природных катаклизмов (ураганы, землетрясения, наводнения и т.д.), поэтому экологию следует рассматривать как интегрированную дисциплину, связывающую естественные, технические и общественные науки. Все больше доминируют взгляды на экологию как на науку об экологических системах, причем рассматриваются не только природные экосистемы, но и антропогенные. Появляется осознание того, что хозяйственную деятельность необходимо приводить в соответствие с экологическими законами. Экология становится важнейшей наукой современной цивилизации.

Современная экология не только изучает законы функционирования природных и антропогенных систем, но и определяет рациональные способы взаимодействия природы и человечества.

Следует отметить, что в настоящее время человечество осознало катастрофическую опасность экологического кризиса для цивилизации. Устойчивое развитие человеческого общества возможно только на основе неуклонного соблюдения законов экологии, которые являются основой для рационального использования природных ресурсов и управления естественными, аграрными, техногенными и социальными системами. Во многих передовых странах данная наука становится первой среди равных. Развитие науки, техники и технологий все больше согласуется с экологическими требованиями. Это и понятно: данное развитие имеет смысл только в том случае, если не разрушается биосфера — дом, созданный Творцом для людей.

В современном понимании **экология** — *интегрированная фундаментальная наука о составе, структуре, свойствах, функциональных особенностях и эволюции систем надорганизменного уровня, популяционных экосистем и биосферы.*

Биологические системы на Земле имеют строгую иерархическую структуру, определяемую уровнями организации живого вещества. В соответствии с данными уровнями экологию зачастую подразделяют на аутэкологию, синэкологию и демэкологию [4, 61, 64].

Аутэкология (греч. *autos* — сам) *изучает взаимодействие отдельных организмов или групп этих организмов с окружающей средой.* При этом изучается взаимодействие данных объектов с окружающей средой как бы в изоляции от целостной биологической системы, в которую они входят как составные части, для познания основных закономерностей этого взаимодействия. Полученные знания позволяют оценить роль одной особи или группы особей в среде обитания. Однако их недостаточно для установления основных законов функционирования различных систем надорганизменного уровня, а именно сообществ организмов различных видов во взаимодействии между собой и с абиотической средой, и биосферы в целом. решение упомянутых проблем занимаются демэкология и синэкология.

Демэкология (греч. *demos* — народ), или **популяционная экология**, *направлена на изучение биологических систем более высокого уровня — группировок особей одного вида, совместно проживающих на определенной территории и способных к устойчивому воспроизводству (популяций).* В этом разделе экологии особи рассматриваются не изолированно, а в виде взаимодействующих между собой организмов одного вида в составе популяции, исследуются условия, при которых происходит формирование популяции, изучаются внутрипопуляционные группировки, динамика численности популяции и др.

Синэкология (греч. *syn* — вместе), или **биоценология**, *исследует взаимодействие сообществ организмов различных видов между собой, а также с окружающей их абиотической (неживой) средой.* Сообщества и окружающая их среда образуют систему более высокого иерархического уровня:

экосистему. Совокупность всех экосистем планеты образует экосистему наивысшего уровня — биосферу (см. подробнее гл. 2). Различные экосистемы и вся биосфера в целом являются также объектом изучения синэкологии.

В рамках основных разделов при исследовании конкретных групп организмов выделяют экологию животных, растений, человека и т.д., а при изучении природных комплексов — экологию водоемов, экологию суши, агроэкологию и т.д.

На базе уже рассмотренных разделов экологии в последние годы сформировались и бурно развиваются два новых направления: **глобальная экология** и **социоэкология**. Объектом изучения глобальной экологии является биосфера в целом. Проблемы взаимодействия природы и общества исследует социоэкология.

Развитие промышленности, транспорта, сельского хозяйства привело к возникновению ряда факторов, отрицательно влияющих на окружающую среду и на человека, поэтому возникло два новых направления — **экология человека** и **прикладная экология**. **Экология человека** — комплексная дисциплина, исследующая общие законы взаимоотношения биосферы и антропосистемы человечества, его групп, популяций и индивидуумов, а также влияние природной среды на человека и группы людей. **Прикладная экология** — большой комплекс дисциплин, связанный с различными областями человеческой деятельности (инженерная, транспортная, медицинская, сельскохозяйственная, промысловая и т.д.). **Инженерная экология** — прикладная дисциплина, направленная на сохранение качества окружающей среды путем проведения комплексных научно-обоснованных инженерно-технических мероприятий в условиях растущего промышленного производства. **Медицинская экология** — раздел экологии и медицины, рассматривающий взаимодействие между факторами риска окружающей среды и здоровьем человека.

Исходя из изложенного, можно сформулировать основную цель современной экологии — *определение основных законов функционирования биологических систем различного уровня во взаимосвязи с окружающей средой и умение их использовать для устойчивого развития цивилизации путем управления природными и антропогенными системами, человеческим обществом и биосферой в целом.*

Из поставленной цели вытекают задачи экологии:

- исследование закономерностей организации жизни, в том числе с учетом антропогенных воздействий на биосферу;
- разработка:
 - научных основ использования ресурсов Земли, прогнозов изменения природы в результате антропогенного воздействия;
 - системы мероприятий, обеспечивающих управление процессами в биосфере с целью сохранения среды обитания;
 - научных основ регулирования численности живых организмов;
- мониторинг окружающей среды.

Таким образом, можно отметить, что экология — это наука будущего и, видимо, существование и развитие нынешней цивилизации будет зависеть от ее прогресса.

Вместе с тем, несмотря на многочисленные предупреждения экологов, негативное антропогенное воздействие на биосферу усиливается. Сравнительно недавно стали понятными техногенные причины изменения климата, физико-химического состава атмосферы и т.д. Причины этого — незнание инженерами, создающими сложные технические системы, основных правил и законов экологии. Понимая это, ученые-экологи пытаются в доступной форме изложить данные основные законы. Такая попытка, довольно успешная, по мнению авторов, сделана известным американским экологом Б. Коммонером (1974). Наиболее общие постулаты экологии им обобщены и изложены в виде четырех правил.

Правило всеобщей связи процессов в биосфере: все связано со всем.

Экологи рассматривают биосферу как сложную саморегулируемую динамическую систему с множеством подсистем и элементов. Здесь экология опять смыкается с кибернетикой, так как одной из задач кибернетики является установление закономерностей в поведении таких систем. Механизм взаимодействия в данной системе упрощенно рассмотрим на примере поведения подсистемы «хищник — жертва». Если резкое изменение внешних условий приводит к значительному сокращению численности жертв, то следом сокращается численность хищников. Это приводит к уменьшению давления на жертву и создает условия для ее размножения, что в конце концов увеличивает численность хищников. Таким образом, обеспечивается динамическое равновесие системы. В теории автоматического управления — это система с отрицательной обратной связью. Искусственное вмешательство в эту систему приводит к ее разрегулированию и в итоге — к упадку. Б. Коммонер писал: «Система стабилизируется благодаря своим динамическим самокомпенсирующим свойствам; ...сложность экологической системы и скорость ее кругооборота определяют степень нагрузки, которую она может выдержать; ...небольшой сдвиг в одном месте может вызвать отдаленные, значительные и долговременные последствия» [21, с. 27].

Действие этого правила наиболее ярко проявилось в XIX—XX вв., в эпоху «покорения» человеком природы, что привело к известным негативным последствиям.

Правило безотходности биосферных технологий: все должно куда-то деваться.

В окружающей среде в соответствии с законом сохранения материи нет такого места, куда бы могли исчезать ненужные нам предметы, отходы производства.

На примерах биотического круговорота веществ видно, как рационально Создатель построил биосферу: одни организмы или их останки и отбросы служат пищей для других; действует принцип безотходного производства. Б. Коммонер отмечал: «В применении к экологии этот закон означает, что в природе не существует такой вещи, как “мусор”. В любой природной системе экскременты и отбросы одних организмов служат пищей для других. Углекислый газ, который выделяют животные как отходы дыхания, — это превосходное питательное вещество для зеленых растений. Растения “выбрасывают” кислород, который используется

животными. Органические отбросы животных служат пищей для разлагающих бактерий» [21, с. 28].

К сожалению, человечество создало производство совсем по иным принципам. Отходы производства не исчезают, они накапливаются и вовлекаются в круговороты веществ, которые ранее не существовали. Так, в последние годы широко применяются лампы дневного света, в которых в качестве люминофора используются соли ртути. Эти лампы более экономичны, чем лампы накаливания, их срок службы значительно выше. Однако до сих пор не везде решен вопрос их утилизации и после использования эти лампы выбрасывают на свалку. Дождем и талыми водами соединения ртути вымываются и заносятся в водоемы, где накапливаются в рыбе, а затем в организмах питающихся рыбой людей. Ртуть является ядовитым веществом, поражающим в первую очередь печень и почки, и может привести к гибели организма.

«Одна из главных причин нынешнего кризиса окружающей среды состоит в том, — писал Б. Коммонер, — что огромные количества веществ извлечены из земли, преобразованы в новые соединения и рассеяны в окружающей среде без учета того факта, что “все куда-то девается”. В результате пагубно большие количества веществ нередко накапливаются в тех местах, где по природе их быть не должно» [21, с. 28].

Правило рациональности природных веществ и соединений: природа знает лучше.

«Третий закон экологии утверждает, что искусственное введение органических веществ, не существующих в природе, — писал Б. Коммонер, — а созданных человеком и тем не менее участвующих в живой системе, скорее всего, принесет вред... Один из поразительных факторов в химии живых систем — это то, что для любой органической субстанции, вырабатываемой организмами, существует где-то в природе фермент, способный эту субстанцию разложить... Поэтому, когда человек синтезирует новое органическое вещество, по структуре значительно отличающееся от природных веществ, есть вероятность, что для него не существует разлагающего фермента и это вещество будет накапливаться» [21, с. 30–31].

Очень поучительный в этом плане печально известный пример с ДДТ (дихлордифенолтрихлорэтан). Во время Второй мировой войны и после нее десятки миллионов людей оказались в крайне неблагоприятных условиях жизни. Прогрессировали такие болезни, как малярия и сыпной тиф, переносчиками которых являлись комары, вши. Был изобретен инсектицид ДДТ, казавшийся идеальным препаратом для уничтожения насекомых при якобы незначительной токсичности для людей. Этот препарат почти два десятилетия использовался достаточно широко. Не распадаясь на безвредные составляющие, ДДТ накапливается в почве, воде и организмах животных и человека, приводя к отравлениям и заболеваниям печени, почек и других органов.

Б. Коммонер предостерегает: «...ко всем искусственным органическим веществам, которые обладают общей биологической активностью, следует относиться так же, как к лекарствам, или, вернее, так, как мы должны относиться к лекарствам, — предусмотрительно, осторожно» [21, с. 31].

Правило целостности и рациональности построения биосферы: ничто не дается даром.

«Этот закон объединяет предыдущие три закона, потому что глобальная экосистема представляет собой единое целое, в рамках которой ничто не может быть выиграно или потеряно и которая не может являться объектом всеобщего улучшения: все, что было извлечено из нее человеческим трудом, должно быть возмещено. Платежа по этому векселю нельзя избежать; он может быть только отсрочен. Нынешний кризис окружающей среды говорит о том, что отсрочка слишком затянулась», — предупреждал Б. Коммонер [21, с. 32].

XX в. — век блестящих достижений науки и техники. Отметим основные из них: овладение ядерной реакцией, создание лазера, выход в космос, создание современных транспортных средств и коммуникаций, победа над многими страшными болезнями и т.д. Эти достижения вызвали колоссальный рост промышленности, которая развивалась, зачастую исходя из принципа неисчерпаемости природных ресурсов и бесконечности земных пространств. Такой подход породил ряд экологических проблем:

- 1) отравление воздуха, воды и почвы ядовитыми отходами промышленности и сельского хозяйства;
- 2) острый недостаток чистой пресной воды, а в крупных мегаполисах — и кислорода в воздухе;
- 3) истощение минеральных ресурсов;
- 4) энергетический кризис;
- 5) недостаток продуктов питания из-за резкого увеличения населения Земли и эрозии почв;
- 6) нарушение биологического и климатического равновесия в природе.

Эти признаки экологического кризиса говорят о том, что человечество не спешит исправлять допущенные ошибки, а отсрочка существенно затянулась и только усугубляет положение.

Другие правила и законы экологии изложены ниже в соответствующих разделах.

1.3. Связь экологии с другими науками

Экология, как следует из ее определения, имеет биологическую основу. Однако в сознании людей в настоящее время она ассоциируется с проблемами, возникшими в результате деятельности человека, поэтому экология связана не только с естественными, но и с техническими и гуманитарными науками (рис. 1.1). Многие философы полагали и полагают, что экологические проблемы в первую очередь являются нравственными, философско-этическими. Безоговорочное поклонение и страх перед силами природы сменились стремлениями покорить природу, что нанесло ей огромный вред. Проблема взаимоотношений человека с окружающей средой в настоящее время носит не только практический, но и философско-нравственный характер. Философию, как и естественные науки, всегда интересовали и интересуют проблемы возникновения и развития жизни на Земле, проб-

лемы взаимоотношений человека с природой. На протяжении почти всей истории процесс развития биосферы шел в виде естественной самоорганизации. В настоящее время этими процессами все больше начинает управлять человек. Дальнейшая эволюция биосферы приобретает новую цель — обеспечение будущности человечества. Осознание человечеством беспредельности научно-технических возможностей привело к очень опасной мысли о необходимости улучшения природы. Возникла философия насилия над природой. Старшему поколению еще помнится лозунг о том, что человек не может ждать милости от природы. Такая деятельность привела цивилизацию на грань экологической катастрофы, поэтому мы должны точно знать, что может нарушить стабильность биосферы, и исключить условия, при которых цивилизация не может устойчиво развиваться. В этой связи современная философская мысль должна быть направлена на поиск путей гармонизации общества и природы, что определяет необходимость связи экологии с *философией*.



Рис. 1.1. Связь экологии с другими науками

Современный человек прежде всего существо социальное, поэтому взаимоотношения человека с природой необходимо рассматривать в системе «человек — общество — природа». Глобальные экологические проблемы — это совокупность социоприродных проблем. В основе их обострения лежат два взаимосвязанных процесса. Первый — это результат совершенствования и развития производительных сил и производственных отношений, результат развития материальной культуры общества. Второй — результат социального прогресса.

При решении этих проблем в конечном счете определяющим фактором является человек, поэтому наряду с технологическими, организационными и экономическими решениями многое зависит от экологического сознания, поведения людей. До недавнего времени экологическое сознание было потребительским, базировалось на глубоком убеждении в неисчерпаемости ресурсов Земли. Кроме того, долгое время люди неоправданно считали, что природа сама справится с негативными воздействиями на нее. Еще в недалеком прошлом мы гордились дымом заводских труб, которые поднимались над городской окраиной, в степи или тайге. Они были символом успеха, экономической мощи страны. Однако неблагоприятные проявления антропогенного воздействия на природную среду привели к необходимости изменения экологического сознания, экологической культуры. Поэтому решение глобальных экологических проблем невозможно вне связи экологии с *политологией* и *социологией*.

В процессе хозяйственной деятельности предприятий и отдельных граждан может быть нанесен экологический ущерб окружающей среде. Кроме того, неблагоприятная окружающая среда может наносить вред здоровью граждан. Регулирование этих взаимоотношений осуществляется на основе *экологического права*, которое базируется на ст. 9, 42 и 58 Конституции Российской Федерации и ст. 46 и 55 Конституции Республики Беларусь. В этих статьях провозглашено право каждого гражданина на благоприятную окружающую среду и на возмещение вреда, причиненного нарушением этого права. Также установлено, что охрана природной среды является долгом каждого гражданина.

Экология — точная наука. Взаимодействие между организмами и окружающей средой оценивается не только качественно, но и количественно. Прогнозирование развития природно-антропогенных комплексов, протекания климатических и погодных явлений, изменений численности различных организмов невозможно без математического моделирования. Современные средства вычислительной техники позволяют проводить такие расчеты и широко использовать. Отсюда тесная связь экологии с *математикой*.

Закономерности биохимических процессов подчиняются фундаментальным законам физики — закону сохранения энергии и массы, второму закону термодинамики. Кроме того, такие экологические факторы, как солнечное излучение, влажность воздуха, атмосферное давление имеют физическую природу, поэтому изучение экологических процессов и явлений невозможно без знания *физики*.

В основе жизнедеятельности организмов лежит обмен веществ между ними и окружающей средой. Это химические процессы, но поскольку они происходят и в живых организмах, то их называют биохимическими. Такие процессы происходят как на уровне отдельных организмов, так и на уровне групп, сообществ, экологических систем и биосферы в целом. В результате образуется круговорот веществ, или, по определению В. И. Вернадского, происходят биогеохимические циклы.

В результате деятельности человека возник антропогенный круговорот веществ, являющийся составной частью биогеохимических циклов.

Изучая процессы в биосфере, В. И. Вернадский пришел к выводу, что самой мощной химической силой на Земле является живое вещество (совокупность всех живых организмов). Такой подход позволил ему основать новую науку — биогеохимию. Из изложенного очевидна связь экологии с *химией*.

Живое вещество на нашей планете распределено крайне неравномерно. Экосистема полярной, умеренной и тропической зон существенно различается. Они заселены различными организмами, плотность живого вещества тоже неодинакова. Восприимчивость экосистем различных географических зон к антропогенным воздействиям различна, что необходимо учитывать при организации природопользования. В этом — связь экологии с *географией*.

В настоящее время количество безотходных технологий крайне мало. Вредные отходы промышленности, транспорта, энергетики тем или иным образом попадают в окружающую среду и ухудшают ее качество. Это приводит к отклонению основных показателей экологических факторов от оптимальных значений. Реакцией организма на эти отклонения являются болезни, а иногда и гибель, поэтому необходимо знать предельно допустимые концентрации (ПДК) различных вредных веществ в воздухе, воде, почве, продуктах питания. Кроме того, отрицательное воздействие на организм оказывают вирусы, бактерии, грибки и т.д. Установлением ПДК, защитой человека и других организмов от упомянутых вредных воздействий занимается *медицина*, которая тесно связана с экологией.

Климатические факторы оказывают существенное влияние на жизнедеятельность организмов. Коренные изменения климата приводят к значительным изменениям не только отдельных экосистем, но и всей биосферы в целом, поэтому экология неразрывно связана с *климатологией*.

Тщательное изучение и учет геологического строения подстилающих грунтов позволяет обеспечить не только надежную работу инженерных конструкций, но и уменьшить экологическую нагрузку инженерного сооружения на литосферу. Этим определяется связь экологии с *геологией*.

В последние 100—150 лет человек создал крупные антропогенные системы (промышленные предприятия, транспортные системы, предприятия энергетики, системы передачи информации и т.д.), сравнимые по воздействию на окружающую среду с природными явлениями (извержения вулканов, землетрясения, ураганы). Они характеризуются высокой концентрацией вещества и энергии в ограниченном пространстве и являются источниками экологических факторов, зачастую неблагоприятных для окружающей среды. Одним из наиболее эффективных средств защиты окружающей среды и рационального природопользования является экологическое нормирование. Таким образом, экология напрямую связана с *охраной окружающей среды и природопользованием*.

Важнейшие экологические аспекты рассматриваются в *гидрологии*. Учет режимов работы водных потоков позволяет обеспечить благоприятное с точки зрения экологии сопряжение инженерных сооружений с водотоками.

Использование при строительстве инженерных сооружений экологически чистых материалов, а также использование в производстве строитель-

ных материалов отходов промышленности невозможно без знаний в области *материаловедения*.

Довольно тесно экология связана с *экономикой*. Еще Э. Геккель называл экологию наукой об экономии природы. Для решения вопросов охраны окружающей среды и обеспечения рационального природопользования, охраны труда и обеспечения предельно допустимых выбросов (ПДВ), утилизации отходов необходима система инженерных и организационных мероприятий. Реализация данных мероприятий невозможна без затрат, которые не дают быстрой отдачи. Однако отказ от этих затрат ради быстрой экономической выгоды приводит в конечном итоге к значительным экономическим потерям. На решение этих проблем направлена новая научная дисциплина — экономика природопользования, которая образована на стыке экологии с *экономикой*.

Научно-технический прогресс остановить невозможно, поэтому решение экологических проблем должно заключаться в устранении противоречий общественного развития с развитием природы.

Все *технологические процессы* производства должны базироваться на учете природных и климатических условий, радиационных и других характеристик. Важнейшим критерием приемлемости той или иной технологии в настоящее время, наряду с экономической эффективностью, должна быть экологическая безопасность применяемых способов и методов производства работ.

Обобщая сказанное в первой главе, необходимо отметить следующее. С момента зарождения жизни на Земле и до настоящего времени произошло два экологических кризиса. Первый кризис связан с появлением на Земле организмов (цианобактерий), способных в процессе фотосинтеза выделять в атмосферу кислород и пришедших на смену хемотрофным бактериям (архебактериям), существующим за счет энергии химических реакций. В результате атмосфера из восстановительной стала превращаться в окислительную и большинство архебактерий погибло, т.е. произошла смена форм жизни. Появились одно- и многоклеточные водоросли, грибы и простейшие, высшие животные и растения, способные потреблять кислород и эволюционировать. Второй кризис связан с деятельностью человека, уничтожившего крупных животных, используемых в качестве пищи. В конечном итоге это привело к сокращению населения планеты почти вдвое.

Человечество в настоящее время постепенно входит в полосу **третьего экологического кризиса**, также связанного с деятельностью человека. Его признаки налицо: отравление воздуха, воды и почвы ядовитыми отходами промышленности и сельского хозяйства; острый недостаток чистой пресной воды, а в крупных мегаполисах — и кислорода в воздухе; истощение минеральных ресурсов; нехватка энергоресурсов; недостаток продуктов питания из-за резкого увеличения населения Земли и эрозии почв; нарушение биологического и климатического равновесия в природе.

Осознание этого побудило человечество к поиску путей решения экологических проблем. Очевидно, что без науки это сейчас невозможно. В этом причина бурного развития в конце XX — начале XXI в. новой науки — экологии.

Следует отметить, что корни данной науки уходят в глубокую древность. Еще крупнейшие ученые античности обращали внимание на ухудшение природной среды из-за деятельности человека. Становление экологии как науки связано с именами крупнейших ученых эпохи Возрождения — биолога Джона Рея и химика Роберта Бойля. Огромный вклад в становление экологии как науки внесли шведский естествоиспытатель Карл Линней и гениальный английский ученый Чарльз Дарвин. Значительный вклад в развитие экологии внесли русские ученые: М. В. Ломоносов, К. Ф. Рулье, В. И. Вернадский, М. И. Будыко и др.

Экология, отпочковавшаяся от биологии, развивается в тесной связи с гуманитарными, естественными, техническими и экономическими науками, что, несомненно, ее обогащает и укрепляет.

Пытаясь осмыслить причины надвигающегося экологического кризиса, ученые пришли к выводу, что одна из причин — незнание современными специалистами основных правил экологии. В доступной форме для понимания эти правила изложены американским экологом Барри Коммонером. Основное из них — правило целостности и рациональности построения биосферы. Биосфера не может быть объектом улучшения — настолько целостно и рационально она построена, что было извлечено из нее человеческим трудом, должно быть возмещено.

Контрольные вопросы и задания

1. Когда произошел первый экологический кризис и чем он характеризуется?
2. Что означает *Homo habilis* и *Homo sapiens*?
3. Когда произошел второй экологический кризис и чем он характеризуется?
4. Дайте определение понятия «экология».
5. Что изучает аутоэкология, демэкология, синэкология?
6. Каковы основная цель и задачи современной экологии?
7. Какие основополагающие теории об окружающем мире были созданы античными учеными Платоном и Аристотелем?
8. В чем заслуги среднеазиатского философа Ибн Сина (латинизир. — Авиценна), английского ученого Френсиса Бекона, немецкого химика и врача Теофаста фон Гогенгейма (латинизир. — Парацельс), французского натуралиста Жоржа Бюффона?
9. Каковы взгляды М. В. Ломоносова на закономерность эволюции природы?
10. Какой вклад в становление экологии как науки внесли французский ученый Жан Батист Ламарк и английский ученый Чарльз Дарвин?
11. Какие проблемы экологии рассматривали ученые Беларуси В. Ф. Логинов, Л. М. Суцени и В. И. Парфенов?
12. Какой вклад в становление экологии внесли русские ученые В. И. Вернадский, А. Л. Чижевский, В. Н. Сукачев, М. И. Будыко и С. И. Шварц?
13. Какой вклад в развитие экологии внесли современные отечественные ученые Д. С. Павлов, В. Н. Большаков, А. Ф. Алимов и А. В. Яблоков?
14. Какой вклад в развитие экологии внесли современные зарубежные ученые Ю. Одум, Б. Коммонер, Р. Х. Уиттекер, Дж. Форрестер, Д. Медоуз?
15. В чем заключается связь экологии с другими науками?