

В. И. АКСЕЛЕВИЧ,  
Е. В. ТОРГУНАКОВА

# ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЯ И ЭКОНОМИКИ

**В. И. Акселевич, Е. В. Торгунакова**

# **ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ**

*Учебник*

Санкт-Петербург  
2011

УДК 614  
ББК 20.1+68.9  
А 42

Учебник рекомендован Учебно-методическим объединением  
в сфере образования специалистов по специальности  
050104 «Безопасность жизнедеятельности»

*Рецензенты:*

заведующий кафедрой прикладной экологии Российского государственного  
гидрометеорологического университета, д-р геогр. наук, профессор

**В. А. Шелудко**

проректор Санкт-Петербургского университета управления и экономики,  
д-р экон. наук, профессор, почетный работник  
высшего профессионального образования РФ

**Е. С. Ивлева**

**Акселевич В. И., Торгунакова Е. В.**

А 42 Экология и безопасность: учебник. — СПб.: Изда-  
тельство Санкт-Петербургского университета управ-  
ления и экономики, 2011. — 336 с.: ил.

ISBN 978-5-94047-312-1

В учебнике подробно излагается материал в соответствии с рабочей программой дисциплины «Экология и безопасность» Государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования второго поколения для направления подготовки 050104 «Безопасность жизнедеятельности». Основное внимание в издании уделено вопросам общей экологии, геоэкологии и экологической безопасности.

Учебник предназначен для студентов вузов всех направлений подготовки, изучающих курс экологии в рамках учебных программ, предусматривающим данную дисциплину. Издание также может быть использовано в виде справочника для аспирантов, магистров и преподавателей.

УДК 614  
ББК 20.1+68.93

ISBN 978-5-94047-312-1

© В. И. Акселевич,  
Е. В. Торгунакова, 2011  
© СПбУУиЭ, 2011

## ВВЕДЕНИЕ

Проблемы экологии стали весьма популярны в обществе, что связано с повышением антропогенной нагрузки на природу и развитием экологического сознания. На рубеже веков появилось осознание человечеством новой жизненно важной потребности — экологической безопасности личности, общества, государства, мира в целом; ее обеспечение становится в третьем тысячелетии даже более необходимым, нежели удовлетворение потребностей в новых товарах и услугах.

Экологические проблемы в первую очередь возникают и обостряются в больших городах и мегаполисах. В то же время количество таких городов неуклонно увеличивается и повышаются уровни загрязнения в них. За последние 10 лет в Российской Федерации число городов с высокими и предельно высокими уровнями загрязнения возросло со 100 до 150, т. е. практически на 1/3.

Как утверждает археология, первые города появились на нашей планете 3,5 тыс. лет назад как укрепленные пункты. Однако очень скоро, наряду с обеспечением безопасности проживания в них жителей, они становятся местом производства, перевалки и хранения товаров различного назначения, а также его обмена и продажи.

С самого начала своего основания города оказались очагами интенсивного «окультуривания» среды обитания человека. С одной стороны, — преднамеренные воздействия, изменяющие экологическую среду человека в целях достижения большей комфортности, с другой — непреднамеренные, являющиеся косвенным результатом жизнедеятельности горожан. Они оказывали влияние на окружающую среду, изменяя состояние атмо-, гидро- и литосферы. В результате этого в Средние века условия жизни в городах были доведены до крайней степени антисанитарии.

Угроза самоуничтожения городского населения вызвала необходимость принятия энергичных мер для создания более терпимых в санитарном отношении условий существования, а также повышения комфортности жизни.

В XIX в. во многих крупных городах сооружаются тротуары и мостовые с твердым покрытием, водозаборы, водопровод, канализация, организуются лесопарковые зоны. Общество пошло на затраты больших средств. Проведение этих мероприятий значительно улуч-

шивших условия жизни в городах, повлекло за собой еще больший их рост, как по увеличению численности населения, так и по количеству промышленных объектов и их мощности. В свою очередь, это привело к формированию нового промышленного этапа в жизни города, проявившегося в интенсивном загрязнении предприятиями воздушного и водного бассейнов, выбросами в атмосферу и гидросферу твердых, жидких и газообразных веществ, а так же химически агрессивных соединений.

До XX в. действенной борьбы с загрязнением окружающей среды не проводилось, в связи с чем проблема ее загрязнения выросла из городской в общепланетарную. Наблюдается ускоренная урбанизация планеты. Большой город — это передний край урбанизации планеты и испытательный полигон ее будущего. Природа не справляется с такими нагрузками. Особенно тяжело приходится биоте. Многие из поставленных вопросов достаточно подробно рассматриваются в учебнике.

Авторы учебника надеются, что изложенный материал поможет сформировать у обучающихся основы экологического сознания, без которого невозможны ни создание эффективной системы управления природопользованием, ни экологизация формирующейся рыночной экономики России.

# 1. ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА

**Экология** — это наука, изучающая взаимоотношения организмов между собой и с окружающей средой.

Этот термин нередко употребляют в сочетании с такими словами, как общество, культура, семья, здоровье и так далее. Наиболее часто применяют это слово, указывая на неблагоприятное состояние окружающей нас природы.

Термин «экология» образован от двух греческих слов (oikos — дом, жилище и logos — наука, знание), т. е. означает в буквальном смысле «наука о местообитании».

Стремительное расширение масштабов влияния человека на природу привело к тому, что экономическое и социальное развитие общества на современном этапе пришло в противоречие с ограниченными возможностями окружающей среды. При этом высокая опасность для жизни и здоровья человека из-за снижения качества окружающей среды, риск крупных техногенных аварий и деградация природных экосистем становятся реальным препятствием для устойчивого социально-экономического развития России и требуют безотлагательных мер на всех уровнях.

**Цель** изучения дисциплины — формирование теоретических знаний и практических навыков в области экологии и экологического подхода к естественным и искусственным образованиям (природным и социокультурным процессам).

Задачи курса:

- формирование теоретических знаний об основных понятиях экологии;
- выявление тенденций управления экологическими системами в контексте их функционирования и развития;
- уяснение взаимосвязи и взаимозависимости экологии и экономики в процессе развития;
- приобретение умения осуществления жизнедеятельности и руководящей деятельности в условиях приоритета парадигмы устойчивого развития;
- приобретение умения оптимизировать инженерные, экономические, организационно-правовые, социальные и иные решения для обеспечения экологически безопасного устойчивого развития;

- овладение навыками прогнозирования и оценки возможных отрицательных последствий в окружающей среде под влиянием деятельности человека;
- овладение студентами методикой системного подхода к проблеме взаимодействия природы, человека, общества, взаимосвязи человека и среды его обитания.

Логика развития экологии как науки, а также потребности практической охраны объектов природы обусловили создание так называемого экологического варианта системного познания или **экологического подхода**.

Особенностью последнего является то, что в представление об экологической системе входят две крупные подсистемы: одна из них условно помещается в центре и рассматривается как главный (или центральный) объект, а другая — как окружающая среда. Эти подсистемы непрерывно обмениваются веществом, энергией и информацией. Все связи оцениваются, прежде всего, по их воздействию на установленный объект. Выбирая по тому или иному критерию центральный объект (организм, популяцию и т. д.), ученые автоматически разграничивают **систему** и, выявляя при этом контуры основных связей между ними. Следуя этому подходу, можно мысленно вычленив из мира живой природы, всего многообразия живых организмов только одну **особь**. Эта условно изолированная особь (например заяц) будет находиться под воздействием только **факторов** окружающей среды, среди которых основными окажутся климатические. Именно они, прежде всего температура, влажность, освещенность и др. имеют определяющее значение в распространении тех или иных видов на Земле. Кроме того, для водных организмов особое значение приобретает вода как единственная среда обитания, а для наземных растений огромную роль играют физические и химические свойства почвы.

В наше время термином «экология» все чаще обозначают совокупность взаимоотношений природы и общества. Рассматривая структуру современной экологической науки, можно выделить три основные ветви экологии.

**Первая ветвь.** Общая экология, или биоэкология, — это изучение общих закономерностей функционирования экологических систем, взаимоотношений организмов и среды на всех уровнях организации живой природы.

**Вторая ветвь.** Геоэкология — это изучение геосфер, их динамики и взаимодействия, геофизических условий жизни, факторов (т. е. ре-

сурсов и условий) неживой окружающей среды, действующей на организмы.

**Третья ветвь.** Прикладная экология — это аспекты инженерной, социальной, экономической охраны среды обитания человека, проблем взаимоотношений природы и общества, экологических принципов охраны природы.

**Общая экология** делится на четыре основных раздела: 1) аут-экология, или факториальная экология (учение об экологических факторах); 2) экология популяций, или демэкология; 3) экология сообществ и экосистем, или биогеоценология; 4) основы учения о биосфере, или экология биосферы.

Изучение действия различных природных факторов на отдельные (искусственно изолированные) организмы есть первое и наиболее простое подразделение экологии — **аутэкология**.

Рассмотрим далее более высокий уровень организации живой материи, когда особь находится в окружении таких же особей, которые вместе занимают определенную территорию и относятся к одному виду. Такие группы называют **популяциями** (от лат. *populus* — народ, население). В популяции особь начинает испытывать влияние соседей, а главное — начинает воспроизводиться. При этом, очевидно, возникают новые проблемы, которые обуславливают необходимость изучения влияния тех же внешних факторов, но уже не на отдельную особь, а на группу особей, на изменение ее состава и численности.

Нельзя полагать, что популяция — просто сумма отдельных особей, а ее свойства — лишь сложение свойств этих особей. У популяции в результате сложного взаимодействия входящих в нее организмов появляются только ей присущие свойства, которые совершенно не присущи отдельной особи (например, способность к размножению, а следовательно, к изменению численности и полового состава).

Исследование жизнедеятельности отдельных популяций, определение характера и причин их изменений, происходящих в результате внешних и внутренних воздействий, составляет предмет **популяционной экологии**, или **демэкологии**.

Как отдельная особь не способна длительно существовать вне «родной» популяции, так и сама популяция не может жить изолированно: она нуждается в веществе и энергии, информации, пространстве и других ресурсах, без которых нет жизни. Вследствие этого одна популяция вступает во взаимоотношения, причем самые разнообразные, с другими популяциями. Это и борьба за пространство и пищу, но это может быть и взаимная помощь (опыление насе-



комыми растений) и так далее. Иными словами, различные популяции связаны множеством нитей, они, объективно повинаясь законам природы, не могут существовать друг без друга. Следовательно, совместно обитающие популяции различных организмов всегда образуют определенное единство, которое называют **сообществом**, или **биоценозом**. Важнейшее свойство сообщества — устойчивость, т. е. способность к самоподдержанию своих природных свойств и видового состава при внешних воздействиях. При этом важно подчеркнуть, что устойчивость сообщества обусловлена как устойчивостью входящих в него популяций, так и особенностями взаимодействия между ними. Изучение сообществ, их взаимоотношений с окружающей средой составляет предмет **экологии сообществ**, или **синэкологии** (от *греч. syn* — вместе, с).

Однако и сообщество не способно существовать изолированно от окружающей среды, так как многие виды взаимоотношений популяций, входящих в сообщество, осуществляются через элементы неживой природы или весьма зависят от нее (например, хищники обычно выходят на охоту ночью). Сообщество живых организмов занимает определенное жизненное пространство, которое называется **биотопом** (от *греч. bios* — жизнь и *topos* — место).

Биотоп вместе с сообществом живых организмов различных видов образуют **экологическую систему**, или сокращенно **экосистему**. Главная ее особенность состоит в том, что в ней длительное время поддерживаются вполне устойчивые взаимодействия (обмен веществом, энергией и информацией) между элементами живой и неживой природы. Таким образом, в отличие от популяции или даже сообщества экосистему можно считать вполне самостоятельным объектом, так как в ней имеются все компоненты, необходимые для ее длительного существования. Экосистемами являются лес, озеро, тундра и так далее, но к ним следует отнести и каплю воды со всеми ее обитателями.

Совокупность всех экосистем планеты, которые имеются в пределах трех геосфер (атмосферы, гидросферы и литосферы) и с которыми находятся во взаимодействии живые организмы, образует самую крупную экосистему Земли — **биосферу**.

Изучение биосферы, в которой все живые организмы тесно связаны между собой и со своим окружением, состоящим из элементов неживой природы (воды, воздуха, почвы, света, температуры и др.) — задача сложнейшего раздела экологии — **глобальной экологии**.

В экологии имеются и другие подразделы, определяемые тем, что ставится в центр внимания, что является центральным объектом из-

учения. Так, если таковым служит изучение человека, то отраслью экологии, применяющей экологический подход к человеческому обществу, будет **экология человека**. Она изучает вопросы сохранения и развития здоровья людей на основе выявления зависимости организма человека, его психики от состояния природной и социальной среды.

В последнее время важнейшим направлением экологии становится **социальная экология**. Она призвана объяснить и дать прогноз основных путей развития взаимодействия общества с природной средой, имея целью их гармонизацию на различных уровнях — локальном, региональном, глобальном. Отметим, что среди естественных наук экология впервые включила в круг своих интересов вопросы улучшения условий жизнедеятельности людей.

**Динамическая (эволюционно-динамическая) экология** изучает взаимоотношения организмов и их групп со средой обитания в динамико-эволюционном плане.

**Математическая экология** — раздел теоретической экологии, применяющий математические методы в моделировании экосистем и других экологических объектов и явлений.

**Химическая экология** — это комплексная дисциплина, исследующая все совокупность химических связей в живой природе и химические взаимодействия, связанные с жизнью.

Итак, экология — синтетическая биологическая наука о взаимоотношениях между живыми организмами и средой их обитания.

Она изучает влияние факторов среды на растительные и животные организмы, реакции отдельных особей, популяций и сообществ на эти факторы, а также механизмы, которые влияют на численность популяций, их структуру, исследует биологическую продуктивность природных сообществ, закономерности функционирования экологических систем.

При изучении многообразных процессов, которые происходят в живой природе, экология использует много методов, среди которых главными являются метод наблюдения, сравнительный метод, исторический метод, экспериментальный метод и моделирование. В частности, исторический метод изучает закономерности появления и развития организмов, становления их структуры и функции. В лабораторных опытах исследуется влияние разных условий на организмы, устанавливается их реакция на заданные воздействия. В процессе изучения отношений организмов со средой обитания в искусственно созданных условиях можно достаточно глубоко разобраться в происходящих явлениях природы.

Интегральными результатами деятельности человечества, передаваемыми от одного поколения другому, являются демографический, культурный и научно-технический потенциал, бытовое (личное и коллективное) обеспечение, состояние среды обитания. Ухудшение любого из этих результатов по сравнению с полученным от предшествующего поколения означает ухудшение условий существования человечества и — при долговременной тенденции — его ликвидацию. Особо выделим состояние среды, ясно понимая, что все результаты взаимосвязаны и в определенной степени противоречивы.

Большинство экологических проблем имеет интернациональный характер. К ним относятся:

- загрязнение международных вод нефтью;
- использование гидроресурсов приграничных районов;
- сброс загрязненных вод в реки, протекающие через территории других государств;
- трансграничный перенос выбросов в атмосфере;
- разрушение озонового слоя атмосферы;
- исчезновение редких животных и растений;
- тепловое и радиационное загрязнение атмосферы и т. д.

Состояние среды обитания характеризуется параметрами состояния атмосферы, воды, земли, растительного и животного мира, запасами в недрах. Существование человечества пока невозможно без изменения состояния среды, поэтому при реализации своей деятельности человек постоянно должен оценивать масштаб совершаемых изменений, их целесообразность, достигаемое улучшение культурного, научно-технического и демографического потенциалов, а также бытового обеспечения. Если интегральная оценка ( $F$ ) в результате деятельности в целом или частного мероприятия улучшается, то они целесообразны для реализации:

$$F(g_1, g_2, g_3) > 0,$$

где  $g_i$  — изменение  $i$ -го интегрального результата.

Проблема сопоставления изменения результатов является сложнейшей для решения, так как в ее основе лежит сопоставление разнородных и разновременных показателей. Попробуйте ответить на вопрос: «Целесообразно ли проведение работ по созданию новых термоядерных источников энергии?», и вы почувствуете всю трудность подобных проблем, когда необходимо принимать к сведению истощение природных ресурсов, неясность итогов исследований, дефицит энергии в будущем.

Современное состояние среды обитания требует различных подходов к оценке ее элементов. Для атмосферы, воды и земли необходимым условием является сохранение (а в ряде регионов уже обязательное улучшение) их характеристик, для животного и растительного мира — поддержание условий самовозобновления. Запасы в недрах не могут возобновляться при существующих темпах их добычи и использования, поэтому нынешнее поколение использует ограниченные ресурсы и тем самым уменьшает возможность их потребления следующим поколением.

Таким образом, воздействие на окружающую среду — это неизбежное следствие существования и деятельности человека. Проблема экологического загрязнения состоит не в том, чтобы исключить это воздействие, а в том, чтобы экологические последствия учитывались при оценке действий человека. Плата за воздействие на окружающую среду — это в конечном счете перекладываемые на людей дополнительные затраты. Если вы вынуждены каждое утро мыть свой автомобиль от пыли, осевшей за ночь из-за выбросов ближайшего завода, то ваши затраты времени и усилий — это плата, переложенная на вас заводом. Проблема состоит в том, чтобы в полной мере оценить весь комплекс затрат, связанных с воздействием на окружающую среду, и включить их в издержки предприятия.

Комиссия ООН по окружающей среде так определила устойчивое развитие цивилизации: «Устойчивым называется такое развитие цивилизации, при котором удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения достигается без ограничения таких возможностей для будущих поколений».

Какие меры необходимы для уменьшения экологического давления на окружающую среду со стороны человечества?

1. Экологическое воспитание каждого человека, основанное на взаимопонимании, терпимости, уважении прав другого, вежливости и самоконтроле.

2. Система законов, регламентирующая действия собственников, оказывающие экологическое давление.

3. Государственная система контроля воздействия на окружающую среду.

4. Экономическая поддержка экологически чистых конструкторских и технологических решений и экономическое давление на предприятия, ухудшающие окружающую среду.

Любой натуралист-исследователь растительного и животного миров — всегда не только ботаник или зоолог, но и эколог, поскольку

невозможно изучать тот или иной организм в отрыве от его местообитания.

Экология своими корнями уходит в далекое прошлое. Потребность в знаниях, определяющих «отношение живого к окружающей его органической и неорганической среде», возникла очень давно. Достаточно вспомнить труды Аристотеля (384–322 до н. э.), Плиния Старшего (23–79 н. э.), Р. Бойля (1627–1691) и др., в которых обсуждалось значение среды обитания в жизни организмов и приуроченность их к определенным местообитаниям, чтобы убедиться в этом.

В истории развития экологии можно выделить три основных этапа.

**Первый этап** — зарождение и становление экологии как науки (до 60-х годов XIX в.). На этом этапе накапливались данные о взаимосвязи живых организмов со средой их обитания, делались первые научные обобщения.

В XVII–XVIII вв. экологические сведения составляли значительную долю во многих биологических описаниях (Р. А. Реомюр (1734), Франция; А. Трамбле (1744), Швейцария и др.). Элементы экологического подхода содержались в исследованиях русских ученых И. И. Лепехина, А. Ф. Миддендорфа, С. П. Крашенинникова, французского ученого Ж. Бюффона, шведского естествоиспытателя К. Линнея, немецкого ученого Г. Йегера и др.

В этот же период француз Ж.-Б. Ламарк (1744–1829) и англичанин Т. Мальтус (1766–1834) впервые предупреждают человечество о возможных негативных последствиях воздействия человека на природу.

**Второй этап** — оформление экологии в самостоятельную отрасль знаний (после 60-х годов XIX в.). Начало этапа ознаменовалось выходом работ русских ученых К. Ф. Рулье (1814–1858), Н. А. Северцова (1827–1885), В. В. Докучаева (1846–1903), впервые обосновавших ряд принципов и понятий экологии, которые не утратили своего значения и до настоящего времени. Не случайно, поэтому американский эколог Ю. Одум (1975) считает В. В. Докучаева одним из основоположников экологии. В конце 70-х годов XIX в. немецкий гидробиолог К. Мебиус (1877) вводит важнейшее понятие о биоценозе как о закономерном сочетании организмов в определенных условиях среды.

Неоценимый вклад в развитие основ экологии внес англичанин Ч. Дарвин (1809–1882), вскрывший основные факторы эволюции органического мира. То, что Ч. Дарвин называл «борьбой за существование», с эволюционных позиций можно трактовать как взаимоотношения живых существ с внешней абиотической средой и между собой, т. е. с биотической средой.

Первым трудом по экологии следует считать работу Ч. Дарвина (1859) «Происхождение видов». Сформулированный им вывод о существующей в природе постоянной борьбе за существование принадлежит, без сомнения, к числу центральных положений экологии.

Немецкий биолог-эволюционист Э. Геккель (1834–1919) первый понял, что это самостоятельная и очень важная область биологии, и назвал ее экологией (1866). В своем капитальном труде «Всеобщая морфология организмов» он писал: «Под экологией мы понимаем сумму знаний, относящихся к экономике природы: изучение всей совокупности взаимоотношений животного с окружающей его средой, как органической, так и неорганической, и прежде всего — его дружественных или враждебных отношений с теми животными и растениями, с которыми он прямо или косвенно вступает в контакт. Одним словом, экология — это изучение всех сложных взаимоотношений, которые Дарвин назвал «условиями, порождающими борьбу за существование». Ученый отнес экологию к биологическим наукам и наукам о природе, которые прежде всего интересуют все стороны жизни биологических организмов.

Как самостоятельная наука экология окончательно оформилась в начале XX столетия. В этот период американский ученый Ч. Адамс (1913) создает первую сводку по экологии, публикуются другие важные обобщения и сводки (В. Шелфорд, 1913, 1929, США (1877–1968); Ч. Элтон, 1927, Англия (1900–1991); Р. Гессе, 1924, Германия (1844–1912); К. Раункиер, 1929, Дания (1860–1938) и др.). Крупнейший русский ученый XX в. В. И. Вернадский (1863–1945) создает фундаментальное учение о биосфере, указав при этом, какую огромную роль играют живые организмы в геохимических процессах на нашей планете.

В 30-е и 40-е годы экология поднялась на более высокую ступень в результате нового подхода к изучению природных систем. Сначала англичанин А. Тенсли (1935) выдвинул понятие об экосистеме, а несколько позже советский ученый В. Н. Сукачев (1940) обосновал близкое этому представление о биогеоценозе. Следует отметить, что уровень отечественной экологии в 20–40-х гг. был одним из самых высоких в мире, особенно в области фундаментальных разработок. В этот период в России работали такие выдающиеся ученые, как академики В. И. Вернадский и В. Н. Сукачев, а также крупные экологи В. В. Станчинский, Э. С. Бауэр, Г. Г. Гаузе, В. Н. Беклемишев, А. Н. Формозов, Д. Н. Кашкаров, К. А. Тимирязев, Н. И. Вавилов, Г. Ф. Морозов.

Во второй половине XX в. в связи с прогрессирующим загрязнением окружающей среды и резким усилением воздействия человека на природу экология приобретает особое значение.

Начинается **третий этап** (50-е годы XX в. — до настоящего времени) — превращение экологии в комплексную науку, включающую в себя науки об охране природной и окружающей человека среды. Из строгой биологической науки экология превращается в «значительный цикл знания, вобрав в себя разделы географии, геологии, химии, физики, социологии, теории культуры, экономики...» (Реймерс, 1994).

Современный период развития экологии в мире связан с именами таких крупных зарубежных ученых, как Ю. Одум, Дж. М. Андерсен, Э. Пианка, Р. Риклефс, Ф. Рамад, М. Бигон, А. Швейцер, Дж. Харпер, Р. Уиттекер, Н. Борлауг, Т. Миллер, Б. Небел и др. Среди отечественных ученых следует назвать И. П. Герасимова, А. М. Гилярова, В. Г. Горшкова, Ю. А. Израэля, Ю. Н. Куражковского, К. С. Лосева, Н. Н. Моисеева, Н. П. Наумова, Н. Ф. Реймерса, В. В. Розанова, Ю. М. Свирижева, В. Е. Соколова, В. Д. Федорова, С. С. Шварца, А. В. Яблокова, А. Л. Яншина и др.

Первые природоохранные акты на Руси известны с IX–XII вв. (например, свод законов Ярослава Мудрого «Русская Правда», в которых были установлены правила охраны охотничьих и бортичьих угодий). В XIV–XVII вв. на южных границах Русского государства существовали «засечные леса», своеобразные охраняемые территории, на которых были запрещены хозяйственные рубки. История сохранила более 60 природоохранных указов Петра I. При нем же началось изучение богатейших природных ресурсов России. В 1805 г. в Москве было основано общество испытателей природы. В конце XIX — начале XX в. возникло движение за охрану редких объектов природы. Трудями выдающихся ученых В. В. Докучаева, К. М. Бэра, Г. А. Кожевникова, И. П. Бородина, Д. Н. Анучина, С. В. Завадского и других были заложены научные основы охраны природы.

Начало природоохранной деятельности Советского государства совпало с рядом первых декретов, начиная с «Декрета о земле» от 26 октября 1917 г., который заложил основы природопользования в стране.

Именно в этот период зарождается и получает законодательное выражение основной вид природоохранной деятельности — **охрана природы**.

В период 1930–40-х гг., в связи с эксплуатацией природных богатств, вызванной главным образом ростом масштабов индустриа-

лизации в СССР, охрана природы стала рассматриваться как «единая система мероприятий, направленная на защиту, развитие, качественное обогащение и рациональное использование природных фондов страны» (из резолюции I Всероссийского съезда по охране природы, 1929 г.).

Таким образом, в России появился новый вид природоохранной деятельности — **рациональное использование природных ресурсов**.

В 1950-е гг. дальнейшее развитие производительных сил в стране, усиление негативного влияния человека на природу обусловили необходимость создания еще одной формы, регулирующей взаимодействие общества и природы, — **охраны среды обитания человека**. В этот период принимаются республиканские законы об охране природы, которые провозглашают комплексный подход к природе не только как к источнику природных ресурсов, но и как к среде обитания человека. К сожалению, еще торжествовала лысенковская псевдонаука, канонизировались слова И. В. Мичурина о необходимости не ждать милости от природы.

В 1960–80-е гг. в СССР практически ежегодно принимались правительственные постановления об усилении охраны природы (об охране бассейна Волги и Урала, Азовского и Черного морей, Ладожского озера, Байкала, промышленных городов Кузбасса и Донбасса, Арктического побережья). Продолжался процесс создания природоохранного законодательства, издавались земельные, водные, лесные и иные кодексы.

Эти постановления и принятые законы, как показала практика их применения, не дали необходимых результатов — губительное антропогенное воздействие на природу продолжалось. В 1986 г. на Чернобыльской АЭС произошла крупнейшая за всю историю развития человечества экологическая катастрофа. Сегодня Россия продолжает находиться в сложной экологической ситуации.

В табл. 1.1 приведен календарь событий, иллюстрирующий долгий путь становления экологии как науки.

Таблица 1.1

**Календарь становления экологии как науки**

Годы	Автор	Страна	Экологическая информация
VI–IV вв. до н. э.	–	Древняя Индия	Эпические поэмы «Махабхарата» и «Рамаяна» — дано описание образа жизни и места обитания около 50 видов животных



Продолжение таблицы 1.1

Годы	Автор	Страна	Экологическая информация
384–322 до н. э.	Аристотель	Древняя Греция	«История животных» — приведена классификация животных, имеющих окраску, связанную с условиями жизни
372–287 до н. э.	Теофраст (Феофраст)	Древняя Греция	«Исследования о растениях» — описано около 500 видов растений и их сообществ
1749	К. Линней	Швеция	«Экономика природы» — описана типология местообитаний. Предложены основы систематики
1798	Т. Мальтус	Англия	«Опыты о законе народонаселения» — предложено уравнение геометрического (экспоненциального) роста популяции, представлена первая математическая модель роста популяции
1802	Ж.-Б. Ламарк	Франция	«Гидрогеология» — заложены основы концепции о биосфере, предложен термин «биология»
1859	Ч. Дарвин	Англия	«Происхождение видов...» — приведен большой материал о влиянии абиотических и биотических факторов среды на изменчивость организмов
1861	И. М. Сеченов	Россия	«...Организм без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможен; поэтому в научное определение организма должна входить и среда, влияющая на него»
1866	Э. Геккель	Германия	Предложено понятие «экология»
1870	Г. Спенсер	Англия	«Изучение социологии» — заложены основы экологии человека
1875	Э. Зюсс	Австрия	Предложено понятие «биосфера»
1877	К. Мебиус	Германия	Предложено понятие «биоценоз»
1926	В. И. Вернадский	СССР	«Биосфера» — определены глобальные функции живого вещества
1927	Э. Леруа	Франция	Предложено понятие «ноосфера», получившее дальнейшее развитие в трудах Т. де Шардена, В. И. Вернадского

Годы	Автор	Страна	Экологическая информация
1933	Д. Н. Кашкаров	СССР	«Среда и сообщества», «Основы экологии животных» — первые отечественные учебники по экологии
1935	А. Тенсли	США	Предложено понятие «экосистема»
1939	Ф. Клементс, В. Шелфорд	США	Введен термин «биоэкология» и опубликована одноименная монография
1939	К. Тролль	Германия	Обосновано новое научное направление — «экология ландшафта»
1942	В.Н. Сукачев	СССР	Предложено понятие «биогеоценоз», заложены основы биогеоценологии
1942	Р. Линдеман	США	Развито представление о трофических уровнях и «пирамиде энергий», установлено правило 10%
1944	В. И. Вернадский	СССР	Несколько слов о ноосфере
1953	Ю. Одум	США	«Основы экологии и «Экология» — одни из лучших современных учебников по экологии. Неоднократно переизданы. Русские переводы 1975 и 1986 гг.
1963	В. Б. Сочава	СССР	Предложено понятие «геосистема»
1968	Дж. Форрестер, Д. Медоуз	США	Выдвинуты идеи глобальной экологии в работах «Римского клуба»
1971	Б. Коммонер	США	Сформулированы четыре закона экологии. Русский перевод — 1974 г. («Замыкающийся круг»)
1994	Н. Ф. Реймерс	Россия	«Экология (теории, законы, принципы и гипотезы) — систематизированы понятия современной «большой экологии»

## 1.1. Основные понятия и определения экологии

Рассматривая природу, как среду обитания, ее подразделяют на естественную и искусственную. Данное разделение имеет место уже в античности, например в философии Аристотеля, который отделял то, что осуществляется по естественным законам, независимо от человека, от того, что сделано им самим в подражание. В данном

конкретном смысле естественное ассоциируется с природой (гео- и биосферой), а искусственное — с различными сферами деятельности человека и социальной организацией его жизни (социо-, антропо-, техносферой).

В естественной среде обитания человека *К. Маркс* (1818–1883) выделял естественные источники средств жизни (дикие растения, плоды и т. д.) и естественные богатства как предметы труда (каменный уголь, газ, нефть, энергию ветра, пара и т. д.). Отношения человека с естественной средой обитания зависят как от природных условий, так и от уровня развития материального производства. Поскольку оно — это основная форма отношений между человеком и природной средой, а материально-преобразующая деятельность — сущностная потребность человека по реализации себя в мире, то в результате создается искусственная среда обитания человека или «вторая природа», «неорганическое тело цивилизации» по *К. Марксу*. В объем данного понятия включается все, что так или иначе произведено человеком: любые неорганические предметы, живые системы, произведенные путем селекции, генной инженерии и т. п.

Запишем слово «природа» следующим образом: «при-рода». Природа — это то, что находится при роде человеческом, то, из чего рождается сам человек. Особенности, которые присущи исключительно человеку (и обществу), в природу не входят. Человек природен в силу своего физико-биологического содержания. Он надприроден постольку, поскольку вырабатывает сложные формы психической и социальной жизни. Во взаимоотношении с природой человек реализует две свои уникальные способности. Он изменяет природу и символизирует себя в ней, «записывает» себя в нее (магнитная плата компьютера содержит «записанную» на нее человеком информацию, скульптура свидетельствует об эстетических ценностях ее создателя). Весьма близки по своему значению термины «природа» и «материя». Материя — это объективная реальность. Материя в отличие от природы не содержит психические явления мира животных, в остальной природе и материя совпадают. Итак, природа — это совокупность естественных условий существования человека и общества. Одной из важнейших тенденций развития современной философии является все большее внимание к человеку, к проблемам его бытия в мире и к его внутреннему миру. И это, очевидно, не случайно, потому что, в конце концов, общая задача философии как раз и должна заключаться в том, чтобы помочь рационально-практическим способом соединить человека с миром, сделать человека реальным представителем и субъектом мира, а мир действительно человеческим.

Выделение человека из животного мира — столь же грандиозный скачок, как и возникновение живого из неживого. Ведь речь идет об образовании такого рода живых существ, внутри которого с известного момента прекращается процесс видообразования и начинается «творческая эволюция» совершенно особого типа. Человек видоизменяется.

Экология — наука, использующая для своего развития данные самых разных дисциплин. Она тесно переплетается с целым рядом смежных наук: биологией (ботаникой и зоологией), географией, геологией, климатологией, ландшафтоведением, физикой, химией, генетикой, математикой, медициной, агрономией, архитектурой и многими другими. Изучая самые высокие уровни интеграции живой материи, и в процессе познания переходя от популяции какого-либо одного вида к сообществам и экосистемам и, наконец, к биосфере в целом. Экология объединяет в научном поиске и нередко координирует усилия специалистов и ученых многих направлений.

Сегодня экология перестала быть чисто естественной биологической наукой, это — комплексная социоестественная наука. В ее предмет практически вовлечены все стороны жизнедеятельности человека. Накапливая экологическое знание, постепенно меняя свои представления о существующем порядке в природе, человек начинает понимать: порядок этот не случаен, он необходим для существования и развития самой человеческой цивилизации.

Согласно основным положениям этой науки, человек является частью биосферы как представитель одного из биологических видов и так же, как и другие организмы, не может существовать без биоты, т. е. без совокупности живущих ныне на Земле биологических видов, которые и составляют среду обитания человечества.

Экологические системы, как и живые системы других уровней организации, являются весьма сложными, характеризуются нелинейной динамикой и их поведение в математических моделях описывают такие современные науки, как динамическая теория систем и синергетика. В моделировании экосистем определенную роль сыграли также представления кибернетики (науки об управлении) о теории регулирования процессов, об устойчивости и неустойчивости, об обратных связях.

В наше время термином «экология» все чаще обозначают совокупность взаимоотношений природы и общества.

## 1.2. Экологическая безопасность, основные понятия

В ст. 1 Федерального закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» определено, что **экологическая безопасность** — состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

Экологическая безопасность занимает особое место в системе безопасности государства. Это обуславливается следующими обстоятельствами: необходимостью выполнения задач обеспечения безопасности жизнедеятельности в условиях вредных воздействий факторов природного и техногенного характера на население и окружающую среду; экологически вредным воздействием факторов производственной деятельности и окружающей среды на здоровье и работоспособность населения, риском воздействия чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на население и окружающую среду; угрозой совершения актов терроризма на экологически опасных объектах; участием РФ в программах уничтожения ядерного, химического и обычного оружия и повышением значимости их социально-экологических аспектов; ужесточением требований международных, федеральных, региональных и местных природоохранных законодательных и нормативных правовых актов; усилением ответственности за экологические правонарушения.

**Экологическая обстановка** — это состояние компонентов окружающей среды в регионах, характеризующее совокупностью экологических факторов, которые могут оказать влияние на работоспособность, а также состояние здоровья людей.

Основными принципами обеспечения экологической безопасности являются:

1. Приоритет выполнения народнохозяйственных задач в сочетании с рациональным использованием и воспроизводством природных ресурсов, возможной минимизацией ущерба, наносимого окружающей среде.

2. Приоритет охраны жизненно важных интересов населения от негативного воздействия окружающей среды, обеспечение благоприятных экологических условий для осуществления труда и отдыха при условии определения и реализации оптимального соотношения народнохозяйственных интересов и экологических требований к созидательной деятельности.

3. Научно-методическая обоснованность, преемственность, новизна, непрерывность и эффективность обеспечения экологической безопасности.

4. Адекватность, оперативность и скоординированность реагирования на вредные экологические последствия чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера.

**Основными задачами** обеспечения экологической безопасности и возможными путями их решения являются:

- предотвращение негативного воздействия на окружающую среду;
- обеспечение защиты жизненно важных интересов населения от негативного воздействия факторов окружающей среды природного и техногенного характера;
- осуществление ликвидации загрязнения окружающей среды;
- обеспечение рационального использования и воспроизводства природных ресурсов;
- информационное обеспечение экологической безопасности.

*Предотвращение негативного воздействия* на окружающую среду достигается в результате выполнения следующих мероприятий:

- контроль соблюдения государственных законодательных актов Российской Федерации по природоохранной деятельности;
- определение, учет и контроль реальных и выявление потенциальных источников загрязнения, оценка и прогноз опасности загрязнения окружающей среды;
- оперативное информирование органов управления о возможных изменениях экологической обстановки;
- контроль задания экологических требований на разработку (модернизацию) образцов техники и строительство сооружений;
- разработка и внедрение системы нормативных правовых и методических документов по предотвращению негативного воздействия окружающую среду.

*Защита жизненно важных интересов населения* от негативного воздействия факторов окружающей среды природного и техногенного характера обеспечивается:

- организацией экологической разведки и экологического мониторинга в регионах и на прилегающих территориях (контроль, анализ и прогнозирование экологической обстановки, предоставление информации о ней органам управления);
- формированием нормативной правовой и методической основы защиты жизненно важных интересов населения от негатив-

ного воздействия факторов окружающей среды природного и техногенного характера;

- выявлением, оценкой, контролем и прогнозом влияния негативного воздействия окружающей среды на жизненно важные интересы человека и его работоспособность;
- формированием мероприятий по защите жизненно важных интересов населения от негативного воздействия факторов окружающей среды;
- организацией и осуществлением мероприятий по защите жизненно важных интересов населения с использованием средств индивидуальной и коллективной защиты (технические, медицинские и другие) от негативного воздействия окружающей среды.

**Ликвидация загрязнения окружающей среды** осуществляется в результате выполнения следующих мероприятий:

- определение масштабов и степени загрязнения окружающей среды, оценка экологического ущерба;
- выявление причин правонарушений, приведших к загрязнению окружающей среды, и проведение мероприятий по их устранению;
- разработка и внедрение нормативной правовой и методической базы по ликвидации загрязнения окружающей среды от негативного воздействия последствий народнохозяйственной деятельности;
- планирование и организация работ по восстановлению загрязненной окружающей среды;
- обеспечение информационной поддержки принятия оптимальных управленческих решений по ликвидации загрязнения окружающей среды.

*Обеспечение рационального использования и воспроизводства природных ресурсов* реализуется через:

- осуществление природопользования на платной основе в соответствии с существующим законодательством и возмещение ущерба, наносимого окружающей среде в результате трудовой деятельности;
- охрану животного и растительного мира;
- сохранение ландшафтов;
- сбережение природных ресурсов;
- воспитание экологического сознания и экологической культуры населения.

*Информационное обеспечение* экологической безопасности решается путем:

- создания информационной подсистемы системы управления обеспечения экологической безопасности, содержащей законодательные акты РФ, директивные документы федеральных, региональных органов и органов местного самоуправления, нормативно-технические, методические и другие документы по охране окружающей среды;
- экологической разведки территории (акватории);
- информационного взаимодействия в рамках единого информационного пространства по проблемам обеспечения экологической безопасности;
- разработки предложений по методам, средствам использования и содержанию информационных сведений о качестве окружающей среды, по обеспечению режима экологической безопасности в районе проведения информационных операций;
- обеспечения информационными данными научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

**Основными направлениями** обеспечения экологической безопасности являются:

- совершенствование и дальнейшее развитие Межведомственной системы обеспечения экологической безопасности;
- планирование и практическое осуществление мероприятий по обеспечению экологической безопасности, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, внедрению ресурсо- и энергосберегающих технологий;
- формирование и развитие сил и средств по предотвращению и ликвидации негативных последствий жизнедеятельности;
- контроль соблюдения природоохранительного законодательства Российской Федерации, обеспечения экологической безопасности, участие в осуществлении государственного экологического контроля на особо важных и особорежимных объектах;
- постоянное совершенствование структуры и повышение эффективности деятельности органов управления по обеспечению экологической безопасности;
- разработка и внедрение новых средств оценки экологической обстановки, технологий сохранения и восстановления окружающей среды, а также методов их реализации;



- проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке нормативов, методик и средств обеспечения экологической безопасности;
- закупка образцов и комплексов средств обеспечения экологической безопасности;
- формирование и развитие подсистемы оперативного реагирования на экологические последствия чрезвычайных ситуаций, входящей в функциональную подсистему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- совершенствование учета состояния и нормирования качества окружающей среды, ведения регистровой и кадастровой документации, ведомственной отчетности и государственной статистической отчетности;
- оказание помощи в планировании и организации выполнения мероприятий по предусмотренной природоохранительным законодательством охране памятников природы, животного и растительного мира;
- разработка нормативов, государственных и отраслевых стандартов, нормативных и правовых документов по обеспечению экологической безопасности;
- участие в организации и проведении государственной экологической экспертизы и экологической сертификации техники и совершенствование финансового механизма обеспечения экологической безопасности;
- совершенствование системы подготовки специалистов по обеспечению экологической безопасности, экологического образования и воспитания населения;
- обеспечение эффективного взаимодействия со специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей среды по вопросам экологического контроля;
- совершенствование взаимодействия федеральных, региональных и местных органов исполнительной власти, а также с общественными, зарубежными и международными природоохранными органами и организациями в решении задач обеспечения экологической безопасности;
- развитие международного сотрудничества с экологическими структурами государств — участников Содружества Независимых Государств и других зарубежных стран.

## 2. БИОСФЕРА

Изучая биосферу как особую оболочку Земного шара, необходимо предварительно ознакомиться со строением Земли. Это даст возможность глубже понять, в каких условиях формировалась жизнь, что ее защищает, а что представляет угрозу ее существованию.

При описании Земли выделяют так называемые **геосферы** — концентрические оболочки планеты различной плотности и химического состава. В направлении от периферии к центру Земли различают **магнитосферу, атмосферу, земную кору, мантию Земли и ядро Земли**.

**Магнитосфера** Земли — область околоземного пространства, граница которой (магнитопауза) определяется равенством давления магнитного поля Земли и динамического давления солнечного ветра. Конфигурация магнитосферы непрерывно меняется, простираясь с дневной стороны до 10–12R (R — земной радиус, около 6370 км), с ночной — вытянута, образуя так называемый магнитный хвост Земли в несколько сотен R. Она реагирует на проявление солнечной активности, сопровождающейся изменениями в солнечном ветре и его магнитном поле (магнитные бури). При этом частицы солнечного ветра вторгаются в магнитосферу, производят нагрев и усиление ионизации верхних слоев атмосферы, ускорение заряженных частиц, увеличение яркости полярных сияний, возникновение электромагнитных шумов, нарушение радиосвязи и т. д.

**Атмосфера** — газовая оболочка Земли, которая удерживается планетой посредством силы тяжести и принимает участие в ее суточном и годовом вращении. Она состоит из смеси различных газов, водяных паров, аэрозолей, малых газовых составляющих и пыли.

С увеличением высоты плотность воздуха убывает, и атмосфера плавно переходит в космическое пространство. Она делится на слои: тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу, которые отличаются температурой, ионизацией молекул и другими параметрами. Между атмосферой и земной поверхностью происходит постоянный обмен теплом и влагой, что вместе с циркуляцией атмосферы влияет на основные климатообразующие процессы. Атмосфера является активным участником физических процессов, которые протекают на суше (выветривание) и в верхних слоях водоемов (морские течения и т. п.).

**Гидросфера** — прерывистая водная оболочка Земли, располагающаяся между атмосферой и земной корой. Она включает в себя совокупность всех вод планеты: материковых (глубинных, почвенных, поверхностных), океанических и атмосферных. Гидросфера является колыбелью жизни на Земле. Она играет огромную роль в формировании природной среды нашей планеты.

**Земная кора** — твердая внешняя оболочка Земли толщиной до 70 км в горных областях, около 30 км под равнинами, 5–7 км под океанами. Верхняя часть земной коры — осадочный слой, он состоит из осадочных пород, средняя — «гранитный» слой (выражен только на материках), нижняя — «базальтовый» слой. Под земной корой располагается мантия (толщиной около 2900 км). Занимает 83% Земли (без атмосферы) по объему и 67% по массе. Мантия Земли состоит, видимо, преимущественно из тяжелых минералов, богатых магнием и железом. С процессами, происходящими в верхней (граничащей с земной корой) мантии Земли, тесно связаны тектонические движения, вулканизмы, горообразование и др.

Земная кора и верхняя (твердая) часть верхней мантии Земли составляют литосферу.

**Литосфера** (от греч. lithos — камень) — верхняя твердая оболочка Земли, ограниченная сверху атмосферой и гидросферой, а снизу — астеносферой (слоем пониженной твердости, прочности и вязкости, расположенным в верхней мантии Земли). Мощность литосферы колеблется в пределах 50–200 км. Процесс преобразования литосферы живыми организмами, начавшийся около 450 млн лет назад, привел к образованию почвы, ее мощность достигает 2–3 м.

**Ядро Земли** — наиболее плотная центральная часть (геосфера) Земли. Его плотность составляет от 9400 кг/м<sup>3</sup> в периферической области до 17 200 кг/м<sup>3</sup> (в два с лишним раза выше, чем у железа) в более глубоких слоях; давление достигает 140–350 ГПа (1,4–3,5 млн атм.), температура 2000–5000 °С. Предполагают, что по химическому составу вещество ядра сходно с веществом мантии Земли, но находится в металлическом состоянии.

Совокупность всех экосистем, имеющих в пределах трех геосфер (атмосферы, гидросферы и литосферы) и с которыми находятся во взаимодействии живые организмы, образует самую крупную экосистему Земли — **биосферу**. Изучение биосферы, в которой все живые организмы тесно связаны между собой и со своим окружением, состоящим из элементов неживой природы (воды, воздуха, почвы, света, температуры и др.) — задача сложнейшего раздела экологии — **глобальной экологии**.

Первые представления о биосфере, как «области жизни» и оболочке Земли были высказаны еще Жаном Батистом Ламарком, в чьих работах было немало геохимических идей. А вот термин «биосфера» появился в науке в 1875 г., когда в свет вышла небольшая книга австрийского геолога Эдуарда Зюсса о происхождении Альп. В последней главе этой работы, говоря о различных оболочках земного шара, он впервые употребляет термин «биосфера». Геолог понимал биосферу как тонкую пленку жизни на земной поверхности. Несмотря на то, что концепция Зюсса не сыграла заметной роли в развитии научной мысли термин «биосфера» вошел в науку с 1875 г.

В 1926 г. появляется целостная концепция о биосфере. Автором этой концепции является русский ученый Владимир Иванович Вернадский, который посвятил себя изучению процессов, протекающих в биосфере.

Полное определение биосферы звучит следующим образом: «**Биосфера** — это оболочка Земли, состав, структура и энергетика которой определяется прошлой и современной совместной деятельностью живых организмов».

В состав биосферы, кроме **живого вещества** (растения, животные и микроорганизмы), входят **биогенное вещество** (продукты жизнедеятельности живых организмов — каменный уголь, битумы, нефть), **биокосное вещество** (продукты распада и переработки горных и осадочных пород живыми организмами — почвы, кора выветривания, все природные воды, свойства которых зависят от деятельности на Земле живого вещества) и, наконец, **косное вещество**, в образовании которого живые организмы не участвуют (горные породы магматического, неорганического происхождения, вода, космическая пыль, метеориты). Следовательно, **биосфера** — это та область Земли, которая охвачена или была охвачена влиянием живого вещества. Ее рассматривают как наиболее крупную, глобальную экосистему, поддерживающую планетарный круговорот веществ.

Вглубь Земли живые организмы проникают на небольшое расстояние прежде всего из-за температуры горных пород и подземных вод, которая постепенно возрастает с глубиной и на уровне 1,5–15 км превышает 100 °С. Наибольшая глубина, на которой в породах земной коры были обнаружены живые бактерии, составляет 4 км. В Океане жизнь распространена до более значительных глубин, она встречается даже на дне океанических впадин в 10–11 км от поверхности. В Марианской впадине выявлена амеба диаметром до 10 см.

Верхняя граница жизни в атмосфере определяется уровнем УФ-радиации. На высоте 25–30 км основную ее часть поглощает находящийся здесь относительно тонкий слой озона. Если живые организмы поднимаются выше защитного слоя озона, они погибают. Атмосфера над поверхностью Земли насыщена многообразными живыми организмами, которые передвигаются в воздухе активным или пассивным способом. Споры бактерий и грибов обнаруживают до высоты 20–22 км, но основная часть аэропланктона сосредоточена в слое до 1–1,5 км. В горах граница распространения земной жизни достигает 6 км над уровнем моря.

Концентрация и активность жизни особенно велика у поверхности нашей Земли. Водоемы заселены по всей толще со сгущениями у поверхности и у дна. Выделяются своим богатством прибрежные и мелководные участки. На суше более 99% живого вещества или биомассы сосредоточено в слое на несколько метров вглубь и на несколько десятков метров (высокие деревья) вверх от поверхности. Следовательно, жизнь сосредоточена в тончайшей пленке планеты, где и протекают главные процессы взаимодействия живой и неживой (косной) природы. Этот тонкий деятельный слой нередко называют **биогеосферой**, биогеоценотическим покровом, ландшафтной оболочкой. Места наибольшей концентрации организмов в биосфере В. И. Вернадский назвал «пленками жизни».

Крайние пределы температур, которые выносят некоторые формы жизни (в латентном состоянии), — от практически абсолютного нуля ( $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) до  $+180\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Давление, при котором существует жизнь, — от малых долей атмосферы на большой высоте до тысячи и более атмосфер на больших глубинах. Для ряда бактерий верхние критические точки давления лежат в области 12 тыс. атмосфер. Споры бактерий, конидий и мицелий некоторых грибов не теряют жизнеспособности в условиях высокого вакуума, достигающего  $10^{-13}$ – $10^{-11}$  мм рт. ст. (космический вакуум составляет  $10^{-16}$  мм рт. ст.). Бактерии обнаружены в водах атомных реакторов, некоторые из них выдерживают облучение порядка 2–3 млн рад.

Отсюда можно сделать принципиальной важности вывод: выносливость Жизни в целом к отдельным факторам среды намного шире диапазонов тех условий, которые существуют в границах современной биосферы. Следовательно, Жизнь обладает значительным «запасом прочности», устойчивости к воздействию внешней среды, а значит, и потенциальной способностью к еще большему распространению.

## 2.1. Понятие биосферы, ее структура. Учение о биосфере

**Биосфера** — глобальная экосистема, особая активная «оболочка» Земли, состав, строение и энергетика которой определяются деятельностью живых организмов. Для биосферы характерно огромное разнообразие живых организмов. Насчитывается около 5000 видов прокариот, около 1 730 000 видов животных и 340 000 видов растений (по другим оценкам, общее число видов колеблется от 1,5 до 5 млн и более).

Биосфера подразделяется на **аэробIOSферу** (населенную **аэробиионтами**), **гидробиосферу** (с **гидробионтами**) и **геобиосферу** (населенную геобионтами).

По вертикали биосфера разделяется на две четко обособленные области:

- **фотобиосфера** — верхняя, освещенная светом, в которой происходит фотосинтез;
- **меланобиосфера** — нижняя, «темная», в которой фотосинтез невозможен.

**Фотобиосферу** определяют также как слой биосферы, освещаемый солнечными лучами (на поверхности суши и в верхних слоях гидросферы). Предполагалось, что фотосинтез у морских водорослей невозможен, если в толщу воды проникает менее 1% солнечной радиации. Однако сейчас уже открыты фотосинтезирующие красные водоросли, успешно развивающиеся в условиях проникновения всего 0,0005% солнечной радиации; нижняя граница фотобиосферы в океане теперь определяется на глубинах примерно 268 м.

Наиболее продуктивный слой на суше — **фитосфера** вместе с освещенными слоями гидросферы (ее **фотосферой**) составляет **биофильм**, или **биокаллим**, т. е. активную пленку жизни. Наряду с фитосферой на поверхности суши вычленяют **террабиосферу** (с **террабионтами**). Часть биосферы, находящуюся в глубинах литосферы и в подземных водах, называют **литобиосферой** (с **литобионтами**).

В состав биосферы входят артебиосфера, апобиосфера, парабиосфера, стратобиосфера (эоловая зона), тропобиосфера, фитосфера, педосфера, гипотеррабиосфера, теллуробиосфера, гипобиосфера, метабиосфера. Кроме того выделяют панбиосферу, мегабиосферу, зубиосферу, гидробиосферу, фотосферу, афотобиосферу, афотосферу, дисфотосферу, аэробииосферу, геобиосферу, террабиосферу, литобиосферу (см. рис. 2.1).

Рассмотрим подробнее вышеперечисленные термины. Начнем двигаться по рис. 2.1 сверху вниз. На самом верху надпись **артебиосфера**. Это — слой биосферной колонизации в околоземном пространстве, т. е. тот слой, в котором летают обитаемые искусственные спутники Земли. Надо сказать, что размеры этого пространства могут быть весьма велики. Ведь американцы уже летали до Луны (около 400 тыс. км), а сейчас мировое сообщество готовит экспедицию на Марс (56 млн км)

Следующий термин **апобиосфера**. Это — высшие слои атмосферы (выше 60–80 км), в которые никогда, даже случайно не поднимаются живые организмы и куда биогенные вещества заносятся лишь в очень незначительном количестве.

**Парабиосфера** — это расположенные между 6–7 и 60–80 км над подстилающей поверхностью слои атмосферы, куда живые организмы попадают случайно и где они могут существовать временно, но не в состоянии нормально жить и размножаться. Верхний аналог **гипобиосферы**. К парабиосфере относят также летательные аппараты в верхней тропосфере и стратосфере, а также космические аппараты, вращающиеся по своим орбитам вне Земли.

**Стратобиосфера** — ЭТО СЛОЙ, где теоретически могут постоянно находиться живые организмы, главным образом микроорганизмы в виде спор в воздухе. На этом же уровне в горах обитают некоторые пауки и ногохвостки, питающиеся заносимой ветром органикой в эоловой (бесснежной низкотемпературной) зоне в горах. По высоте стратобиосфера простирается от 5–6 до 25 км (слой максимальной концентрации озона).

**Тропобиосфера** — слой положительных температур, над которым лежит стратобиосфера. Это постоянно населенная часть аэробIOSферы (т. е. аэробIOSфера без стратобиосферы и парабиосферы). Тропобиосфера пространственно не совпадает с тропосферой, по вертикали достигая лишь 6–6,2 км — предела положительных температур в атмосфере.

**Фитосфера** — поверхностный слой над землей (до 150 м по высоте), где условия среды в значительной мере определяются растительностью.

**Педосфера** (от *греч.* *pedon* — почва и *sphaira* — шар) — почвенная оболочка Земли.

В качестве синонима термина «педосфера» используется понятие «почвенный покров Мира» или Земли, так как составляющие педосферу почвы покрывают большую часть поверхности земной суши.

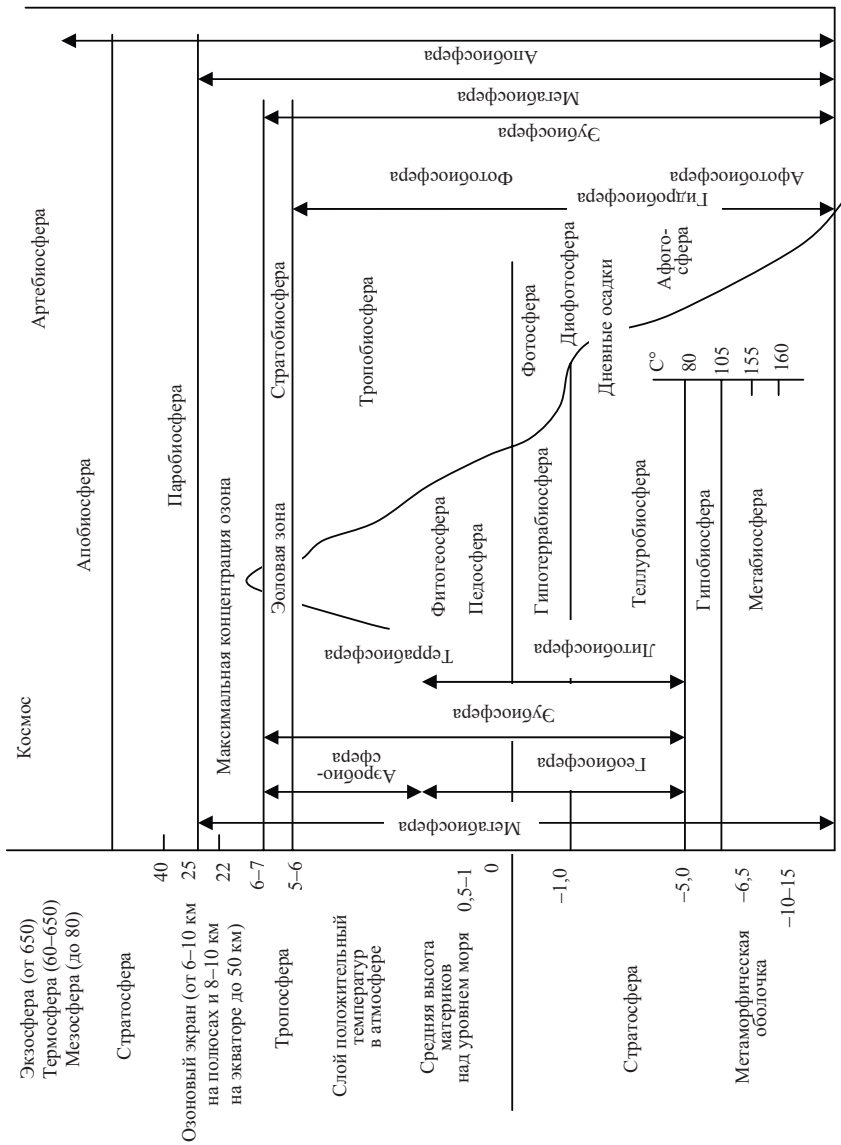


Рис. 2.1. Структура биосферы



Изучению педосферы посвящена особая естественноисторическая наука — **почвоведение**.

**Гипотеррабиосфера** — подтеррабиосфера, часть *литобиосферы*, где возможна жизнь аэробных организмов (литобионтов).

**Теллурибиосфера** — это часть литосферы ниже предела распространения подземной тропосферы, в пределах которой могут существовать лишь организмы-анаэробы.

Гипобиосфера — часть панбиосферы, слой литосферы, куда живые организмы могут попадать лишь в результате случайных причин и где они в состоянии временно существовать, но не нормально жить и размножаться.

**Метабиосфера** — слой литосферы (на глубине 6–15 км), который был преобразован живым или биогенным веществом, но в котором ныне живые организмы не встречаются.

**Панбиосфера** — слои атмосферы, вся гидросфера и часть литосферы, где постоянно или временно присутствуют живые организмы. Панбиосфера есть совокупность парабиосферы, собственно биосферы и гипобиосферы.

**Мегабиосфера** — слой атмосферы, вся гидросфера и часть литосферы, где постоянно или временно присутствуют и размножаются живые организмы или они в прошлом были преобразованы или испытывали влияние «былых биосфер». Мегабиосфера состоит из панбиосферы и метабиосферы.

**Эубиосфера** — часть биосферы (от –5 км до 6 км) — зона жизни, расположенная между верхней границей гипобиосферы и нижней границей парабиосферы. Наиболее насыщенный жизнью слой эубиосферы называют **биофильмом**.

**Гидробиосфера** — часть биосферы в пределах гидросферы. Живые существа «пропускают через себя» всю воду планеты за 2 млн лет и таким образом очищают ее, но не являются ее творцами. Наоборот, жизнь зародилась в первичном океане, и он может считаться ее «творцом». Хотя между всеми подразделениями биосферы (аэробной, террабиосферой и гидробиосферой) существует тесная связь и обмен веществом, каждое из составляющих обладает определенной автономией, в т. ч. своими незамкнутыми, но отделными круговоротами веществ. Например, в гидробиосфере выделенный водородом кислород усваивается водными животными, а углекислота — продукт дыхания и разложения после их смерти — возвращается в раствор и служит питанием для водорослей. Вместе с тем углекислый газ воздуха растворяется в воде, а при изменении ее температуры выделяется обратно в атмосферу.

Гидросфера распадается на два системных образования **океанбиосферу** (или **маринобиосферу** с маринобионтами) — область морей и океанов и **аквабиосферу** с аквабионтами, слой континентальных вод. В **маринобиосфере** выделяют три слоя — относительно ярко освещенную **фотосферу**, всегда очень сумеречную **дисфотосферу** (до 1% солнечной инсоляции) и слой абсолютной темноты — **афотосферу**.

**Афотобиосфера** — часть биосферы, куда не проникают солнечные лучи (в пределах гидросферы и литосферы).

**АэробIOSфера** — приземный слой атмосферы (от подстилающей поверхности до 6–7 км над нею), в котором постоянно присутствуют живые организмы, способные при наличии подходящих субстратов нормально жить и размножаться.

Субстратом для жизни в атмосфере микроорганизмов (аэробиянтов) служат водные капельки — атмосферная влага, источником энергии — солнечная энергия и аэрозоли. От высоты наиболее часто расположенных кучевых облаков простирается слой крайне разреженной микробиоты — **альгобиосфера** (с альгобионтами).

**Геобиосферу** населяют геобионты, субстратом, а отчасти и средой жизни для которых служит земная твердь. **Геобиосфера** состоит из области жизни на поверхности суши — **террабиосфера** (с террабионтами), и жизнь в глубинах Земли — **литобиосфера** (с литобионтами, живущими в порах горных пород, главным образом в подземных водах). Жизнь в неактивной форме может проникать глубже — в **гипобиосферу**. Глубже расположена **абиосфера**.

В глубинах литосферы есть два теоретических уровня распространения жизни — изотерма 100 °С, при которой вода при нормальном атмосферном давлении вода кипит, и изотерма 460 °С, где при любом давлении вода превращается в пар, т. е. в жидком состоянии быть не может.

Кратко опишем еще ряд слоев, изображенных на рис. 2.1.

**Экзосфера** — самая высокая, конечная часть атмосферной оболочки — «земная корона» выше 600–1000 км. Отсюда нейтральные газы — водород и гелий рассеиваются в межпланетное пространство.

**Термосфера** — слой верхней атмосферы над мезосферой (в среднем от 80 до 300–800 км). В термосфере происходит рост температуры до 1500 °С (на высоте 500–600 км), связанный, главным образом, с поглощением солнечной коротковолновой радиации.

**Мезосфера** — средний слой атмосферы, лежащий над стратосферой на высотах от 50 до 80–85 км. Мезосфера характеризуется понижением средней температуры с высотой от 0 °С на нижней границе до

-90 °С у верхней границы. Близ верхней границы мезосферы наблюдаются серебристые облака, освещаемые солнцем в ночное время. Давление воздуха на верхней границе мезосферы в 200 раз меньше, чем у подстилающей поверхности.

**Стратосфера** — слой атмосферы на высоте от 8 до 55 км над подстилающей поверхностью, который постепенно переходит в тропосферу на высоте 8 км над полюсами и от 18 км над тропиками. В нем становятся разреженными газы, составляющие тропосферу, в которых ничтожно содержание водяного пара и редко образование облаков, но увеличивается масса озона. До 80–100 м/с ускоряется движение воздуха и резки разницы в температурах. Если в нижней части стратосферы обычны температуры -40–80° (в зависимости от времени года и широты), то у верхней части они повышаются до -20° и +20 °С, особенно быстро над тропическими широтами.

**Тропосфера** — нижний, основной слой атмосферы до высоты 8–10 км в полярных, 10–12 км в умеренных и 16–18 км в тропических широтах. Тропосфера — слой наиболее подверженный воздействию земной поверхности.

В тропосфере сосредоточено более 80% всей массы атмосферного воздуха, сильно развиты турбулентность и конвекция, сосредоточена преобладающая часть водяного пара, возникают облака, формируются воздушные массы и атмосферные фронты, развиваются циклоны и антициклоны и другие процессы, определяющие погоду и климат.

**Подземная метаморфическая оболочка, стратисфера, нижняя метаморфическая оболочка** — это прошлая биосфера. Преобразование литосферы Земли благодаря отмеченным особенностям ее трансформации отличается глубоким проникновением в ее недра. Так, если на Марсе осадочный слой прерывист и его мощность измеряется метрами или десятками метров, то на Земле осадочный чехол практически сплошь покрывает кристаллический фундамент земной коры, в ряде мест достигая глубины 20 км. Глубокое преобразование литосферы можно назвать биосферизацией каменной оболочки. Впервые это было оценено академиком В. И. Вернадским, который считал, что земная кора захватывает в пределах нескольких десятков километров ряд геологических оболочек, которые когда-то были биосферами.

Глобальная эко- или биосфера распределяется:

1. На подсферы — террабиосфера (экосистема суши), аквабиосфера (экосистема воды), литобиосфера, аэроббиосфера.
2. На крупные природно-климатические зоны.

3. В пределах природно-климатических зон выделяются биомы как крупные системно-географические подразделения (например, биом влажных тропических лесов).

4. Далее — ландшафты, обусловленные схожим для каждой конкретной территории комплексом абиотических факторов (природно-климатическими особенностями, геологическими условиями и т. п.), которые в свою очередь состоят из биогеоценозов — более или менее локальных участков территории, с установившимися взаимосвязями между окружающими биоту абиотическими факторами и биоценозами.

Как правило, биогеоценозы характеризуются «стремлением» или тенденцией увеличения замкнутости круговорота веществ внутри себя, но это общая тенденция, а реальная степень замкнутости круговорота веществ варьирует, т. е. изменяется в широких пределах и никогда не достигает 100%. Размеры биогеоценозов имеют очень большую изменчивость — они могут занимать значительные территории на однородных участках местности. Например, спускаясь с вершины водораздела на дно оврага к ручью, можно пересечь границы нескольких различных биогеоценозов, так как по пути произойдет существенная смена условий водного режима, освещенности, типов почв.

Формирование и распределение биогеоценозов (биоакваценозов) на Земле зависят от условий их существования. Основные экосистемы:

1. **Моря** — наиболее густо, но неравномерно заселенные биогеоценозы. Средняя продуктивность океана  $0,1-0,5 \text{ г/м}^2$ , литоралий —  $0,5-3 \text{ г/м}^2$ , а эстуариев и коралловых рифов — до  $20 \text{ г/м}^2$  в сутки. Основу высокой продуктивности эстуариев и прибрежных морских вод составляют интенсивная циркуляция питательных веществ и конечных продуктов обмена из-за постоянных приливов-отливов; постоянный привнос питательных элементов с суши; высокая круглогодичная первичная продукция.

2. **Ручьи и реки** — особые биогеоценозы, в которых организмы приспособлены к существованию на течении. Источником значительной части энергии и питательных веществ в них служат органические вещества, поступающие с суши.

3. **Озера и пруды** — им свойственна четкая зональность и стратификация; подразделяются на олиготрофные (малопродуктивные) и эвтрофные (высокопродуктивные). Средняя продуктивность  $0,5-3 \text{ г/м}^2$ .

4. **Пустыни** — соответствующие биогеоценозы формируются в районах с выпадением осадков менее 250 мм в год, а также в районах

с жарким климатом и нерегулярно выпадающими осадками. Продуктивность — менее 0,1–0,5 г/м<sup>2</sup> в сутки.

5. **Тундра** — ведущим фактором, управляющим этими биогеоценозами, является тепло. При достаточно низкой средней продуктивности (это своеобразные арктические пустыни) в период короткого лета у растений наблюдается относительно высокий темп продуктивности, ориентировочно 0,5–1,2 г/м<sup>2</sup> в сутки.

6. **Травянистые ландшафты** — степные биогеоценозы со средним годовым количеством осадков 250–750 мм (в саванах осадков может быть и больше). Продуктивность 0,5–3 г/м<sup>2</sup> в сутки.

7. **Леса** — обладают огромным разнообразием растений и животных, являются наиболее устойчивыми экосистемами. Продуктивность влажных лесов достигает 10 г/м<sup>2</sup> в сутки.

8. **Степь** как специфический тип растительности образована многолетними микротермными ксерофильными (морозо- и засухоустойчивыми) травянистыми растениями, преимущественно дерновинными злаками (ковыль, типчак и т. д.). Степные экосистемы приурочены, главным образом, к различным типам черноземов и темно-каштановых почв.

9. **Луг** как специфический тип растительности представлен естественными или искусственными сообществами многолетних трав — мезофитов (т. е. трав, требующих почв умеренно влажных, достаточно теплых и богатых). Луга связаны множеством переходных типов со степными (луговая степь), пустынными, болотными, водными и лесными сообществами.

По местоположению различают равнинные и горные луга, среди тех и других — луга пойменные и луга материковые (вне пойменных террас). Материковые делятся на суходольные (увлажняемые только атмосферными осадками), и низинные (грунтового увлажнения). Средняя производительность лугов — от 10–15 ц/га (менее 1 г/м<sup>2</sup> в сутки) для суходольных до 20–25 ц/га для низинных. Производительность пойменных лугов — до 30–40 ц/га и выше.

Можно условно выделить следующие последовательные этапы эволюции биосферы: *синтез простых органических соединений, биогеолиз, антропогенез, техногенез и ноогенез.*

1. **Синтез простых органических соединений** (химическая эволюция) в геосферах Земли совершался под действием ультрафиолетовой радиации: метана, аммиака, водорода, паров воды. Начало этапа — 3,5–4,5 млрд лет тому назад.

2. **Биогенез** — преобразование косного вещества геосферы земли в живое вещество биосферы (образование высокомолекулярных

органических соединений из простых соединений под действием геофизических факторов). Начало этапа — 2,5–3,5 млрд лет назад (появление живого вещества биосферы).

3. **Антропогенез** — появление человека и превращение его в социальное существо, формирование общественной организации человеческих сообществ в процессе производственной трудовой деятельности. Начало этапа — 1,5–3 млн лет назад.

4. **Техногенез** — преобразование природных комплексов биосферы в процессе производственной деятельности человека и формирование техногенных и природно-технических комплексов, т. е. техносферы как составной части биосферы. Начало этапа — 10–15 тыс. лет назад (появление городских поселений).

5. **Ноогенез** — процесс превращения биосферы в состояние разумно управляемой социально-природной системы (ноосферы). Ее можно характеризовать как состояние биосферы, при котором осуществляются: а) рациональное использование природы, т. е. рациональное природопользование; б) устойчивое развитие мирового человеческого сообщества.

Заметим, что важное воздействие на эволюцию биосферы оказал дрейф континентов, в результате которого эволюция разных групп организмов пошла различными путями. Согласно теории дрейфа континентов, выдвинутой Альфредом Вегенером в 20-х годах XX в., современные континенты возникли из единого массива суши, получившего название Пангея и существовавшего на нашей планете еще в палеозое, как остров в Мировом океане. Примерно 200–250 млн лет назад в конце палеозоя — начале мезозоя Пангея «раскололась» на два крупных массива суши, которые стали расходиться, дав возможность сформироваться новым океанам. Индия и континенты, находящиеся сейчас в Южном полушарии (Южная Америка, Африка, Антарктида, Австралия), составляли вместе единый материк Гондвана. Нынешняя Северная Америка, Европа и Азия образовали материк Лавразия.

В юрский период Гондвана и Лавразия отделились друг от друга. К тому времени эволюция динозавров достигла довольно высокой степени развития, хвойные леса существовали уже на протяжении миллионов лет, появились первые птицы и млекопитающие. Еще до того как началось разделение Гондваны на ныне существующие южные континенты и Индию, динозавры и хвойные леса заняли господствующее положение среди живых организмов. После разделения Гондваны эволюция видов на разных континентах пошла различными путями. Так, сумчатые млекопитающие достигли большого раз-

нообразия в Австралии и Южной Америке, тогда как плацентарные млекопитающие заняли доминирующее положение на других континентах.

Приблизительно в это же время происходило разделение Лавразии, где уже существовали хищные, копытные грызуны, приматы и многие другие млекопитающие. Поэтому неудивительно, что североамериканские, азиатские и европейские виды млекопитающих связаны между собой более близким родством, чем с млекопитающими Австралии и Южной Америки. Нынешние континенты сформировались в основном в конце мезозоя, около 110 млн лет назад, хотя Индия, перемещаясь к северу, соединилась с Азией только 20–30 млн лет назад.

Большинство авторов гипотез о происхождении жизни на Земле допускали, что в течение огромного промежутка времени наша планета была безжизненной и на ее поверхности, в атмосфере и океане происходил медленный *абиогенный синтез органических соединений*, который привел к образованию первых примитивных организмов. Установилось почти традиционное представление о том, что на Земле происходила длительная *химическая эволюция*, предшествовавшая биологической и охватившая интервал времени не менее 1 млрд лет.

Фоссилизированные (окаменевшие) остатки организмов встречаются в отложениях последних этапов геологической истории, охватывающих 570 млн лет. По инициативе американского геолога Ч. Шухерта этот период назван фанерозойским зоном, или **фанерозоем** (от *греч.* *phaneros* — очевидный, четкий и *zoe* — жизнь). К фанерозою относятся три последние эры в истории земной коры: *палеозойская, мезозойская и кайнозойская*.

Более древняя и самая продолжительная часть геологической истории названа **криптозоом** (от *греч.* *криптос* — скрытый), охватывающим огромный промежуток времени — 570–4500 млн лет тому назад и обозначаемый как докембрий. Этот первоначальный этап геологической истории биосферы принято подразделять на два последовательных периода:

- 1) **архейская эра**, продолжительностью около 1,9 млрд лет;
- 2) **протерозойская эра**, продолжительностью около 2 млрд лет.

**Архей** — это время примитивных одноклеточных бактерий, протерозой — время разнообразных бактерий и водорослей. С началом **палеозоя** связывают первое появление многочисленных беспозвоночных, имеющих раковину, окаменевшие останки которых находят в горных породах повсеместно. В палеозое появились первые позвоночные около 450 млн лет назад (ордовикский период), первые насе-

комые — 350 млн лет назад (девон), первые рептилии — 300 млн лет назад (каменноугольный период), первые хвойные — 220 млн лет назад (пермский период). С **мезозоем** связано появление первых динозавров и первых млекопитающих (200 млн лет назад в триасе) и первых птиц и сосновых деревьев (160 млн лет назад в юрском периоде).

В развитии биосферы важнейшую роль сыграл постепенный рост концентрации кислорода в атмосфере, что создало условия для формирования озонового слоя в атмосфере, перехода на сушу зародившейся в океане жизни и появления в дальнейшем высших животных. Первичная атмосфера была почти без кислорода (0,1% от современного уровня). Изменение состава атмосферы началось приблизительно 2 млрд лет назад, когда появились первые фотосинтезирующие организмы. Этот процесс развивался до появления 1,5 млрд лет назад современных хлорофилловых клеток, которые стали выделять большое количество кислорода и поглощать углекислый газ. Их предшественники — прокариоты (клетка без ядра) были первыми фотосинтезирующими организмами (вероятно, это были сине-зеленые водоросли, обнаруженные в докембрийских отложениях в Онтарио).

Приблизительно 1 млрд лет назад количество кислорода составляло 1% от современного уровня. В эту эпоху важной была роль фотосинтезирующей активности фитопланктона, появился озоновый слой, задерживающий губительные для организмов ультрафиолетовые лучи, что способствовало дальнейшему развитию органической жизни в поверхностном слое воды.

Около 600 млн лет назад начался важный биосферный процесс: заселение материков живыми существами — появились низшие автотрофные растения, затем более сложные виды растений, что сопровождалось резким увеличением содержания кислорода в атмосфере (от 3% от современного уровня 700 млн лет назад до 50% к началу мелового периода 140 млн лет назад).

## **2.2. Живое вещество биосферы, его функции. Фундаментальная роль живого вещества**

**Живое вещество**, в основном, состоит из элементов, являющихся водными и воздушными мигрантами, т. е. образующих газообразные и растворимые соединения. Заслуживает внимания то обстоятельство, что 99,9% массы живых организмов приходится на те элементы, которые преобладают и в земной коре, составляя в них 98,8%, хотя



и в других соотношениях. Таким образом, **жизнь есть химическое производное земной коры**. В организмах обнаружены почти все элементы таблицы Д. И. Менделеева, т. е. они характеризуются теми же химическими особенностями, что и неживая природа.

В зависимости от количественного содержания и функциональной значимости элементарный набор организмов делят на три группы: макроэлементы, микроэлементы и ультрамикроэлементы.

**Макроэлементы** составляют основную массу органических и неорганических соединений живых организмов. Они требуются постоянно и в большом количестве для осуществления жизненного цикла. Концентрация их изменяется от 60 до 0,001% массы тела. Это кислород, водород, углерод, азот, фосфор, кальций, калий, сера и др.

**Микроэлементы** — это преимущественно ионы тяжелых металлов, являющиеся компонентами ферментов, гормонов и других жизненно важных соединений. Они столь же необходимы для жизнедеятельности, как макроэлементы, но требуются в значительно меньших концентрациях. Содержание их изменяется от 0,001 до 0,00001% массы тела. В данную группу входят марганец, бор, кобальт, медь, молибден, цинк, йод, бром, алюминий и другие. Укажем, что роль каждого микроэлемента строго специфична, его нельзя заменить в биохимических процессах никаким другим химическим элементом. В силу этого каждый микроэлемент выполняет свою роль без дублеров.

Содержание **ультрамикроэлементов** (к ним относятся уран, радий, золото, ртуть, бериллий, цезий, селен и другие рассеянные и редкие элементы) не превышает обычно 0,00001% массы тела. Физиологическая роль их в организмах растений и животных полностью еще не выяснена.

В **жизненные циклы** наземными растениями включено не менее 340 млрд т химических элементов в виде минеральных веществ. Большинство их активно участвует в метаболических (обменных) процессах, а часть находится в связанном состоянии. Важной особенностью минеральных компонентов растений различных групп является регулярно повторяемое вовлечение их в жизненные процессы и возвращение обратно в среду (например, с опадающими листьями и другими отмирающими органами). При этом, чем больше зольность растений и величина их биомассы, тем выше годичный оборот элементов минерального питания.

В растительности Мирового океана сравнительно немного химических элементов —  $36 \cdot 10^6$  т, т. е. всего 0,01% количества, содержащегося в наземной растительности.

Если исходить из закона константности, любое изменение количества живого вещества в одном из регионов биосферы неминуемо влечет за собой такую же по размеру перемену в другом регионе, но с обратным знаком. При этом высокоразвитые виды и экосистемы вытесняются другими, которые стоят на относительно более низком эволюционном уровне (и крупные организмы заменяются более мелкими), а полезные для человека формы — менее полезными, нейтральными и, подчас, даже вредными.

Итак, живое характеризуется исключительно высокой **функциональной активностью**. Она связана с его способностью к неограниченному развитию и количественному росту («напор жизни» по В. И. Вернадскому).

Различают пять основных функций живого вещества в масштабах планеты Земля: энергетическую, газовую, концентрационную, окислительно-восстановительную и деструкционную.

**Энергетическая функция** состоит в осуществлении связи биосферно-планетарных явлений с излучением Космоса и, прежде всего, с солнечной радиацией. Основой указанной функции является **фотосинтез**, в процессе которого происходит аккумуляция энергии Солнца и ее последующее перераспределение между живыми компонентами биосферы. Накопленная ими солнечная энергия обеспечивает протекание всех жизненных процессов. За время существования жизни на Земле **живое вещество** превратило в химическую энергию огромное количество солнечной энергии. При этом существенная часть ее накопилась в связанном виде (залежи угля, нефти и других органических веществ).

Благодаря **газовой функции** происходит миграция газов и их превращение, формируется газовый состав биосферы. Отметим, что преобладающая масса газов на планете имеет биогенное происхождение, например, кислород атмосферы. При этом количество молекул кислорода, выделяемых земными растениями, пропорционально количеству связываемых водой молекул диоксида углерода. Последний поступает в атмосферу при дыхании всех организмов, а также выделяется по трещинам земной коры из осадочных пород за счет химических процессов под действием высоких температур.

**Концентрационная функция** проявляется в извлечении и накоплении живыми организмами биогенных элементов из окружающей среды для построения их тел. Концентрация этих элементов в телах в тысячи раз выше, чем во внешней среде.

**Окислительно-восстановительная функция** заключается в химическом превращении веществ, которые содержат атомы с пере-

менной степенью окисления (это в основном соединения железа, марганца и др.). В результате происходят превращения большинства химических соединений, при этом преобладают биогенные процессы окисления и восстановления.

Благодаря **деструкционной функции** протекают процессы, связанные с разложением остатков мертвых организмов. При этом происходит минерализация органического вещества, т. е. превращение живого вещества в косное.

Таким образом, **живое вещество** трансформирует солнечную энергию и вовлекает неорганическую материю в непрерывный круговорот. В этом заключается его фундаментальная роль. Живое вещество определило современный состав атмосферы, гидросферы, почв и, в значительной степени, осадочных пород Земли.

Основной функцией **живого вещества** в природе является усвоение из окружающей среды элементов абиотической среды, химических элементов, энергии в виде солнечного излучения (существуют немногочисленные виды, использующие другие виды энергии), формирование биомассы и рассеивание поглощенной энергии Солнца в виде тепла. В ходе усвоения и рассеивания солнечной энергии и преобразования минерального состава земной коры произошла глубокая специализация живых организмов по месту, занимаемому в трофических (т. е. пищевых) цепях, типам занимаемых ими экологических ниш.

### 2.3. Круговороты веществ в биосфере

Для продолжения существования биосферы на Земле необходимо, чтобы не прекращалось развитие жизни, постоянно должны происходить непрерывные химические превращения ее живой материи. Иными словами, вещества после использования одними организмами должны переходить в усвояемую для других организмов форму. Такая циклическая миграция веществ и химических элементов может осуществляться только при определенных затратах энергии, источником которой является Солнце. Академик В. Р. Вильямс указывал, что единственный способ придать чему-то конечному свойства бесконечного — это заставить конечное вращаться по замкнутой кривой, т. е. вовлечь его в круговорот.

**Круговорот веществ** — это многократное участие веществ в процессах, протекающих в атмосфере, гидросфере, литосфере, в т. ч.

и тех их слоях, которые входят в биосферу планеты. При этом выделяют два основных круговорота: большой (геологический) и малый (биологический).

**Большой круговорот** длится миллиарды лет. Горные породы подвергаются разрушению, выветриванию, а продукты выветривания, в т. ч. растворимые в воде питательные вещества, сносятся потоками воды в Мировой океан. Здесь они образуют морские напластования и лишь частично возвращаются на сушу с осадками, с извлеченными человеком из воды организмами. Крупные, но медленно протекающие, геотектонические изменения (опускание материков и поднятие морского дна, перемещение морей и океанов) приводят к тому, что эти напластования возвращаются на сушу, и процесс повторяется. Границы геологического круговорота значительно шире границ биосферы и в его процессах живые организмы играют второстепенную роль.

Напротив, биологический круговорот вещества проходит в границах обитаемой биосферы и воплощает в себе уникальные свойства живого вещества планеты. Будучи частью большого, **малый круговорот** осуществляется на уровне биогеоценоза, он заключается в том, что питательные вещества почвы, вода, углерод аккумулируются в веществе растений, расходуются на построение тела и жизненные процессы как их самих, так и организмов — **консументов**. Продукты разложения органического вещества почвенной микрофлорой и мезофауной (бактерии, грибы, моллюски, черви, насекомые, простейшие и др.) вновь разлагаются до минеральных компонентов, вновь доступных растениям и поэтому вовлекаемых ими в поток вещества.

Круговорот того или иного химического вещества из неорганической среды через растительные и животные организмы и обратно в неорганическую среду с использованием энергии Солнца и химических реакций называется биогеохимическим циклом. Биохимический цикл является частью биологического круговорота.

**Биогеохимические круговороты** в биосфере подразделяют на: 1) круговороты газового типа с резервным фондом веществ в атмосфере или гидросфере (азота, кислорода, диоксида углерода, водяных паров) и 2) круговороты осадочного типа с менее обширными резервуарами в земной коре (фосфора, кальция, железа).

Так как Земля есть конечное физическое тело, то любые химические элементы (в чистом виде или в виде соединений) также физически конечны. За миллионы лет их ассимиляции фотосинтетиками, т. е. превращения в более сложные вещества, они должны, казалось

бы, быть давно исчерпанными, полностью связанными в мертвой органике, превратиться в косную материю. Однако этого не происходит.

Из-за геологических изменений лика Земли часть вещества биосферы может исключаться из этого круговорота. Например, такие биогенные осадки, как каменный уголь, нефть на многие тысячелетия консервируются в толще земной коры, но в принципе не исключено их повторное включение в биосферный круговорот.

Горные породы подвергаются разрушению, выветриванию, а продукты выветривания, в т. ч. растворимые в воде питательные вещества, сносятся потоками воды в Мировой океан. Здесь они образуют морские напластования и лишь частично возвращаются на сушу с осадками, с извлеченными человеком из воды организмами. Крупные, но медленно протекающие геотектонические изменения (опускание материков и поднятие морского дна, перемещение морей и океанов) приводят к тому, что эти напластования возвращаются на сушу, и процесс повторяется. Границы геологического круговорота значительно шире границ биосферы, его амплитуда захватывает слои земной коры далеко за пределами биосферы. И, самое главное, — в процессах указанного круговорота живые организмы играют второстепенную роль.

Напротив, **биологический круговорот** вещества проходит в границах обитаемой биосферы и воплощает в себе уникальные свойства живого вещества планеты. Будучи частью большого, малый круговорот осуществляется на уровне биогеоценоза, он заключается в том, что питательные вещества почвы, вода, углерод аккумулируются в веществе растений, расходуются на построение тела и жизненные процессы как их самих, так и организмов — консументов. Продукты разложения органического вещества почвенной микрофлорой и мезофауной (бактерии, грибы, моллюски, черви, насекомые, простейшие и др.) вновь разлагаются до минеральных компонентов, опять-таки доступных растениям и поэтому вновь вовлекаемых ими в поток вещества.

**Круговорот воды.** Постоянный перенос воды происходит с одного места в другое в масштабе всей планеты, главным образом между океаном и сушей. Он осуществляется в основном непосредственно за счет энергии Солнца, однако живые организмы оказывают на него важное регулирующее воздействие. В процессе переноса воды часто происходит изменение агрегатного состояния последней (превращение жидкой воды в твердую, парообразную и наоборот), что позволяет поддерживать равновесие между суммарным испарением и выпадением осадков на планете.

Испаряясь, вода с содержащимися в ней некоторыми веществами воздушными течениями переносится на десятки, сотни и тысячи километров. Выпадая в виде осадков, она способствует разрушению горных пород, делает их минералы доступными для растений и микроорганизмов, размывает верхний почвенный слой, после чего уходит вместе с растворенными частицами в океаны и моря. Подсчитано, что с поверхности Земли только за 1 мин испаряется около одного млрд т воды и столько же выпадает обратно в виде осадков.

Общий объем воды, поступающей из атмосферы на поверхность Земли, составляет за год около 500 тыс. км<sup>3</sup>, и таково же количество испаряющейся воды. С поверхности Мирового океана испаряется воды больше (448 тыс. км<sup>3</sup>), чем выпадает осадков (441 тыс. км<sup>3</sup>). Разница восполняется стоком речных вод. «Лишняя» испарившаяся вода переносится с атмосферными потоками, выпадает в виде осадков над сушей и поступает обратно в океаны с поверхностным стоком и через грунтовые воды.

Вода, доступная для наземных организмов, составляет всего около сотой доли процента от ее общего количества.

**Круговорот азота.** Хотя атмосфера содержит огромный запас азота ( $3,8 \cdot 10^{15}$  т), Мировой океан —  $2 \cdot 10^{13}$  т, однако атмосферный азот в форме N<sub>2</sub> не может быть напрямую использован большинством живых организмов.

При осуществлении круговорота соединений азота главную роль играют микроорганизмы: азотфиксаторы, нитрификаторы, денитрификаторы, которые способствуют биологической фиксации азота воздуха, т. е. переводят его в усвояемую для живых организмов форму.

Возвращение азота в атмосферу происходит вследствие денитрификации, которая осуществляется как при участии бактерий, так и в ходе химических реакций без участия организмов. Другие этапы круговорота также во многом зависят от деятельности бактерий, которые переводят азот из одних форм в другие. Важнейший из этапов — разложение тел отмерших организмов, в результате чего восполняется фонд неорганических соединений азота, доступных для использования растениями.

**Круговорот кислорода** является планетарным процессом, связывающим атмосферу и гидросферу с земной корой. Основными звеньями его являются: образование свободного кислорода при фотосинтезе, последующие затраты на дыхание, протекание реакций окисления органических остатков и неорганических веществ (например, сжигание топлива) и других химических преобразований.

Они способствуют образованию таких окисленных соединений, как диоксид углерода, вода, после чего указанные вещества вовлекаются в новый цикл фотосинтетических превращений. Подсчитано, что весь кислород атмосферы проходит через живое вещество Земли за 2 тыс. лет.

Круговорот кислорода есть ярко выраженная активная геохимическая деятельность живого вещества, его ведущая роль в этом циклическом процессе. Ежегодное продуцирование кислорода зеленой растительностью планеты составляет около  $300 \cdot 10^9$  т. При этом почти  $3/4$  этого количества выделяется растительностью суши и лишь немногим более четверти — фотосинтезирующими организмами Мирового океана. Кислорода в газовой оболочке Земли около  $1,2 \cdot 10^{15}$  т; подсчитано, что такое количество фотосинтезирующие организмы могли бы выработать за 4 тыс. лет.

Помимо вышеупомянутых основных элементов, которые принимают участие в биологическом круговороте веществ, важную роль играют также калий, фосфор, сера, натрий и некоторые другие элементы, входящие в состав питания растений. В той или иной степени все элементы таблицы Д. И. Менделеева вовлечены в биологический круговорот.

Следует в то же время уточнить, что термин «круговорот веществ» употребляется в переносном смысле. Истинный круговорот совершают элементы: углерод, кислород, водород, азот и др. На каждом этапе круговорота они входят в состав различных соединений — простых (вода) или сложнейших (живой белок), а иногда выступают и в свободном состоянии. Поэтому более точно было бы говорить о **круговороте элементов**, а не о круговороте веществ.

**Круговорот углерода.** Одним из важнейших является круговорот углерода.

На рис. 2.2 приведен для примера круговорот углерода.

Диоксид углерода атмосферы ассимилируется наземными растениями в ходе фотосинтеза и включается в состав органических веществ. В процессе дыхания растений, животных и микроорганизмов углерод, содержащийся в организме, вновь переходит в атмосферу в виде  $\text{CO}_2$ . Эти два процесса почти полностью уравновешены: лишь около 1% углерода, усвоенного растениями, откладывается в виде торфа и удаляется из круговорота. Всего за 7–8 лет живые организмы пропускают через свои тела весь углерод, содержащийся в атмосфере. Подсчитано, что все зеленые растения Земли ежегодно извлекают из атмосферы до 300 млрд т диоксида углерода (86 млрд т углерода).

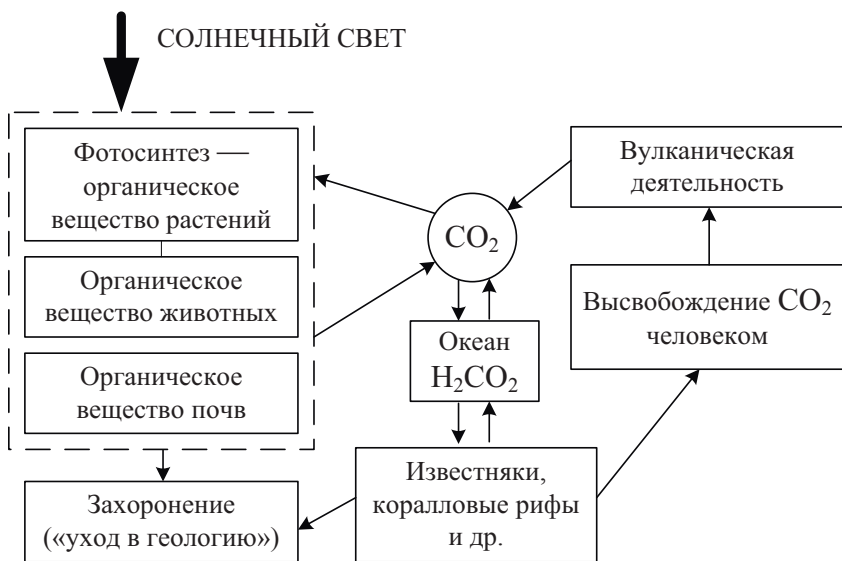


Рис. 2.2. Круговорот углерода

**Круговорот фосфора.** История «путешествий» фосфора на Земле, или, как говорят ученые-геохимики, его миграция очень интересна и поучительна. Атомы фосфора, как и всех других элементов, постоянно участвуют в великом природном круговороте веществ.

Фосфор (P) — относительно редкий элемент. По данным академика А. Е. Ферсмана, его весовой кларк (процентное содержание элемента в земле) равен всего 0,12%. В таблице распространенности химических элементов в земной коре он стоит на 13-м месте вслед за углеродом и хлором, перед серой. К тому же фосфор — элемент, редко накапливающийся в больших количествах, и потому его относят к числу рассеянных.

В свободном виде в природе по причине своей очень сильной окисляемости он не встречается, но входит в состав многих минералов (их насчитывается до 120) и множества органических веществ. Большинство минералов, содержащих фосфор, являются редкими. Наиболее важные минералы (природные фосфаты) — апатит, вивианит, а также осадочная горная порода фосфорит, состоящая из мелкокристаллического или аморфного фосфата кальция с примесью некоторых других веществ.



Несмотря на свою малую распространенность и разбросанность, фосфор, однако, имеет исключительно важное значение в жизни растительных и животных организмов. Он входит в состав большинства растительных и животных белков и протоплазмы. Фосфор — биогенный элемент. Академик Ферсман называл фосфор элементом жизни и мысли.

Источником всех фосфорных соединений в природе следует признать апатит — фосфат кальция, содержащий переменное количество фтора и хлора. В зависимости от преобладания в апатите фтора или хлора образуются минералы фторапатит  $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$  или хлорапатит  $\text{Ca}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3$ . Они содержат от 5 до 36%  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

В изверженных породах обычно всегда есть мелкие кристаллики апатита. Главнейшие его запасы находятся в зоне магмы, но он встречается и в тех местах, где изверженные породы образуют контакт с осадочными. Значительные запасы апатитов имеются в Норвегии и Бразилии. Подлинно мировое месторождение апатитов находится в России, на Кольском полуострове, в Хибинах, где оно было открыто в 1925 г.

Под влиянием жизнедеятельности микроорганизмов, почвенных кислот, а также кислот, выделяемых корнями растений, апатиты постепенно подвергаются выветриванию и вовлекаются в биохимический круговорот, который в отличие от круговорота азота, углерода, кислорода и серы ограничивается лишь био-, гидро- и литосферой и не захватывает атмосферы.

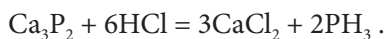
Растениями фосфор поглощается только из растворенных фосфатов в виде анионов фосфорной кислоты. Поэтому питание фосфором растений возможно лишь при наличии в почвенном растворе солей фосфорной кислоты, например  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  и др. Скапливается он главным образом в продуктовых частях — семенах, плодах. Наиболее богаты фосфором бобовые растения, а бедны им овощи. Из растений фосфор вместе с пищей попадает в организм животных и человека.

В теле человека имеется свыше 1,5 кг фосфора (1,4 кг в костях, 130 г в мышечных и 12 г в нервных тканях). Ежедневная потребность взрослого человека в фосфоре от 1 до 1,2 г. Дети больше нуждаются в фосфоре, чем взрослые. По подсчетам ученых, с каждым куском хлеба весом 100 г человек поглощает до  $10^{22}$  атомов фосфора, т. е. такое астрономическое число, которое не только невозможно представить, но даже и выразить обычными словами. Больше всего его содержится в костях (свыше 5%). Твердость скелету придает кальцие-

вая соль фосфорной кислоты. Очень много фосфора в зубах (в дентине — 13%, а в зубной эмали — 17%). При недостатке фосфора у животных появляется заболевание костей.

Физиологические процессы, протекающие в животном организме, постоянно связаны с химическими превращениями фосфорсодержащих веществ (расщепление их в пищеварительных органах, синтез новых фосфорсодержащих органических соединений). Сложным изменениям подвергаются и минеральные фосфорные соединения в крови и печени.

При разложении богатых фосфором органических соединений могут образоваться газообразные и жидкие вещества. В частности, аналогично аммиаку может образоваться очень ядовитый бесцветный с чесночным запахом газ — фосфористый водород, или фосфин,  $\text{PH}_3$ . Этот газ можно получить в лаборатории при кипячении белого фосфора с едким кали или при действии соляной кислотой на фосфид кальция:



Одновременно с фосфином при этой реакции часто образуется в небольшом количестве жидкий продукт соединения фосфора с водородом — дифосфин  $\text{P}_2\text{H}_4$ , пары которого сами собой воспламеняются при обычной температуре и поджигают газообразный фосфин.

Подобного рода процессы происходят и в природе, являясь причиной появления так называемых «блуждающих огней» на кладбищах. Вспышки фосфина днем, конечно, не бывают видны, но ночью они вызывают суеверный страх у многих людей, которые незнакомы с научным объяснением этого явления. Описание «блуждающих огней» дано в «Вечерах на хуторе близ Диканьки» Н. В. Гоголем в рассказе «Заколдованное место».

Жидкий дифосфин, выделяясь на болотах вместе с метаном, поджигает последний, и тогда возникает новое «чудо» — блуждающие болотные огни.

Роль подобных процессов в природе относительно незначительна. Наоборот, образование различного рода фосфатов происходит в очень больших масштабах.

Существует несколько объяснений, как могли образоваться громадные накопления фосфатов органического происхождения, поскольку причины, вызывающие этот процесс, различны.

Богатый фосфором птичий помет, известный под названием гуано, в условиях сухого климата скапливается иногда в огромных коли-

чествах. Так, например, на островах Тихого океана, в Чили и Перу имеются огромные толщи гуано (до 100 м). Гуано — одно из самых эффективных удобрений. Оно содержит до 9% азота и 3% фосфорной кислоты.

Большие скопления помета имеются и в пещерах, где обитают летучие мыши. В процессе различных химических превращений эти вещества постепенно образуют различные минералы (алюмофосфаты, монофосфаты и др.). Образование залежей подобных соединений может произойти и в результате различных геологических катастроф, приводящих к массовой гибели животного мира.

Значительным признанием пользуется так называемая биолитная гипотеза происхождения фосфоритов. Согласно ей их залежи могли образоваться в результате массовой гибели морской фауны при встрече теплого морского течения с холодным: быстрая смена температуры оказывает одинаково губительное влияние на животных, населяющих воды того и другого течения и не приспособившихся к быстрой смене условий. Гибель животного мира может происходить и при встрече течений с различной степенью содержания солей в их водах, например в дельтах больших рек, впадающих в моря и океаны.

В 1934 г. русский ученый А. В. Казаков опубликовал химическую гипотезу происхождения фосфоритов в морских водах. По этой гипотезе фосфаты, растворенные в морской воде, начинают осаждаться, когда из глубин моря они выносятся на его поверхность. Происходит это вследствие уменьшения кислотности воды (в связи с удалением части углекислоты); растворимость фосфатов в этой среде уменьшается, и тогда избыток их выпадает на дно. Так и образовались мощные залежи фосфоритов, оказывающиеся затем на суше вследствие геологических катастроф или постепенного поднятия морского дна.

Фосфоритовые залежи есть во многих странах. Наиболее известны месторождения в Северной Африке (Египет, Тунис, Алжир, Марокко), в США (Флорида). В России месторождения фосфоритов распространены на Урале, в Поволжье, Московской, Кировской, Смоленской, Брянской, Ленинградской и других областях.

В процесс круговорота фосфора, как и в природный круговорот других элементов (кислорода, азота, серы, калия, кальция, алюминия, железа и др.), энергично вмешивается человек. Фосфор нужен человеку для многих целей: большое количество его поглощает спичечная отрасль промышленности. Лучшие сорта нержавеющей стали получают благодаря процессу фосфатирования — покрытия тонким слоем фосфатов, стойких против атмосферной коррозии. Аналогич-

ной обработке часто подвергаются изделия из цинка, алюминия и их сплавов. Соединения фосфора идут на изготовление многих лекарственных веществ.

Главный же потребитель фосфатов — сельское хозяйство. Со времени химика Ю. Либиха земледельцы, поняв значение фосфора для повышения урожая культурных растений, начали отыскивать природные фосфаты (апатиты, фосфориты), превращать их механическим или чаще всего химическим путем в удобрения и вносить в почву.

Надо заметить, что в 100 кг пшеницы находится около 1 кг фосфора (в виде  $P_2O_5$ ). Столько же фосфора содержится в 200 кг сена, 300 кг соломы, 1500 кг зеленых кормов. Можно себе представить, какие громадные количества фосфора уносятся с наших полей вместе с урожаем. Часть его, конечно, возвращается в почву, но фосфор, например, содержащийся в продуктовых частях растений, идущих на промышленную переработку, пропадает. Не обладая бесконечными запасами фосфора, почва вследствие этого процесса постепенно истощается, что приводит к сильному снижению урожая и необходимости восполнения потери фосфора. Культурные растения в большинстве случаев очень благоприятно отзываются на внесение в почву фосфорных удобрений в легкоусвояемой форме.

Фосфорное удобрение получается также в качестве побочного продукта при переработке богатого фосфором чугуна в сталь при томасовском процессе. Если «грушу», в которой получается сталь по методу Г. Бессемера, выстлать внутри известковой футеровкой, то известь поглотит фосфор из расплавленного чугуна. В этом и состоит сущность предложенного англичанином С. Дж. Томасом процесса, при котором сразу достигаются две цели: получение доброкачественной стали и ценного удобрения. Последнее достигается путем размазывания поглотившей фосфор известковой футеровки. Получаемый таким путем сухой темно-серый порошок, называемый томасшлаком, содержит от 11 до 24%  $P_2O_5$  и является высокоэффективным удобрением, особенно на кислых почвах.

Главнейшие процессы, характеризующие **круговорот фосфора** в природе, изображены на рис. 2.4. Лучшим объяснением этого рисунка могут служить следующие слова знаменитого русского геолога и минералога, профессора Я. В. Самойлова, которому принадлежит большая заслуга в деле изучения фосфоритов: «Фосфор наших фосфоритовых месторождений — биохимического происхождения. Из апатита — минерала, в котором первоначально заключен почти целиком весь фосфор литосферы, элемент этот переходит в тело растений,

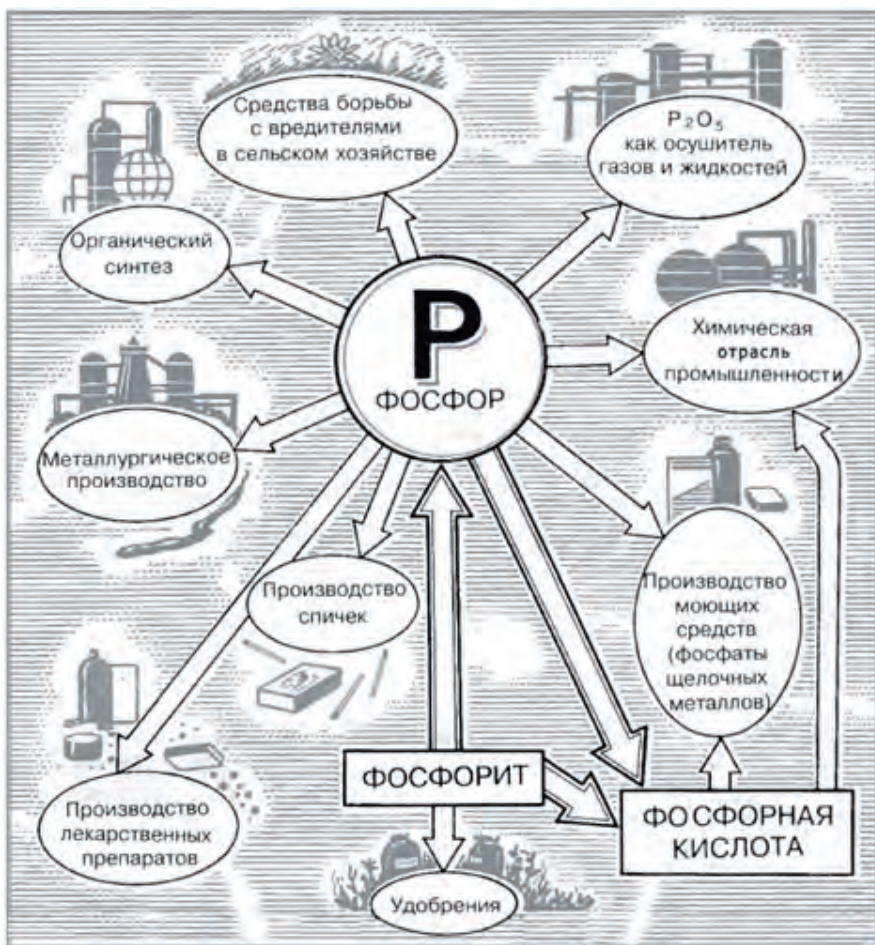


Рис. 2.3. Некоторые области применения фосфора и его соединений

из растений — в тело животных, которые являются истинными концентраторами фосфора. Пройдя через ряд животных тел, фосфор, наконец, выпадает из биохимического цикла и вновь возвращается в мир минеральный. При определенных физико-географических условиях в море происходят массовая гибель животных организмов и скопление их тел на дне морском, а скопления эти приводят к образованию фосфоритовых месторождений в осадочных отложениях. На-

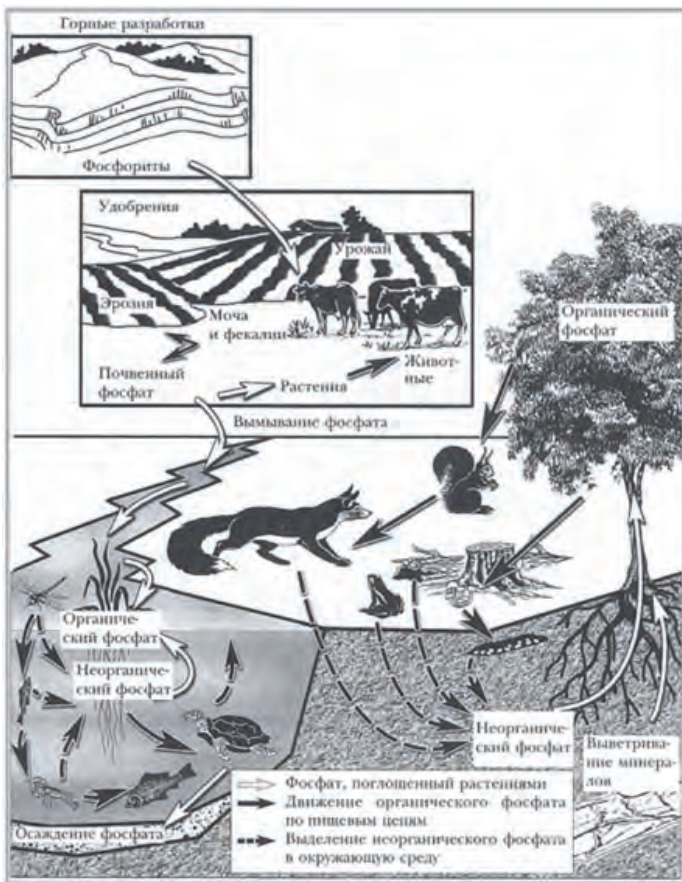
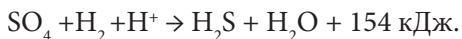


Рис. 2.4. Круговорот фосфора в природе

ши фосфориты — биолиты, и если бы можно было шаг за шагом повернуть весь ход испытанных нашими фосфоритами перемещений в обратную сторону, то образцы, заполняющие наши музеи, зашевелились бы...».

Таков круговорот и значение фосфора в природе. Крайне ядовитое и реакционно способное вещество (в одной из его аллотропных форм — белом или желтом фосфоре) в своих соединениях является существенно необходимым элементом растительной и животной жизни.

**Круговорот серы.** На планете существуют организмы, которые, создавая органические вещества пищи, обходятся без солнечной энергии. Вероятно, первыми легкодоступными источниками энергии для древних анаэробных бактерий были окислительно-восстановительные процессы с участием соединений серы. Экзотический процесс, например, катализируют серобактерии, получая энергию при восстановлении сульфатов с помощью водорода:



Благодаря этому процессу в толщах морей и океанов формируются слои, содержащие сероводород в высоких концентрациях. Так, например, в Черном море «сероводородные» воды занимают около 90% объема моря. Получающийся сероводород выходит на поверхность в газообразном состоянии или растворяется в подземных водах. Подобные «серные» источники есть в Пятигорске, Мацесте, Тбилиси и в других местах.

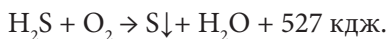
**Бактериальные микроорганизмы,** участвующие в движении серы могут приносить как пользу, так и вред. Установлено, что эти организмы разрушают места, не устойчивые к воздействию сероводорода. Подсчитано, что 50% ущерба от коррозии подземных трубопроводов вызвано активной жизнедеятельностью этих бактерий. В то же время серосодержащие бактерии играют существенную роль на первом этапе геологического процесса образования месторождений серы и сульфидных руд. В ходе круговорота серы может образовываться серная кислота, которая, взаимодействуя с различными солями почвы и воды, переводит их в сульфаты:



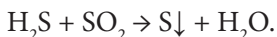
Так образуются различные минералы, содержащие серу. Процесс восстановления сульфатов в сероводород протекает в меньшей степени. Залежи сульфатов в результате геологических смещений могут попасть в более глубокие слои Земли, где при высокой температуре реагируют с органическими веществами:



Первичное накопление сероводорода протекало в рамках анаэробных процессов. В атмосфере кислорода сероводород легко окисляется до свободной серы или оксида серы (IV):



В вулканических газах:

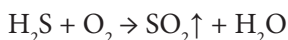


Избытком кислорода воздуха в водоемах сера переводится в серную кислоту:



Этот процесс осуществляют специальные микроорганизмы.

В воздухе среднее время жизни сероводорода около 2 суток. Сероводород — сильный восстановитель, поэтому он не накапливается в воздухе. Образующийся при окислении оксид серы (VI)



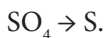
приводит к образованию аэрозолей и кислотных дождей. Время жизни  $\text{SO}_2$  в атмосфере составляет 4 суток. Основной вред окружающей среде наносит не столько сам оксид серы (VI), сколько продукт его окисления — оксид серы (IV)  $\text{SO}_3$ . Он растворяется в каплях воды с образованием серной кислоты:



Образование в атмосферной влаге серной кислоты приводит к выпадению кислотных дождей. Из-за этого увеличивается кислотность пресных водоемов, что приводит к гибели рыб и других водных организмов. Под действием кислотных дождей ускоренно корродируют металлоконструкции, разрушаются здания и памятники архитектуры. В кислой среде возрастает растворимость гидроксида алюминия. Избыток ионов алюминия в воде токсичен для рыб, к тому же алюминий связывает фосфаты, что приводит к снижению питательных запасов в водоеме. Это создает опасность токсического загрязнения водных и почвенных экосистем. **Кислотные дожди** приводят к гибели растений, особенно хвойных пород. При закислении почв происходит выщелачивание кальция, магния и калия, возрастает подвижность токсичных металлов, меняется состав почвенных микроорганизмов.



При ассимиляции часть серы усваивается и фиксируется в организме:



Сера входит в состав трех аминокислот — метионина, цистеина и цистина; белков, алкалоидов, витамина В<sub>1</sub> (тиамина), гормона инсулина. Она играет основную роль в образовании четвертичной структуры белков. Входит в состав хрящевой ткани, волос, ногтей. При недостатке серы в организме наблюдается хрупкость костей и выпадение волос. Сера необходима для обезвреживания в печени ядовитых веществ, поступающих из толстого кишечника в результате гниения. В сутки человеку необходимо около 1 г серы и это удовлетворяется обычным рационом питания. Содержание серы в пищевых продуктах пропорционально содержанию в них белков. Серой богаты бобовые растения (горох, фасоль), овсяные хлопья, пшеница, яйца, мясо, рыба и молоко. Большая часть серы поступает в организм в составе аминокислот, а выводится в основном с мочой в виде сульфат-иона. Аллицин — едкое соединение серы, выделяемое чесноком, — губительно влияет на бактерии, предотвращает раковые заболевания, замедляет старение и предохраняет от сердечных заболеваний. А среди растений уникальной способностью поглощать из почвы и накапливать серу обладают тысячелистник, корень хрена, горчица.

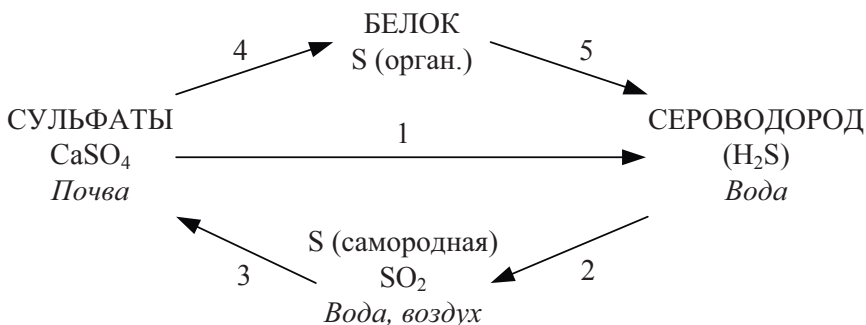


Рис. 2.5. Круговорот серы в природе

1 — анаэробное восстановление; 2 — аэробное окисление;  
3 — анаэробное окисление; 4 — ассимиляция; 5 — минерализация

В организме человека сероводород образуется в нижнем отделе кишечника в процессе распада серосодержащих аминокислот при дей-

ствии микроорганизмов, после смерти организма или в процессе кулинарной обработки. Он имеет характерный запах тухлых яиц. Важно, что человек довольно быстро теряет способность ощущать запах сероводорода; это очень опасно, так как сероводород более ядовит, чем цианистый водород. В очень небольших концентрациях — приятный запах свежесваренных яиц; сероводород, действительно, образуется при разложении богатых серой молекул белка яичного альбумина. Другим признаком присутствия сероводорода является светло-желтая окраска на границе, разделяющей белок и желток вареного яйца; она обусловлена сульфидом железа (II), образующимся при взаимодействии сероводорода и железосодержащими белками желтка.

### 3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ

В самом общем виде в качестве одной из основных системных угроз безопасности России, жизненно важным интересам ее граждан можно рассматривать — обострение экологической ситуации в стране в результате усиления техногенного воздействия на окружающую среду и снижения качества продуктов питания, приближение к критическому уровню состояния земельных угодий и водоемов России.

В системе национальной безопасности России **экологическая безопасность** стала исключительно важным и необходимым компонентом. Это обусловлено тем, что ущерб для России по экологически вредному воздействию составляет многие миллиарды рублей и продолжает расти с каждым годом.

В ст. 1 Закона РФ «О безопасности» сказано, что безопасность — это состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз политического, экономического, социального, технологического, экологического, информационного и иного характера. Поэтому экологическую безопасность следует понимать, как состояние защищенности жизненно важных экологических интересов человека, прежде всего его прав на чистую, здоровую, благоприятную для жизни окружающую среду. Она является составной частью устойчивого развития России,

обеспечение которого немыслимо без обеспечения ее национальной безопасности.

Одной из основных задач обеспечения экологической безопасности является защита окружающей природной среды от негативного воздействия опасных и вредных экологических факторов.

Другой, не менее важной задачей является защита населения от негативного воздействия природных объектов, естественные свойства которых изменены путем физического, химического или биологического загрязнения в результате различных видов деятельности. Загрязнение природной среды может происходить как при штатном (нормальном) функционировании объектов различного назначения, так и при возникновении техногенных аварий, катастроф, природных явлений и стихийных бедствий, а также в результате преднамеренного воздействия на окружающую природную среду.

В настоящее время система мер по обеспечению безопасности России определяется исходя из основных положений «Концепции национальной безопасности Российской Федерации». Это «система взглядов на обеспечение в Российской Федерации безопасности личности, общества и государства от внешних и внутренних угроз во всех сферах жизнедеятельности. В этой Концепции сформулированы важнейшие направления государственной политики Российской Федерации».

В Концепции дано современное официальное определение национальной безопасности России: «...безопасность ее многонационального народа как носителя суверенитета и единственного источника власти в Российской Федерации».

Концепция представляет собой совокупность официально принятых взглядов на обеспечение в Российской Федерации безопасности личности, общества и государства от внешних и внутренних угроз во всех сферах жизнедеятельности. В ней сформулированы важнейшие направления государственной политики нашей страны.

12.05.2009 г. Указом Президента РФ № 537 утверждена «Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года». Восьмой параграф IV раздела носит название «Экология живых систем и рациональное природопользование». Экологическим проблемам посвящены статьи 85–88.

«85. Стратегическими целями обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования являются:

сохранение окружающей природной среды и обеспечение ее защиты;

ликвидация экологических последствий хозяйственной деятельности в условиях возрастающей экономической активности и глобальных изменений климата.

86. На состояние национальной безопасности в экологической сфере негативное воздействие оказывают истощение мировых запасов минерально-сырьевых, водных и биологических ресурсов, а также наличие в Российской Федерации экологически неблагоприятных регионов.

87. Состояние национальной безопасности в сфере экологии усугубляется сохранением значительного количества опасных производств, деятельность которых ведет к нарушению экологического баланса, включая нарушение санитарно-эпидемиологических и (или) санитарно-гигиенических стандартов потребляемой населением страны питьевой воды, вне нормативного правового регулирования и надзора остаются радиоактивные отходы неядерного топливного цикла. Нарастает стратегический риск исчерпания запасов важнейших минерально-сырьевых ресурсов страны, падает добыча многих стратегически важных полезных ископаемых.

88. Для противодействия угрозам в сфере экологической безопасности и рационального природопользования силы обеспечения национальной безопасности во взаимодействии с институтами гражданского общества создают условия для внедрения экологически безопасных производств, поиска перспективных источников энергии, формирования и реализации государственной программы по созданию стратегических запасов минерально-сырьевых ресурсов, достаточных для обеспечения мобилизационных нужд Российской Федерации и гарантированного удовлетворения потребностей населения и экономики в водных и биологических ресурсах».

Среди потенциально опасных в экологическом отношении объектов атомные электростанции, заводы по производству ядерного топлива и оружия, предприятия химического комплекса, хранилища радиоактивных отходов, оружия массового поражения и горюче-смазочных материалов, взрывчатых веществ, крупнейшие плотины.

На этих объектах могут происходить аварии, приводящие к загрязнению окружающей среды, в т. ч. атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и подземных вод, растительного и животного мира. Однако вредное воздействие на окружающую среду оказывают не только экологически опасные объекты, но и все другие объекты, на которых эксплуатируется, хранится и утилизируется различная техника и оборудование, протекает жизнь и быт населения. Поэтому ос-

новой целью экологической безопасности является защита населения, предотвращение угрозы причинения вреда жизни, здоровью и имуществу граждан, а также окружающей среде.

Обоснованность и правильность решений по обеспечению эффективной управленческой деятельности и требуемых функциональных качеств определяется во многом экологической обстановкой в заданном районе.

**Экологическая обстановка** — это состояние экологической системы в определенный момент или интервал времени, характеризующее совокупностью процессов и явлений природного и антропогенного характера, воздействующих на компоненты окружающей среды.

Неблагополучная экологическая обстановка — это состояние окружающей среды, характеризующее совокупностью экологически неблагоприятных факторов, приводящих к снижению работоспособности и ухудшению здоровья населения.

Неблагополучная экологическая обстановка, усиление внимания международных экологических организаций к вопросам экологической безопасности, большие экономические потери, обусловленные штрафными санкциями органов экологического надзора, предопределяют необходимость комплексного, системного решения задач обеспечения экологической безопасности.

На государственном уровне разработан и принят Федеральный закон № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (2002 г.), определяющий правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающий сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранения благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности. На федеральном уровне в области обеспечения экологической безопасности осуществлено такое важное мероприятие как разработка «Экологической доктрины Российской Федерации».

Система обеспечения экологической безопасности деятельности включает мероприятия превентивного и оперативного характера. **Превентивные** (предупреждающие) **мероприятия** обеспечивают достижение требуемого уровня экологической безопасности. **Оперативные мероприятия** служат для поддержания режима экологической безопасности с учетом экологических нормативов, нормализации экологической обстановки, ликвидации экологических последствий

происшествий на экологически опасных объектах. В качестве основных оперативных мероприятий обеспечения экологической безопасности следует выделить: выявление и оценку экологической обстановки с использованием технических средств мониторинга; экологический контроль, экологическую рекогносцировку и паспортизацию в местах размещения экологически опасных объектов, своевременное оповещение властных органов о возникновении отрицательных экологических нагрузок.

В качестве основных принципов обеспечения экологической безопасности определены:

- рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, минимизация ущерба, наносимого окружающей среде в результате хозяйственной деятельности, в т. ч. при применении, эксплуатации и утилизации различных типов техники и экологически опасных объектов;
- приоритет охраны жизненно важных интересов населения от негативного воздействия окружающей среды, обеспечение благоприятных экологических условий для труда и отдыха при условии определения и реализации оптимального соотношения хозяйственных интересов и экологических требований;
- адекватность, оперативность и скоординированность реагирования на вредные экологические последствия ЧС природного и техногенного характера;
- научно-методическая обоснованность, преемственность, плановость, непрерывность и эффективность обеспечения экологической безопасности.

Основными направлениями обеспечения экологической безопасности являются:

- планирование и практическое осуществление мероприятий по обеспечению экологической безопасности, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, внедрению ресурсов и энергосберегающих технологий;
- контроль по обеспечению экологической безопасности, участие в осуществлении государственного экологического контроля на особо важных и особо режимных объектах;
- постоянное совершенствование структуры и повышение эффективности деятельности по обеспечению экологической безопасности деятельности;
- разработка и внедрение новых средств оценки экологической обстановки, технологий сохранения и восстановления окружающей среды, а также методов их реализации;

- проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке нормативов, методик и средств обеспечения экологической безопасности, технологий предотвращения и ликвидации негативных последствий хозяйственной деятельности на окружающую среду;
- закупка и поставка образцов и комплексов средств обеспечения экологической безопасности;
- формирование и развитие функциональной системы предупреждения и ликвидации ЧС природно-техногенного характера;
- совершенствование учета состояния и нормирования качества окружающей среды, ведения регистровой и кадастровой документации, ведомственной отчетности и государственной статистической отчетности по вопросам экологической безопасности;
- разработка нормативов, государственных и отраслевых стандартов, нормативных и правовых документов по обеспечению экологической безопасности;
- совершенствование системы подготовки специалистов по обеспечению экологической безопасности;
- обеспечение эффективного взаимодействия со специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей среды по вопросам экологического контроля на экологически опасных объектах и вблизи них;
- совершенствование взаимодействия федеральных, региональных и местных органов исполнительной власти с общественными, зарубежными и международными природоохранными органами и организациями в решении задач обеспечения экологической безопасности хозяйственной деятельности;
- развитие международного сотрудничества с экологическими структурами государств-участников Содружества Независимых Государств и других зарубежных стран.

## **4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОСТИ**

Строго научная теория, воплощенная в системе понятий или исходная концептуальная схема, господствующая в течение определенного исторического периода в научном обществе, называется парадигмой (от *греч.* *paradeigma* — пример, образец).

нина, предпринимателя и предприятия до государства и международного сообщества).

Объектом управления в рассматриваемой системе выступают собственно природные объекты и ресурсы, а их специфика определяют формирование управляющей и управляемой подсистем. В качестве критериев оценки адекватности систем управления на той или иной территории являются параметры природной среды, характеризующие условия экологической безопасности данной территории.

Управление в сфере обеспечения безопасности окружающей среды осуществляется по многоуровневой иерархии. Это прежде всего межгосударственное управление, осуществляемое на основе международных договоров и конвенций. Государственное управление осуществляется на федеральном уровне, региональное управление — находится как в совместном ведении государственных и региональных органов власти, так и в ведении региональных и местных органов власти субъектов федерации и, наконец, управление, которое осуществляют непосредственно предприниматели и граждане.

## **24.1. Информационные технологии в управлении средой обитания**

Информационная технология (ИТ) — это совокупность методов, производственных процессов и программно-технических средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, обработку, хранение, распространение (транспортировку) и отображение информации с целью снижения трудоемкости процессов использования технологического ресурса, а также повышения их надежности и оперативности.

Сегодня внедрение ИТ весьма актуально. Из всех видов технологий ИТ сферы управления предъявляют самые высокие требования к человеческому фактору, оказывая принципиальное влияние на квалификацию работника, содержание его труда, физическую и умственную нагрузку, профессиональные перспективы и уровень социальных отношений.

С появлением персональных компьютеров (ПК) на «гребне микро-процессорной революции» происходит принципиальная модернизация автоматизированных систем управления (АСУ) — от вычислительных центров и централизации управления к распределенному вычислительному потенциалу, повышению однородности техноло-



гии обработки информации и децентрализации управления. Такой подход нашел свое воплощение в системах поддержки принятия решения (СППР) и экспертных системах (ЭС), которые характеризуют новый этап компьютеризации.

Системность — основной признак СППР и признание того, что самая совершенная ЭВМ не может заменить человека.

Оценка состояния и качества ОС в городе и промышленных зонах производится по множеству показателей, отражающих в той или иной степени ее пригодность для проживания человека и его трудовой деятельности. Обычно эти показатели формируются по средам: земля, вода, атмосфера. Повышение экологической напряженности в вышеназванных зонах требует более тщательных и массовых наблюдений за состоянием городской среды и социально-демографическими факторами.

Необходимо более активно внедрять ИТ по контролю за параметрами ОС и эффективному управлению природопользованием. Очень часто оценка воздействия человека на ОС в городах и промышленных зонах при реализации сложных и крупномасштабных проектов требует привлечения большого числа специалистов-экологов, инженеров, экономистов, социологов и др., причем каждая из указанных групп, как правило, решает свои специфические задачи.

На завершающем этапе, когда требуется обобщить все суждения, междисциплинарная разобщенность в значительной степени затрудняет принятие окончательного решения. В этих условиях организаторам производства, авторам проектов, принимающим решения по различным вопросам, связанным с эксплуатацией природных ресурсов, загрязнением среды обитания, приходят на помощь информационные системы (СППР, ЭС), которые могут сыграть большую роль в обеспечении экологической безопасности больших городов и промышленных зон.

Информацию, собранную непосредственно с помощью каких-либо средств, можно определить как первичную. Обычно ее характеристики полностью зависят от особенностей средств сбора или измерения, от принципов их организации и т. д.

Поступив в систему обработки, первичная информация тем или иным образом преобразуется. В общем виде задача обработки первичной информации сводится к выявлению в той или иной форме отношений между переменными с целью получения эмпирических зависимостей, которые представляют собой вторичную информацию.

Наконец, информация переходит в блок подготовки ее для конечного потребления. Информация оценивается с позиций статистиче-

ских гипотез или риска и представляет собой продукт локальной информационной системы. Она может быть определена как третичная. В таком виде информация может быть использована для практических решений.

Для хранения, обработки первичной и вторичной информации, для трактовки полученных после обработки результатов существует несколько типов информационных систем, которые находят широкое применение в управлении охраной ОС.

Это различные базы данных (БД), математические модели (ММ), геоинформационные системы (ГИС), ЭС, представляющие собой системы искусственного интеллекта.

Геоинформационные системы можно рассматривать как информационную основу для изучения природных особенностей региона и как инструмент исследования динамики или прогноза явлений и процессов.

В качестве одного из наиболее перспективных путей использования ГИС предполагается их включение в получающие все более широкое распространение системы обеспечения принятия решений, что представляет собой следующий шаг к созданию ЭС — систем управления использованием природных ресурсов с элементами искусственного интеллекта.

Особенность ЭС заключается в том, что они работают не только с массивами данных, но и со знаниями. ЭС состоит из набора правил, которые не выполняются последовательно, а срабатывают только тогда, когда выполняются соответствующие условия.

Уже в скором времени различные типы информационных систем прочно займут свое место при оценке антропогенного воздействия на среду обитания, обеспечивая экологическую безопасность человека.

## **24.2. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды и устойчивое развитие**

Рассмотрим кратко состояние права окружающей среды в некоторых государствах — ближайших соседях России и в экономически развитых государствах.

1. Право окружающей среды стран — членов СНГ и других государств Центральной и Восточной Европы.

Как и в Российской Федерации, законодательство об ОС в государствах — бывших республиках СССР находится в стадии формирования. Ими приняты новые конституции и законы в сфере взаимо-

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интенсивное загрязнение окружающей среды и ее деградация (разрушение) приводят к отрицательному влиянию на флору и фауну планеты, а также на здоровье человека. Требуется всесторонняя охрана окружающей среды повсеместно и на международном уровне. В противном случае последующим поколениям достанется разрушенная природа. Появляются новые задачи по сохранению окружающей природной среды. Вопрос стоит так: либо человечество сумеет перейти на новую прогрессивную стратегию устойчивого развития и оно сохранится на планете, либо оно само себя уничтожит, в т. ч. и из-за загрязнения окружающей природной среды.

Кроме интенсивного загрязнения воды и воздуха различными жидкими и газообразными веществами, на поверхности суши скапливаются миллиарды тонн твердых бытовых отходов. С их утилизацией и уничтожением не справляются современные технологии.

Урбанизация планеты приводит к уменьшению сельскохозяйственных угодий, к ликвидации многих видов растений, рыб и животных. В итоге нарушается непрерывная цепь превращений и переходов энергии и круговорот веществ в природе. В результате процессы на планете даже в глобальном масштабе нельзя сказать, что в них используются безотходные технологии.

С большим трудом удастся сохранить недеградированные экосистемы и естественно девственные районы, поскольку различные загрязнения с воздушными течениями и водотоками попадают в них из соседних загрязненных регионов. Этому способствуют кислотные и радиоактивные осадки.

Задача современного поколения в первой четверти XXI столетия заключается в том, чтобы коренным образом изменить отношение человека к природе. В противном случае человечеству не избежать катастрофы. По мнению академика Н. И. Моисеева, во взаимоотношениях человечества и природы нельзя ни при каких условиях преступить определенной черты, иначе произойдут необратимые изменения в биосфере с самыми печальными последствиями для ее наиболее слабого элемента — человека.

Существует глубокое антагонистическое противоречие между защитой природы и современной индустриальной цивилизацией. Еще

неизвестно, к каким последствиям приведет наше обращение с природными богатствами.

Нам до сих пор не известно:

- ожидается ли потепление климата, о чем говорят метеорологи или будет похолодание, на чем настаивают астрономы;
- в чем причина возникновения озоновых «дыр», хотя в 1970-х гг. Нобелевская премия была присуждена за теорию, которая оказалась ошибочной;
- следует ли сокращать выброс  $\text{CO}_2$ , так как в истории Земли были периоды с более высоким содержанием  $\text{CO}_2$  (об этом свидетельствуют керны льда из Антарктиды). Кроме того, его интенсивно поглощает океан;
- как избежать кислотных и радиоактивных осадков?

Существуют и многие другие факторы, действие которых нам еще не известно и непонятно. У природы множество тайн. К окружающей природной среде необходимо относиться очень осторожно.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Акимова Т. В., Хаскин В. В.* Экология. Человек — экономика — биота — среда: учебник для студентов вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ЮНИТИ, 2001. 556 с. — Рекомендован Минобрнауки РФ в качестве учебника для студентов вузов.

2. *Акимова Т. В., Кузьмин А. П., Хаскин В. В.* Экология. Природа — Человек — Техника: учебник для студентов вузов / под общ. ред. А. П. Кузьмина. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 343 с. — Рекомендован Минобрнауки РФ в качестве учебника для студентов вузов.

3. *Акселевич В. И., Мазуров Г. И.* Использование вычислительной техники и информационных технологий в науках о Земле. СПб.: Инфо-да, 2010. 301 с.

4. *Бродский А. К.* Общая экология: учебник для студентов вузов. М.: ИЦ «Академия», 2006. 256 с. — Рекомендован Минобрнауки РФ в качестве учебника для бакалавров, магистров и студентов вузов.

5. *Володина Г. Б.* Экология: материалы для подготовки к тестированию. Терминологический словарь. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2010. 80 с.

6. *Воронков Н. А.* Экология: общая, социальная, прикладная: учебник для студентов вузов. М.: Агар, 2006. 424 с. — Рекомендован Минобрнауки РФ в качестве учебника для студентов вузов.

7. *Коробкин В. И., Передельский Л. В.* Экология: учебник для студентов вузов. 6-е изд., доп. и перераб. Ростов н/Д: Феникс, 2003. 575 с. — Рекомендовано Минобрнауки РФ в качестве учебника для студентов вузов.

8. *Коробкин В. И., Передельский Л. В.* Экология. Ростов н/Д: Феникс, 2007. 602 с.

9. *Молчанова Я. П., Заика Е. А., Бабкина Э. И.* [и др.]. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / под ред. Т. В. Гусева. М.: Форум: ИНФРА-М, 2010. 192 с.

10. *Николайкин Н. И., Николайкина Н. Е., Мелехова О. П.* Экорология: учебник для вузов. 2-е изд. М.: Дрофа, 2003. 624 с. — Рекомендован Минобрнауки РФ в качестве учебника для студентов технических вузов.

11. *Стадницкий Г. В., Родионов А. И.* Экология: учеб. пособие для вузов / под ред. В. А. Соловьева, Ю. А. Кротова. 4-е изд., испр. СПб.: Химия, 1997. 238 с. — Рекомендован Минобрнауки РФ в качестве учебника для студентов вузов.

12. Одум Ю. Экология: в 2 т. М.: Мир, 1986.
13. Протасов В. Ф. Экологические основы природопользования: учеб. пособие. М.: Альфа-М; ИНФРА-М, 2010. 304 с.
14. Тарасов В. В., Тихонова И. С., Кручинина Н. Е. Мониторинг атмосферного воздуха: учеб. пособие. М.: Форум, 2010. 128 с.
15. Трифонов К. И., Девисилов В. А. Физико-химические процессы в техносфере: учебник. М.: Форум: ИНФРА-М, 2010. 240 с.
16. Чернова Н. М., Былова А. М. Общая экология: учебник для студентов педагогических вузов. М.: Дрофа, 2004. 416 с. — Допущено Минобрнауки РФ в качестве учебника для студентов высших педагогических учебных заведений.
17. Экология: учебник / Л. И. Цветкова, М. И. Алексеев, Ф. В. Карамзинов [и др.]; под общ. ред. Л. И. Цветковой. М.: АСБВ; СПб.: Химиздат, 2001. 550 с.
18. Экология / под ред. проф. В. В. Денисова. Ростов-н/Д.: ИКЦ «МарТ», 2006. 768 с.
19. Якунина И. В., Попов Н. С. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. 176 с.
20. <http://www.iki.rssi.ru/earth/tes.pdf>.
21. [http://www.ocean.ru/index2.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=307&Itemid=78](http://www.ocean.ru/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=307&Itemid=78).
22. <http://www.infoeco.ru/index.php?id=339>.
23. [http://www.wmo.int/pages/publications/showcase/documents/WMO\\_1025\\_web\\_E.pdf](http://www.wmo.int/pages/publications/showcase/documents/WMO_1025_web_E.pdf).
24. [http://optec-v.ru/atm\\_skat.html](http://optec-v.ru/atm_skat.html).
25. <http://www.unep.org/geo/geo3/russian/index.htm>.
26. <http://www.unepcom.ru/>.

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	3
<b>1. Экология как наука</b> .....	5
1.1. Основные понятия и определения экологии.....	17
1.2. Экологическая безопасность, основные понятия .....	20
<b>2. Биосфера</b> .....	25
2.1. Понятие биосферы, ее структура. Учение о биосфере .....	29
2.2. Живое вещество биосферы, его функции. Фундаменталь- ная роль живого вещества .....	39
2.3. Круговороты веществ в биосфере .....	42
<b>3. Экологическая безопасность как составляющая нацио-         нальной безопасности России</b> .....	57
<b>4. Экологические проблемы современности</b> .....	62
<b>5. Экосистемы</b> .....	69
5.1. Экосистема: состав, структура, разнообразие.....	71
5.2. Экосистемы и их классификация .....	72
5.3. Популяция и ее свойства. Популяции в экосистеме .....	82
5.4. Сукцессия экосистем .....	90
<b>6. Связи между организмами</b> .....	92
6.1. Биотические связи организмов в биоценозах.....	96
6.2. Трофические взаимодействия в экосистемах. Экологиче- ские пирамиды .....	100
<b>7. Продукция и энергия в экосистемах</b> .....	105
<b>8. Динамика экосистем</b> .....	107
<b>9. Сообщества и популяции</b> .....	110
9.1. Демэкология и синэкология .....	110
9.2. Структура сообществ.....	114
<b>10. Организм и среда</b> .....	120
10.1. Основные среды жизни .....	122
10.2. Экологические факторы среды .....	123
<b>11. Основные закономерности действия экологических фак-         торов на живые организмы</b> .....	127
11.1. Адаптация организмов к факторам.....	129
11.2. Адаптация организмов к изменениям экологических факторов.....	132

<b>12. Глобальные экологические проблемы</b> .....	134
12.1. «Парниковый эффект» .....	135
12.2. «Озоновые дыры» .....	136
12.3. Проблема кислотных осадков .....	137
12.4. Энергетическая проблема .....	138
12.5. «Демографический взрыв». Проблемы народонаселения и продовольствия .....	140
12.6. Сокращение биоразнообразия .....	146
<b>13. Антропогенное воздействие на окружающую среду</b> .....	147
13.1. Источники и виды антропогенных воздействий на окру- жающую среду .....	148
13.2. Антропогенное воздействие на атмосферу. Загрязнение атмосферы .....	154
13.3. Антропогенное воздействие на гидросферу. Загрязне- ние гидросферы .....	157
13.4. Антропогенное изменение литосферы. Воздействие на литосферу и почву .....	160
<b>14. Отходы и их влияние на окружающую среду</b> .....	175
<b>15. Источники и характеристики загрязнений различных сфер</b> ..	178
15.1. Основные источники и формы загрязнения окружающей среды .....	178
15.2. Физическое загрязнение окружающей среды .....	185
15.3. Влияние экологических факторов на состояние здоровья человека .....	196
<b>16. Пути решения экологических проблем</b> .....	<b>200</b>
16.1. Мониторинг среды обитания. Мониторинг окружающей среды и его виды .....	201
16.2. Экологическая оценка состояния региона .....	219
<b>17. Рациональное природопользование и охрана окружающей среды</b> .....	223
17.1. Экологические принципы рационального использо- вания природных ресурсов и охраны окружающей среды .....	227
17.2. Водные ресурсы и их охрана .....	231
17.3. Охрана атмосферного воздуха, воды и почвы .....	236
<b>18. Экологические нормативы и стандарты</b> .....	239
<b>19. Экозащитная техника и технологии</b> .....	263
<b>20. Особо охраняемые природные территории. Охрана жи- вотного и растительного мира</b> .....	267



<b>21. Социально-экономические аспекты экологии</b> .....	275
21.1. Экология и здоровье человека .....	285
21.2. Основы экологического права и профессиональная ответственность.....	286
21.3. Основы экономики природопользования. Профессиональная ответственность .....	287
<b>22. Экологический контроль и экспертиза</b> .....	292
<b>23. Экологическое образование и профессиональная ответственность</b> .....	304
<b>24. Средства и методы управления в сфере обеспечения безопасности окружающей среды</b> .....	305
24.1. Информационные технологии в управлении средой обитания.....	306
24.2. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды и устойчивое развитие .....	308
<b>Заключение</b> .....	329
<b>Литература</b> .....	331

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЯ И ЭКОНОМИКИ

*Виталий Иосифович Акселевич*  
*Елена Владимировна Торгунакова*

# **Экология и безопасность**

*Учебник*

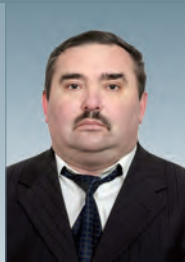
Заведующий редакцией научной и учебно-методической  
литературы Издательства СПбУУиЭ  
*Блажко А. В.*

Подписано в печать 25.11.2011 г.  
Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Уч.-изд. л. 17,54. Усл. печ. л. 21,0.  
Тираж 600 экз. Заказ № 8068

Издательство Санкт-Петербургского университета  
управления и экономики  
198103, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр. 44, л. А  
(812)448-82-50  
E-mail: izdat-ime@spbume.ru, izdat-ime@yandex.ru

Отпечатано в типографии «НП-Принт»  
190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., д. 29

## АКСЕЛЕВИЧ ВИТАЛИЙ ИОСИФОВИЧ



Кандидат физико-математических наук, доцент, профессор кафедры коммерции СПбУиЭ. Полковник в отставке. Специалист в области наук о Земле, геоинформационных технологий, безопасности жизнедеятельности. Автор более 100 научных и учебно-методических работ, в том числе монографии и двух учебных пособий.

## ТОРГУНАКОВА ЕЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА



Кандидат экономических наук, доцент кафедры коммерции СПбУиЭ. Научные интересы охватывают области права и менеджмента в экономике, корпоративной культуры, инновационных технологий управления предприятием. Автор ряда научных и учебно-методических работ.

В учебнике подробно излагаются теоретико-методологические основы экологической безопасности в соответствии с требованиями ГОС ВПО для подготовки специалистов по образовательной программе 050104 «Безопасность жизнедеятельности» и других образовательных программ. Основное внимание уделено вопросам общей экологии, геоэкологии и экологической безопасности.

Учебник предназначен для студентов вузов всех направлений подготовки, изучающих дисциплины: «Экология», «Экологическая безопасность», «Природопользование», «Безопасность жизнедеятельности», аспирантов, преподавателей и для всех интересующихся проблемами сложных взаимоотношений человеческого общества и природы.

ISBN 978-5-94047-312-1



9 785940 473121