

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

С. К. РЫНДЕВИЧ

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

**Учебно-методическое пособие
для студентов небиологических специальностей
высших учебных заведений**

**Рекомендовано к печати
научно-методическим советом университета**

**Барановичи
РИО БарГУ
2009**

УДК 574(075)

ББК 20.1я73

Р93

А в т о р

С. К. Рындевич, кандидат биологических наук, доцент

Р е ц е н з е н т ы:

В. В. Гричик, доктор биологических наук, заведующий кафедрой
общей экологии и методики преподавания биологии БГУ;

В. А. Цинкевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии
БГПУ им. М. Танка

Рындевич, С. К.

Р93

Основы экологии [Текст] : учеб.-метод. пособие для студентов
небиолог. специальностей высш. учеб. заведений / С. К. Рындевич. —
Барановичи : РИО БарГУ, 2009. — 304, [4] с. — 150 экз. —
ISBN 978-985-498-225-0.

В учебно-методическом пособии представлены фундаментальные экологические знания, которые являются научной основой для практической природоохранной деятельности и рационального природопользования. Рассмотрены основные формы взаимодействия общества и природы, последствия негативного воздействия человека на природу, содержание экологических проблем, вопросы рационального природопользования, природоохранное законодательство как инструмент регулирования взаимодействия общества и природы, основные направления международного сотрудничества в области экологии и охраны природы, а также основные аспекты экологического образования и воспитания.

Издание адресуется студентам и преподавателям высших учебных заведений, специалистам в области экологии.

УДК 574(075)

ББК 20.1я73

ISBN 978-985-498-225-0

© Рындевич С. К., 2009

© БарГУ, 2009

ПРЕДИСЛОВИЕ

Актуальность решения экологических проблем и обеспечение благоприятных условий жизни современных и будущих поколений ставит перед высшей школой новые задачи в области экологического образования и воспитания студентов.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов небиологических специальностей высших учебных заведений. В основу курса «Основы экологии» положены фундаментальные знания в области экологии, которые являются научной основой для практической природоохранной деятельности, рационального природопользования и способствуют формированию экологической культуры студентов.

Изучение начинается с формирования представлений об объекте исследования, содержании, задачах, междисциплинарных связях и истории развития экологии как науки.

Раздел «Экология особей» знакомит студентов с понятиями окружающей среды, экологического фактора, а также с классификацией экологических факторов. Рассматриваются аспекты прямого и косвенного воздействия факторов на организм, понятие экологической пластичности и лимитирующий фактор.

Значительное внимание уделяется знакомству со структурой и особенностями функционирования биологических макросистем (популяции, биоценоза, экосистемы и биосферы). В них подробно освещены вопросы внутри- и межвидовых взаимоотношений, саморегуляции, обмена веществ и энергии на разных уровнях интеграции. Разделы, посвященные данным научным аспектам, являются ключевыми в теоретической экологии.

В разделе «Человек и окружающая среда» раскрываются основные формы взаимодействия общества и природы, характерные особенности социального обмена, последствия негативного воздействия антропогенных факторов на природу. В учебно-методическом пособии освещены вопросы рационального природопользования, природоохранное законодательство как инструмент регулирования взаимодействия общества и природы,

основные направления международного сотрудничества в области экологии и охраны природы.

Важной структурной частью пособия является раздел об экологических проблемах современности, в котором обозначаются категории экологических проблем, раскрывается суть.

В пособии рассматриваются основные аспекты экологического образования и воспитания (цели, задачи, этапы, формы и методы). Основное внимание в данном разделе уделяется системе экологических знаний в учебных заведениях разного уровня.

Автор выражает искреннюю благодарность за ценные критические замечания кандидату биологических наук В. А. Цинкевичу и доктору биологических наук, доценту В. В. Гричику, за предоставление информации по экологии млекопитающих старшему научному сотруднику Березинского биосферного заповедника А. П. Каштальяну.

Раздел 1

ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЮ

1.1 Экология как наука

1.1.1 Понятие экологии

Термин «экология» ввел в науку немецкий биолог Эрнст Генрих Геккель в 1866 г. Слово «экология» греческого происхождения, состоит из корней двух слов: «ойкос» (в германских и славянских языках «экос») — дом, жилище и «логос» — слово, учение, наука.

Автор термина и основоположник экологии Э. Геккель понимал экологию как «сумму знаний, относящихся к экономике природы, изучение совокупности взаимоотношений животного с окружающей его средой...».

В самом начале своего пути экология рассматривалась как научная дисциплина, объектом изучения которой выступают животные. Так в энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона (1904) термин «экология» объяснялся следующим образом: «Экология, или ойкология, — часть зоологии, обнимающая собой сведения касательно жилищ животных, т. е. нор, гнезд, логовищ и т. п.» [10].

В современной научной литературе определений экологии довольно много. Но большинство из них все же сводятся к обозначению ее как научной дисциплины, изучающей взаимоотношения всех живых организмов (а не только животных) со средой обитания. Ниже приводятся наиболее известные из них, часто употребляемые в отечественной и зарубежной литературе.

«Экология — изучение нашего “природного дома”, охватывает изучение всех живущих в нем организмов и всех функциональных процессов, делающих этот “дом” пригодным для жизни. В буквальном смысле экология — это наука об организмах “у себя дома”, наука, в которой особое внимание уделяется “совокупности или характеру связей между организмами и окружающей их средой”» (Ю. Одум по Уэбстеру).

«Экология занимается вопросами социологии растений, животных, микроорганизмов, их сочетаний» (Б. Г. Розанов).

«Экология относится к числу фундаментальных подразделений биологии, исследующей фундаментальные свойства жизни надорганизменного уровня организации. Иными словами, экология изучает совокупность живых организмов, взаимодействующих друг с другом и образующих с окружающей средой обитания единство (т. е. систему), в пределах которого осуществляется процесс трансформации энергии и органического вещества» (В. Д. Федоров).

«Я утверждаю, что экология является исследованием систем на таком уровне, когда особи могут рассматриваться как элементы взаимодействия друг с другом или со свободно организованной матрицей окружающей среды. Системы на этом уровне рассмотрения называют экосистемами, и экология несомненно является биологией экосистем» (Р. Маргалеф).

«Современная экология — это наука, изучающая условия существования живых организмов и взаимосвязи между организмами и средой, в которой они обитают» (Р. Дажо).

«Экологию мы понимаем как синоним науки, изучающей в переводе с греческого «собственный дом». Именно в таком контексте мы говорим об экологии человека, экологии общества, когда домом человечества становится не только природа, его непосредственно окружающая, но и вся биосфера. Качество экологической обстановки мы видим в соответствии условий, определяемых окружающей средой, потребностям общества и, прежде всего, здоровью населения, возможностям его стабильного существования» (Н. Н. Моисеев).

Достаточно содержательными являются определения отечественных авторов В. А. Радкевича и В. В. Маврищева.

«Экология — это наука, исследующая закономерности жизнедеятельности организмов (в любых ее проявлениях, на всех уровнях интеграции) в их естественной среде обитания с учетом изменений, вносимых в среду деятельностью человека» (В. А. Радкевич).

«Экология — наука, изучающая взаимоотношения организмов между собой и с окружающей их природной средой, а также структуру и функционирование надорганизменных систем (В. В. Маврищев).

Ряд ученых рассматривают термин «экология» достаточно широко, указывая, что экология не относится к исключительно биологическим дисциплинам. Так Н. Ф. Реймерс понимает экологию как

отдельную отрасль научных знаний и дает такое определение: «Современная экология — биологизированная (как и географизированная, математизированная и т. д.) биоцентричная наука, но не биология. Для экологии характерен широкий системный междотраслевой взгляд. Ее предмет — сохранение функциональной и структурной целостности того центрального объекта, который вычленяется в процессе исследования... Такая экология уже совсем не биология и никакая иная наука, она сама по себе, новый раздел знания, равный, а может быть, и более широкий, чем математика, физика, химия и так далее... Это совокупность отраслей знания, исследующих взаимодействие между биологически значимыми отдельностями и между ними и окружающей их средой».

Ряд ученых дают слишком узкое определение экологии, сводя его к обозначению научной дисциплины, соответствующей одному из разделов экологии.

«Экология — это наука о популяциях, и популяция — основной объект изучения экологии» (С. С. Шварц).

«Экологией можно считать науку, изучающую экосистемы, их состав, структуру, функционирование и эволюцию» (О. В. Чистик).

В нашем понимании, исходя из задач и содержания экологии, данная научная дисциплина относится к биологическим дисциплинам (т. е. является разделом биологии), так как объект ее исследования — живые организмы и их объединения.

Экология — биологическая наука, исследующая взаимосвязи и взаимоотношения организмов между собой и со средой обитания на всех уровнях интеграции, с учетом антропогенного воздействия на окружающую среду.

Экология является интенсивно развивающейся научной дисциплиной, значение которой в жизни нашего общества возрастает. Неудивительно, что в обиходе встречается некорректное употребление термина «экология». Довольно часто в средствах массовой информации «экология» употребляется как аналог словам «природа» и «окружающая среда», что является неправильным. В употребление входят такие абсурдные выражения, как «плохая экология», «великолепная экология», «загрязнение экологии» и т. д. Явной аномалией являются выражения «экология природы», «экологическая экономика или экοэкономика». Подобные сочетания, по мнению филологов, — «свидетельство неясного понимания значения слова “экология”, что

может быть результатом стереотипизированного использования иноязычного слова в приблизительном, неточном значении и сдвига в значении слова» [18].

Некорректным на наш взгляд является использование термина «биоэкология». Его несостоятельность подтверждается хотя бы тем общеизвестным фактом, что экология — это часть биологии. А широкое применение экологических знаний в разных сферах деятельности человека, разнообразие методов экологических исследований и междисциплинарных связей не изменяет объект исследования экологии как научной дисциплины, что является одним из доказательств принадлежности к биологии (см. п. 1.1.3 Содержание, объект исследования и задачи экологии). Если употреблять данный термин, то можно использовать и такие термины, как «математическая алгебра» или «физическая термодинамика».

Примерами деспециализации понятия «экология» являются такие выражения, как «экология жизни», «экология души», «экология духа», «экология музыки», «экология языка» и др. [18]. Такие выражения относятся к категории абстрактной семантики и могут использоваться, например, в литературных произведениях для придания эмоциональной окраски произведению, но не в специальной научной или научно-популярной литературе. Вышеобозначенные выражения имеют переносное значение, и в научном аспекте их использование следует считать неприемлемым, и тем более они не могут использоваться при обозначении структурных составляющих научной дисциплины.

1.1.2 Интеграция организмов в биологические макросистемы

Для решения стратегических задач выживания и размножения живые организмы, на какой бы ступени эволюции они не находились, объединяются (интегрируются) в особы группировки — биологические макросистемы.

Биологическая макросистема представляет собой объединение организмов, состоящее из взаимозависимых компонентов, взаимосвязанных общими процессами.

Существует три категории биологических систем:

1) *биологические микросистемы* (молекулы органических веществ, составляющие живые организмы, и клетки);

- 2) *биологические мезосистемы* (ткани, органы и организмы или особи);
- 3) *биологические макросистемы* (популяции, биоценозы, экосистемы и биосфера).

Биологические макросистемы возникают на надорганизменном уровне биологической интеграции, т. е. выше уровня отдельной особи. Так отдельные особи определенного вида (например, волк) объединяются в популяцию волка. Для обеспечения своего выживания, данная популяция вступает во взаимодействие с популяциями животных, растений и других организмов. В результате этих взаимосвязей возникает биологическая макросистема более высокого ранга — биоценоз (например, биоценоз леса). Биоценоз состоит только из компонентов живой природы. Он в совокупности с компонентами неживой природы (биотопом, включающим воздух, воду, грунт и т. д.), которые формируют пространство его обитания, образует экосистему (например, экосистему леса). Экосистема включает в себя компоненты живой природы (биоценоз) и компоненты неживой природы (биотоп). Эти составляющие экосистемы также зависимы друг от друга. Все экосистемы Земли (экосистемы лесов, лугов, тундр, пустынь, болот, рек, озер, морей и т. д.) объединяются в одну глобальную экосистему — биосферу (рис. 1.1.1).

1.1.3 Содержание, объект исследования и задачи экологии

Содержание современной экологии — исследование взаимоотношений организмов друг с другом и со средой обитания на разных уровнях интеграции, изучение жизни биологических макросистем.

Объект исследования экологии — биологические макросистемы и отдельные особи как их составляющие.



Рисунок 1.1.1 — Схема интеграции организмов в биологические макросистемы

В качестве предметов экологических исследований могут выступать динамика популяций, сукцессионные процессы в отдельных экосистемах, структура биоценозов и т. д.

Основные задачи экологии на современном этапе:

- изучение структуры и динамики биологических макросистем;
- выявление законов жизнедеятельности организмов на всех уровнях интеграции;
- прогнозирование и моделирование экологических ситуаций;
- подведение научной базы под охрану природы и рациональное природопользование.

1.1.4 Структура экологии. Основные разделы экологии

Общепринятой структуры экологии до сих пор не существует, и различными авторами предлагается собственное видение структурных иерархии и взаимосвязей в экологии.

Традиционно выделяются разделы экологии, объектами исследования которых являются представители царств растений, животных, грибов и микроорганизмы в составе биологических макросистем.

Экология растений исследует взаимоотношения растений между собой и с другими организмами и окружающей средой.

Экология животных изучает взаимоотношения животных между собой и с другими организмами и окружающей средой.

Экология грибов исследует взаимоотношения грибов между собой и с другими организмами и окружающей средой.

Экология микроорганизмов исследует взаимоотношения микроорганизмов (вирусов, дробянок и др.) с различными организмами и окружающей средой.

В экологии выделяются разделы, изучающие живую природу на уровне особи (организма), популяции, вида, биоценоза и экосистемы, а также биосферы. В связи с этим можно выделить экологию особей (аутэкологию), экологию популяций (демэкологию), экологию видов (эйдэкологию) и экологию сообществ (синэкологию), экологию экосистем и экологию биосферы.

Экология особей изучает закономерности взаимодействия особей разных видов с внешней средой, в основе которых лежат морфофизиологические реакции организма на различные экологические факторы.

Экология популяций исследует условия формирования, структуру и динамику популяций — группировок организмов одного вида, которые являются самым низким уровнем интеграции организмов в макросистемы.

Экология видов — раздел экологии, изучающий взаимоотношения вида как биологической системы в составе биоценозов, экосистем и биосферы с живой и неживой природой.

Экология сообществ изучает организованные сообщества живых организмов, пути и условия их формирования, динамику и структуру, взаимодействия биоценозов с компонентами неживой природы.

С этим разделом тесно связана **экология экосистем** — раздел экологии, изучающий разнообразие и функционирование экосистем, их продуктивность и энергетику. Зачастую синэкологию понимают как экологию сообществ (биоценозов) и экосистем, что не лишено логики, так как очень сложно рассматривать жизнь биоценоза в полном отрыве от биотопа.

В зависимости от того, какие экосистемы исследуются, выделяют многочисленные *подразделы экологии экосистем*:

- экология лесов;
- экология тундр;
- экология лугов;
- экология степей;
- экология пустынь;
- экология болот;
- экология рек;
- экология озер;
- экология морей и океанов;
- экология островов;
- экология гор и т. д.

Экология биосферы (глобальная) исследует структуру, функционирование и эволюционные процессы живой оболочки Земли.

Как раздел, исследующий структуру и функционирование различных географических подразделений (геологических оболочек Земли, континентов и островов, природных зон, ландшафтных комплексов и т. д.) в составе биосферы, выделяют **геоэкологию**. Этот раздел очень близок к экологии экосистем, что подтверждается абсолютным совпадением названий подразделов, входящих в геоэкологию и экологию экосистем (например: экология геосфер, а

именно атмосферы, литосферы и гидросферы, экология островов, экология морей, экология континентальных водных объектов, экология саванн), и соответственно предметов исследований.

Учитывая то, что экология развивается в тесной взаимосвязи с различными отраслями науки, в XX веке возникли разделы экологии, имеющие комплексный характер. Так на стыке экологии и социологии зародилась **социальная экология**, исследующая взаимоотношения в системе «человеческое общество — природа». Данный раздел экологии включает в себя ряд подразделов:

- экология человеческих популяций;
- экология человечества;
- экология населенных пунктов, к которой относится и урбоэкология;
- экология жилища.

Экология человека — раздел экологии, исследующий взаимоотношения человека (как биологического вида) с окружающей средой, природную сущность человека и экологические факторы здоровья. Нередко этот раздел рассматривают в качестве подраздела социальной экологии.

Во второй половине прошлого века и начале нынешнего большее внимание стало уделяться экологическим исследованиям, носящим прикладной характер, что объясняет развитие такого раздела, как **прикладная экология**. В ее структуру входит ряд подразделов:

- **сельскохозяйственная экология**, исследующая функционирование сельскохозяйственных экосистем и взаимоотношения сельскохозяйственных видов растений и животных с окружающей средой и человеком. Включает в себя агроэкологию и экологию сельскохозяйственных животных;

- **промысловая экология**, изучающая взаимоотношения промысловых видов организмов с окружающей средой и человеком;

- **экология техносферы**, исследующая функционирование антропогенных экосистем с технической составляющей в составе биосферы и воздействие техногенных факторов на живую природу. Достаточно распространенными являются такие термины, как «промышленная (инженерная) экология» и «транспортная экология», которые используются для обозначения разделов или подразделов в составе экологии. На наш взгляд, использование этих терминов является не вполне корректным и допустимым, так как не позволяет обозначить объект такой научной дисциплины. Объектом экологии и

ее разделов всегда выступают организмы или их объединения. А в промышленности единственным живым организмом является человек и его социальные группировки. Жизнедеятельность организмов, используемых в технологических процессах (микроорганизмы, грибы, растения и животные), их связи с окружающей средой и человеком изучает биотехнология. Взаимоотношения человека как вида и его социальных групп изучают экология человека и социальная экология. Поэтому считаем более целесообразным использование термина «экология техносферы». Этот термин является более емким и приемлемым, так как рассматривает техносферу как часть биосферы;

– *рекреационная экология*, которая изучает функционирование естественных и антропогенных экосистем, используемых человеком в качестве мест отдыха и т. д.

Палеоэкология изучает взаимоотношения вымерших организмов с окружающей средой в процессе эволюции в геологическом прошлом, на основе сохранившихся следов их жизнедеятельности.

Археоэкология — раздел экологии, исследующий историю взаимоотношения человеческого общества и окружающей среды на основе материальных остатков жизнедеятельности человека. Является фундаментом для таких разделов, как социальная экология и экология человека. Иногда археоэкология рассматривается как подраздел экологии человека.

1.1.5 Методы экологических исследований

Метод исследования — это прием, совокупность процедур и операций по получению нового знания. Метод исследования определяется исходя из характеристик сущности и содержания исследуемого объекта, цели и задач исследования.

Значительным аспектом любой биологической научно-исследовательской работы, в том числе и в экологии, выступает необходимость грамотного соотношения и применения полевых, лабораторных и экспериментальных методов исследования, являющихся основой биологических методик.

Полевые методы — методы изучения организмов и биологических макросистем в естественной обстановке (в природе), которые позволяют установить результат воздействия фактора или комплекса факторов на организм или макросистему, выяснить аспекты их жизнедеятельности в конкретных условиях окружающей среды.

К данным методам относятся: наблюдение, метод учета животных на маршрутах, метод точечных учетов, метод пробных площадок, метод кошения, метод почвенных проб, приманочный метод учета животных (приманка естественного происхождения), метод сбора насекомых с использованием феромонных ловушек, светоловушек, почвенных ловушек и т. д.

Лабораторные методы — методы изучения организмов в искусственно созданных условиях, позволяющие установить причину наблюдаемых в природе явлений. В этом случае организмы помещаются в искусственные условия, максимально приближенные к естественным.

К лабораторным методам относятся: методы изучения циклов развития растений и животных, например, насекомых в инсектариях. К этой же группе относятся и методы обработки собранных в естественной обстановке материалов и данных, например, методы лабораторной идентификации видовой принадлежности организмов, также анатомические и физиологические методы исследования организмов и т. д.

Экспериментальные методы позволяют проанализировать и спрогнозировать результаты влияния экологических факторов на организм и биологические макросистемы. Они могут быть использованы как в естественных, так и в искусственных условиях. Эксперимент в природной среде предполагает постановку отдельных особей, популяций или экосистем в искусственно созданные условия, при которой можно дозировать тот или иной экологический фактор (например, охоту) и оценить его влияние. Экспериментальные методы позволяют проанализировать воздействие отдельных факторов на жизнедеятельность организма (например, влажности, температуры, определенных веществ, других организмов) в искусственных условиях.

К экспериментальным методам относятся методы установления предпочитаемой пищи животными, изучение температурного предпочтения животных и растений, методы влияния дозы фактора на развитие организма, методы исследования при создании лесополос, локальных мелиорированных участков и т. д.

Кроме биологических методов, экологи широко применяют методы математической обработки результатов лабораторных и полевых исследований, информационные технологии для моделирования и прогнозирования экологических ситуаций, методы химического анализа среды и т. д.

1.1.6 Краткая история развития экологии

Экология как самостоятельная научная дисциплина сформировалась на рубеже XIX—XX вв, но этому событию предшествовал долгий период накопления экологических знаний, длившийся не одно столетие. Своими корнями экологические знания уходят в древнейшую историю человеческой цивилизации.

Человек всегда находился в тесной зависимости от растений и животных. Он с самого начала своей истории был вынужден изучать особенности их образа жизни, чтобы обеспечить себя пищей, защититься от хищников и т. д. Представления древнего человека об окружающей среде не носили научного характера и были не всегда осознанными, но с течением времени именно они явились первоначальной базой экологических знаний. Наши далекие предки знали сроки сбора съедобных плодов, признаки по которым можно найти место произрастания того или иного вида растений, как отыскать нужное животное. Они знали, что численность охотничьих видов животных зависит от урожая кормовых растений, от урона, наносимого им хищниками и т. д.

О зависимости урожая растений от внешних условий хорошо знали еще на заре земледелия (15—10 тыс. лет назад). Севооборот сельскохозяйственных культур, использование которого целесообразно с экологической точки зрения, применяли в Египте, Китае и Индии еще 5 000 лет назад. Экологически грамотная система земледелия была у индейцев майя в Южной Америке и у древних народов Юго-Восточной Азии.

В самых древних рукописных источниках не только упоминаются различные названия животных и растений, но и сообщаются некоторые подробности, характеризующие их образ жизни. Так, информация о повадках и образе жизни 50 видов животных отражены в древнеиндийских сказаниях «Рамаяна» и «Махабхарта» (VI—II вв. до н. э.). В них же упоминается и о некоторых охотничьих запретах. Сроки посева и сбора диких и культурных растений, способы обработки земли, описания птиц и зверей присутствуют в древних рукописных книгах Китая и Вавилона. В них организмы рассматриваются в первую очередь с точки зрения их значимости для человека как объекта охоты, рыболовства, лекарственного средства, опасного животного и т. д. В IV в. до н. э. в древней Эфиопии уже существовали законы, предусматривающие регламентацию охоты, защиту водотоков и водоемов от загрязнения и др.

Большой вклад в накопление экологических знаний внесли античные греческие ученые: Гиппократ (460—370 г. до н. э.), Аристотель (384—322 год до н. э.), Теофраст (Парацельз, он же Тиртам) (287—372 год до н. э.). Все они использовали в своих работах экологический подход к проведению исследований и систематизации полученных данных.

Гиппократ впервые высказал идею о зависимости состояния здоровья человека от различных факторов окружающей среды.

В «Истории животных» Аристотель (рис. 1.1.2), которого считают основоположником зоологии, описал более 500 видов животных, классифицируя их по образу жизни на водных и сухопутных, плавающих, летающих, ползающих и др. В своей работе он рассматривал приуроченность организмов к определенным местообитаниям, такие экологические особенности как одиночная или стайная жизнь, различия в способе питания и т. д.

Теофраст (рис. 1.1.3), считающийся отцом ботаники, в своем фундаментальном труде «Исследования о ботанике» описал 500 видов растений. Большое внимание в своих работах ученый уделял влиянию внешней среды на живые организмы, и именно он впервые разделил покрытосеменные растения на жизненные формы: деревья, кустарники, полукустарники и травы, с учетом зависимости от почвы и климата.



Рисунок 1.1.2 — Аристотель



Рисунок 1.1.3 — Теофраст

Древнеримский ученый Плиний Старший (23—79 г. н. э.) в своей многотомной «Философии природы» отмечал, что явления в живой природе рассматриваются во взаимосвязи с явлениями в неживой природе, т. е. прослеживается связь организма с окружающей средой.

В средние века в Европе развитие естественных наук сильно затормозилось. Отдельные научные сведения экологического характера содержатся лишь в единичных работах: «Зеркало вещей» Венсенна де Бове (XIII в.), «Поучение Владимира Мономаха» (XI в.), «О поучениях и сходствах вещей» доминиканского монаха Иоанна Сиенского (XIV в.). В основном они имеют прикладное значение и заключаются в описании целебных трав, культивируемых растений и животных.

Отдельные экологические сведения, носящие прикладной характер (особенности лекарственных трав и др.), присутствовали в работах известных ученых того времени: Разеса (850—923) и Авиценны (980—1037). В позднее средневековье Альберт Великий (Альберт фон Больштедт) (1193—1280) в своих трудах о растениях придавал большое значение условиям произрастания, воздействию различных факторов среды, в частности свету, рассматривал причины «зимнего сна», т. е. он пытался объяснить биологическую ритмичность в природе.

В средние века стала поступать информация о растениях и животных из дальних стран. Благодаря путешественникам, таким как Марко Поло (XIII в.), Афанасий Никитин (XV в.), биология начала накапливать фактический материал, который способствовал формированию новых идей в науке.

Великие географические открытия эпохи Возрождения, послужили толчком для развития биологии. Ученые и путешественники не только описывали внешнее и внутреннее строение растений и животных. Описание сопровождалось сведениями о зависимости растений от условий произрастания или возделывания сельскохозяйственных культур, о поведении, повадках, местах обитания животных, возможных областях применения разных видов организмов. В течение XVI—XVII вв. ученые не только стали накапливать материал по многообразии живой природы, но и выявлять особенности образа жизни организмов, их связи с внешней средой, что нашло отражение в сочинениях К. Геспера (Швейцария), Г. Ронделе и П. Белона (Франция).

Конрад Геснер (1516—1565) издает пятитомную «Историю животных», в которой, следуя классификации Аристотеля, описывает

животных. Заслугой Геснера было то, что в свою классификацию он включил описание среды обитания животных. Геснер основал в Цюрихе ботанический сад и первый естественно-исторический музей.

Первые систематики-ботаники А. Цезальпин (1509—1603), Дж. Рей (1623—1705), Ж. Турнефор (1656—1708) в своих работах указывали на зависимость растений от условий среды и мест произрастания.



Рисунок 1.1.4 — Дж. Рей

Английский биолог Джон Рей (рис. 1.1.4), предшественник К. Линнея, в 1670 г. предложил первую естественную систему растений, ввел представление об однодольных и двудольных растениях, классифицировал животных по зубам, копытам и пальцам лап и впервые использовал категории вида и рода в смысле, близком к современным позициям в систематике.

Известный английский химик Р. Бойль (1627—1691) поставил первый экологический эксперимент по влиянию низкого атмосферного давления

на развитие животных. Бойль выяснил, что наибольшей стойкостью к вакууму обладают водные, земноводные и животные с непостоянной температурой тела. Он объяснил этот феномен их образом жизни.

Голландец Антони ван Левенгук (1632—1723), который изобрел микроскоп, был первым среди ученых заинтересовавшихся изучением трофических взаимодействий и их значением в процессах регуляции численности организмов.

Французский энтомолог Рене Реомюр (1683—1757) в своем шеститомном труде «Мемуары по естественной истории насекомых» публикует огромное количество сведений об условиях жизни насекомых, их общественном устройстве, сезонных явлениях, паразитизме и т. д.

Вопросам влиянию климата на животных уделял внимание в своих исследованиях известный французский ученый Жорж Леклерк Бюффон (1707—1788) (рис. 1.1.5). В своем фундаментальном

44-томном труде «Естественная история» он высказывал идеи о единстве растительного и животного мира, а также идеи об изменяемости видов под влиянием условий среды.

Накопленный материал позволил ученым сделать огромный шаг вперед в создании системы биологических знаний, используя, в том числе и экологический подход, задолго до возникновения экологии. В первой половине XVIII в. шведский ученый Карл Линней (рис. 1.1.6) ввел бинарную (двойную) номенклатуру в биологию и создал таксономическую систему животных и растений. Линнея заслужено считают реформатором биологии. Помимо бинарной номенклатуры он разработал терминологию, введя в систематику более 1 000 терминов для разных органов растений и их частей. Линней много путешествовал по разным странам. Он открыл и описал более 1 500 видов растений, выявил целебные и ядовитые свойства многих растений. Линней внес значительный вклад и в зоологию. Он установил и назвал более 300 родов животных. В своих знаменитых работах «Виды растений» «Система природы» Карл Линней предпринял попытку распределить растения и животные по классам, родам и видам. При составлении кратких и точных описаний животных и растений, великий шведский ученый уделял значительное внимание их экологическим особенностям.



Рисунок 1.1.5 — Ж. Бюффон



Рисунок 1.1.6.— К. Линней



Рисунок 1.1.7 — П. С. Паллас

Особенно большой интерес с экологической точки зрения представляют такие работы ученого, как «Экономия природы» и «Общественное устройство природы». Под «экономией» Линней понимал взаимные отношения всех естественных тел. Он сравнивал природу с человеческой общиной, живущей по определенным законам. В этих работах сделана попытка сформулировать общие законы жизнедеятельности организмов, основанные на связи с внешними условиями.

Важные научные сведения, оказавшие в последствии влияние на развитие экологии, были получены в экспедициях рядом российских ученых во второй половине XVIII — начале XIX вв. Среди них надо отметить Степана Петровича Крашенинникова (1713—1755), автора «Описания земли Камчатки», Ивана Ивановича Лепехина (1740—1802), автора четырехтомных «Дневных записок путешествия доктора и Академии наук адъюнкта Ивана Лепехина по разным провинциям Российского государства».

Петр Симон Паллас (1741—1811) (рис. 1.1.7), российский естествоиспытатель и путешественник, известный своими исследованиями в области зоологии, ботаники, географии, геологии, палеонтологии, написал капитальный труд «Описание животных российско-азиатских», в котором большое внимание уделял экологическим особенностям разных видов.

М. В. Ломоносов (1711—1765) (рис. 1.1.8) в своих работах также рассматривал влияние среды на организм. По останкам вымерших животных (моллюсков и насекомых) Ломоносов пытался выяснить экологические условия их существования в прошлом.



Рисунок 1.1.8 — М. В. Ломоносов

Русский ученый А. А. Каверзнев (годы жизни неизвестны) издал в 1775 г. книгу «О перерождении животных», в которой с экологических позиций рассматривал вопрос об изменениях животных и сделал вывод об их едином происхождении. Изучая влияние минеральных солей на яблони, русский исследователь А. Т. Болотов (1738—1833) разработал классификацию местообитаний растений.

Большое влияние на развитие экологии науки оказал известный французский биолог и автор первого эволюционного учения Жан Батист Ламарк (1744—1829) (рис. 1.1.9), считавший, что важнейшей причиной приспособительных изменений организмов, эволюции растений и животных является влияние внешних условий среды.

Известнейший немецкий ученый Александр Фридрих Вильгельм Гумбольдт (1769—1859) (рис. 1.1.10) закладывает основы новой науки — биогеографии (главным образом, географии растений). Он исследовал природу стран Европы, а также Центральной и Южной Америки («Путешествие в равноденственные области Нового Света»). В пятитомном труде «Космос» ученый предпринял попытку обобщения достижений наук о Земле. Он выделил 19 основных жизненных форм растений, основные группы растительных ландшафтов, установил закономерности вертикальной растительной зональности в горах и горизонтальных растительных зон на равнинах.



Рисунок 1.1.9 — Ж. Б. Ламарк



Рисунок 1.1.10 — А. Гумбольдт

Многие работы выдающихся естествоиспытателей XIX в. носили описательный характер, с указанием многочисленных экологических особенностей животных, часто отождествляемых с поведением и привычками людей. Среди них многотомный труд немецкого зоолога Альфреда Брема «Жизнь животных», работы французского энтомолога Жана Анри Фабра «Записки энтомолога» и «Нравы насекомых».

Профессор Московского университета Карл Францевич Рулье (1814—1858) (рис. 1.1.11), основоположник экологии животных, в своих работах и выступлениях сформулировал мысль о том, что развитие органического мира обусловлено воздействием изменяющейся внешней среды, поставил проблемы адаптации организмов к внешним условиям, миграции, изменчивости, изучал особенности развития и строения животных в зависимости от изменений их среды обитания, ввел понятие «стация». Он сформулировал «закон общения или двойственности жизненных начал», показывающий, что каждое существо получает возможность «к жизни частью от себя, а частью из внешности...». Это является принципом, лежащим в основе всех наук о живом, — принципом исторического единства организма и окружающей среды.

Большое значение для развития экологии имели труды ученика К. Рулье известного русского зоолога Николая Алексеевича Северцова (1827—1885) (рис. 1.1.12). В 1855 г. он публикует первую магистерскую диссертацию на чисто экологическую тему: «Периодические явления в жизни зверей, птиц и гадов Воронежской губернии».



Рисунок 1.1.11 — К. Рулье

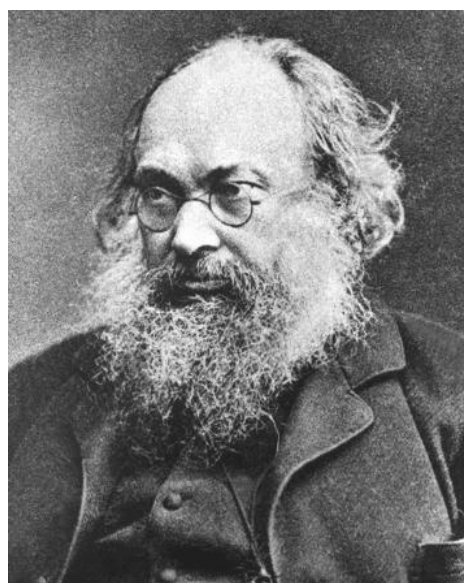


Рисунок 1.1.12 — Н. А. Северцов

Значимость этой диссертации для науки можно оценить по тому факту, что в 1950 г. эта работа была переиздана, и она не утратила своего значения и сегодня.

В 1859 г. Чарльз Дарвин (1809—1882) (рис. 1.1.13) публикует свой эпохальный труд «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь». Эта работа совершила переворот в биологии и подготовила почву для появления экологии как науки, так как Дарвин уделял значительное внимание вопросам адаптации организмов к условиям окружающей среды, внутривидовой конкуренции, борьбе за существование и другим экологическим аспектам эволюции.

14 сентября 1866 г., когда немецкий ученый-биолог Эрнест Геккель (1834—1919) (рис. 1.1.14), последователь Ч. Дарвина, в своем фундаментальном труде «Всеобщая морфология организмов», классифицируя разделы биологии, впервые употребил термин «экология». Э. Геккель относил экологию к биологическим наукам и наукам о природе, которых прежде всего интересуют все стороны жизни организмов. Через два года появилась его «Естественная история миротворения», а в 1874 г. он опубликовал работу



Рисунок 1.1.13 — Ч. Дарвин

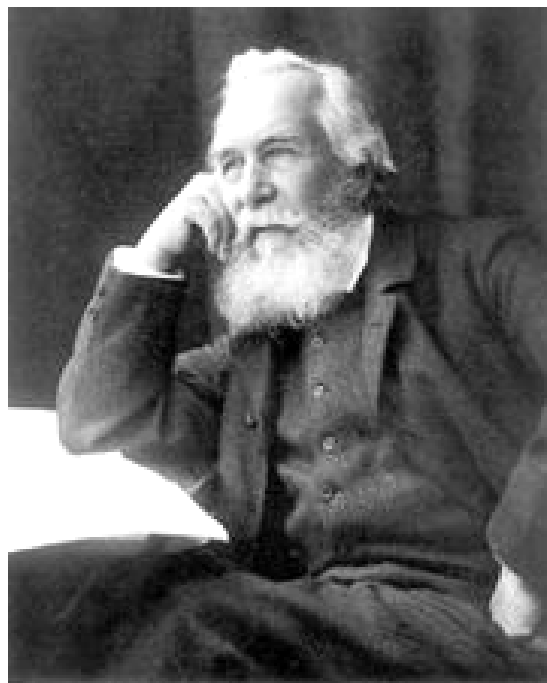


Рисунок 1.1.14 — Э. Геккель

«Антропогенія, или История развития человека», в которой обсуждались проблемы эволюции человека. Геккель вел исследования в лаборатории, а также активные полевые исследования в ходе экспедиций на острова Мадейра, Цейлон, в Египет и Алжир. Он опубликовал монографии по радиоляриям, глубоководным медузам, сифонофорам, глубоководным рыбам-удильщикам, а также свой фундаментальный систематический труд — внушительную «Систематическую филогению».

В 1895 г. датский ученый Е. Варминг (1841—1924) ввел термин «экология» в ботанику для обозначения самостоятельной научной дисциплины — экологии растений.



Рисунок 1.1.15 — К. Мебиус

В 1877 г. немецкий гидробиолог Карл Мебиус (1825—1908) (рис. 1.1.15) на основе изучения устричных банок в Северном море разработал учение о биоценозе как сообществе организмов, которые через среду обитания теснейшим образом связаны друг с другом. Именно его труд «Устрицы и устричное хозяйство» положил начало биоценологическим и экосистемным исследованиям. Несомненной заслугой Мебиуса является и то, что он не только установил наличие организованных сообществ организмов и предложил для них название «биоценоз», но и сумел раскрыть многие закономерности их формирования и развития этих биологических систем.

Большое значение для развития экологии имело учение о природных зонах известного русского ученого В. В. Докучаева (1846—1903). Идея В. В. Докучаева заключалась в необходимости изучения не отдельных компонентов биоценозов, а связей, существующих между телами, явлениями и средой, живой и неживой природой, т. е. закономерностей функционирования природных комплексов. В целом работы В. В. Докучаева легли в основу геоботанических исследований, положили начало учению о ландшафтах, дали толчок широким исследованиям взаимоотношений растительности и почвы.

Развитие экологии в этот период (конец XIX — начало XX вв.) на территории бывшей Российской империи тесно связано с имено-

ми таких ученых, как А. Я. Гордягин, Г. П. Дементьев, Б. М. Житков, Н. И. Калабухов, Д. Н. Кашкаров, С. И. Коржинский, Н. Ф. Леваковский, М. А. Мензбир, Н. П. Наумов, Н. А. Северцов, В. В. Станчинский, П. П. Сушкин, А. Н. Формозов и С. А. Усов.

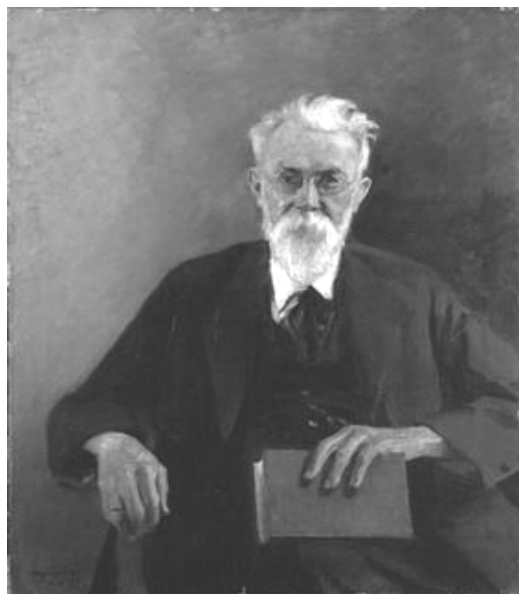


Рисунок 1.1.16 —
В. И. Вернадский

Г. Ф. Морозов (1867—1920) в своей работе «Учение о лесе» (1920) дал первое научное определение леса как географического фактора — глобального аккумулятора солнечной энергии, влияющего на климат, почвы, на уровень кислородного и углеродного баланса планеты и регионов.

В 1903 г. датский ученый Вильгельм Йогансен ввел в биологию термин «популяция».

Один из крупнейших советских ученых Владимир Иванович Вернадский (1863—1945) (рис. 1.1.16) в 20-х гг. прошлого века создает учение о биосфере. В 1926 г. он опубликовал свой

известный труд «Биосфера». В этой книге биосфера впервые показана как единая динамическая система, основную роль в которой играют живые организмы. Вернадский показал, что химическое состояние наружной коры нашей планеты всецело находится под влиянием жизни и определяется живыми организмами, с деятельностью которых связан круговорот веществ — миграция химических элементов в биосфере.

Именно идеи Вернадского послужили толчком к разработке французским математиком Эдуардом Леруа концепции о ноосфере. В 1927 г. он впервые употребил термин «ноосфера». Своим соавтором ученый назвал геолога и палеонтолога Пьера Тейяра де Шардена (рис. 1.1.17).



Рисунок 1.1.17 — Т. де Шарден

В 1927 г. известный эколог Ч. Элтон, ввел понятие «экологическая ниша» и сформулировал правило экологических пирамид. В его учебнике по экологии акцентировано внимание на своеобразии биоценотических процессов, впервые отчетливо выделено направление «популяционная экология».

Известным английским ботаником и экологом Артуром Тенсли (1871—1955) (рис. 1.1.18) в 1935 г. был впервые предложен термин «экосистема», хотя представления о такой совокупности компонентов живой и неживой природы уже существовали. Тенсли обозначил этим термином любую совокупность совместно обитающих организмов и окружающую их среду. Концепция экосистемы А. Тенсли согласуется с общей теорией систем Людвига фон Бергаланфи, согласно которой целое представляет собой нечто большее, чем сумма составляющих его элементов, поскольку главная характеристика целого — взаимодействие, протекающее между его различными элементами.

В 1942 г. советский ученый-лесовед и эколог Владимир Николаевич Сукачев (1880—1967) (рис. 1.1.19) создал учение о биогеоценозе и сформулировал основные его положения. Он разработал



Рисунок 1.1.18 — А. Тенсли



Рисунок 1.1.19 — В. Н. Сукачев

систему понятий о лесном биогеоценозе как о природной системе, однородной по всем параметрам: растительному покрову, миру животных и микроорганизмов, по поверхностной горной породе, гидрологическим, почвенным, микроклиматическим условиям, по типу взаимодействий, обмена веществом и энергией между его компонентами и между ними и другими природными явлениями. В. Н. Сукачев считал, что биогеоценоз — это совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, растительности, животного мира и мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий), имеющая свою особую специфику взаимодействий слагающих ее компонентов и определенный тип обмена веществом и энергией их между собой и другими явлениями природы и представляющая собой внутреннее противоречивое единство, находящееся в постоянном движении, развитии.

До сих пор нет однозначной позиции относительно использования терминов «экосистема» и «биогеоценоз». Ряд ученых употребляют эти два термина как тождественные понятия, другие разводят их, используя «биогеоценоз» только для наземных экосистем. В зарубежной литературе термин «биогеоценоз» в экологической литературе практически не употребляется.

В 1942 г. американским ученым Р. Линдемманом были изложены основные методы расчета энергетического баланса экологических систем.

Во второй половине XX в. происходит своего рода «экологизация» современной науки. Это связано с осознанием огромной роли экологических знаний, с пониманием того, что непродуманная деятельность человека зачастую не просто наносит вред окружающей среде, но и угрожает самому существованию человечества и жизни на Земле.

Крупный советский и российский ученый-эколог Н. Ф. Реймерс (1931—1993) представил общую экологию как вершину естествознания — мегаэкологию, вокруг которой концентрируются другие научные дисциплины, связанные с актуальными проблемами цивилизации и угрозой экологического кризиса.

Большой вклад в развитие экологии внесли такие советские ученые, как Г. Г. Винберг, Г. В. Жадин, В. И. Жадин, Л. А. Зенкевич, С. А. Зернов, Б. Г. Иоганзен, Г. В. Никольский (экология водных экосистем и гидробионтов); М. С. Гиляров (экология почвенных организмов); Г. Я. Бей-Биенко, И. В. Кожанчиков, В. В. Яхон-

тов (экология насекомых); В. Н. Беклемишев, В. В. Догель, Е. Н. Павловский (экологические основы паразитологии); А. Г. Банников, Н. И. Калабухов, Н. П. Наумов, Г. А. Новиков, А. Н. Промтов, П. В. Терентьев, А. Н. Формозов, С. С. Шварц (экология пресмыкающихся, птиц и млекопитающих); В. В. Алехин, Т. К. Горышиной, Н. В. Дылис, Б. А. Келлер, А. А. Молчанов, Г. И. Поплавская, Т. А. Работнов, Л. Г. Раменский, В. Н. Сукачев, П. Д. Ярошенко (экология растений) и другие.

Из фундаментальных работ зарубежных экологов следует отметить следующие: «Экология животных» (1926) А. Пирса, «Экология животных» (1933) Ч. Элтона, «Лабораторная и полевая экология» (1929) В. Шелфорда, «Экология животных» (1963) А. МакФадиена, «Экология растений» (1935) В. Мак-Дуголла, «Агроэкология» (1965) и «Сельскохозяйственная экология» (1971) В. Тишлера, «Биология популяций» (1966) Р. Макартура и Дж. Коннела, «Основы экологии» (1960, 1971) Ю. Одума и Г. Одума, «Основы экологии» (1972, 1975) Р. Дажо, «Географическая экология: закономерности распространения видов» (1972) Р. Макартура, «Экология» Ю. Одума (1983, 1986), «Эволюционная экология» (1978, 1981) Э. Пианка, «Экология» (1979) Р. Риклефса, «Основы прикладной экологии» (1981) Ф. Рамада, «Экология. Особи, популяции и сообщества» (1986, 1989) М. Бигона, Дж. Харпера и К. Таусенд.

На территории Беларуси развитие экологии связано с целым рядом известных белорусских ученых. Среди них значительный вклад в изучение экологии животных внесли такие ученые, как Г. Г. Винберг, Н. Н. Галковская, М. С. Долбик, П. И. Жуков, Т. Г. Иоаннисиани, Л. Т. Крушев, А. Н. Курсков, И. К. Лопатин, М. Е. Макушок, О. Н. Мержеевская, М. М. Пикулик А. И. Радкевич, В. А. Радкевич, Б. П. Савицкий, В. Ф. Самерсов, Н. Н. Сержанин, Л. М. Сущеня, А. В. Федюшин, Н. Н. Хмелева, Э. И. Хотько и др. Исследования по экологии растений успешно проводились и проводятся В. В. Адамовым, Н. А. Буртыс, В. С. Гельтманом, Д. С. Голодом, В. А. Ипатьевым, Н. Д. Нестеровичем, В. И. Парфеновым, Е. А. Сидорович, А. Т. Федоруком, Н. В. Шкутко, И. Д. Юркевич, Б. И. Якушевым и многими другими. В области изучения экологии грибов значительный вклад внесли С. В. Горленко, В. Г. Иванюк, В. Ф. Купревич, Г. И. Сержанина, Н. И. Федоров и др. Вопросам экологии человека посвящены работы С. В. Хоревой. В области прикладной

экологии наиболее значительными являются работы Л. В. Елизаровой «Экология урбанизированных территорий», И. И. Лиштвана «Экологические аспекты природопользования» и др.

1.1.7 Междисциплинарные связи современной экологии. Экология в жизни человека

Экология в настоящий момент является одним из интенсивно развивающихся разделов биологии. Она возникла на фундаменте таких частных биологических дисциплин, как зоология, ботаника и т. д. Ведь экология изучает взаимоотношения животных, растений и других организмов между собой и со средой обитания, а данные таксономические группы (царства) являются объектами изучения той же зоологии, микробиологии, ботаники и микологии. Все эти науки включают в багаж своих исследований и экологическую составляющую.

Неудивительно и то, что у экологии тесные связи с общими биологическими науками, такими как, например, систематика. В этой науке в качестве обязательного выступает экологический критерий, в частности при выделении видов. В то же время экология не может функционировать без объективной системы организмов для установления точного таксономического положения изучаемых видов, входящих в биологические макросистемы, определения их видовой и экологической структуры. В последнее время произошло сближение экологии с анатомией и морфологией. Это позволяет не только выявить особенности внешнего или внутреннего строения организма, но и объяснить их с экологической точки зрения, дает возможность проследить эволюционные и филогенетические процессы. Тесные связи установились между экологией и физиологией. Экологические и физиологические результаты исследований используются учеными, работающими в обеих научных сферах. Довольно интенсивно развивается сотрудничество экологии и генетики. Это позволяет проследить экологические механизмы наследственности и эволюции организмов. В тесной взаимосвязи с экологией находятся биогеография, этология (наука о поведении животных), палеонтология, археология и другие науки.

Экологическая трактовка необходима и при решении определенных задач в области физиологии, морфологии, систематики,

биогеографии, поскольку любые биологические исследования в той или иной степени изучают жизнь животных и растений в природных условиях [16].

Довольно тесные связи экологии с такими науками, как климатология, метеорология, ландшафтоведение, геоморфология и почвоведение, что позволяет более полноценно оценить степень и последствия воздействия абиотических факторов на организм и биологические макросистемы, проследить их динамику, а также понять роль живого вещества в жизни планеты. На основе взаимодействия экологии с другими естественными науками возникли такие разделы, как геоэкология (география, геология и экология), палеоэкология (экология и палеонтология). Экологи в своих исследованиях широко применяют достижения таких естественных наук, как физика и химия.

Юджин Одума считал, что экология становится все более цельной дисциплиной, которая связывает естественные и гуманитарные науки. На стыке экологии и социологии возникла социальная экология. Довольно прочные связи экологии с философией, историей, археологией, педагогикой и другими гуманитарными науками.

Экология не может обойтись без математики и информационных технологий, особенно при решении задачи прогнозирования и моделирования экологических ситуаций.

В век научно-технического прогресса, когда усиливается воздействия человека на природу, экология приобретает особенно важное значение, в первую очередь как источник теоретических знаний для охраны природы и рационального природопользования. Достижения экологии также успешно применяются в сельском, лесном и охотничье-промысловом хозяйствах, геологии, рекреации, туризме, медицине, ветеринарии и других сферах человеческой деятельности.

Очевидна роль экологии в разработке и реализации концепций образования и воспитания, направленных на построение гармоничного сосуществования общества и природы. В целом, тяжело найти отрасль жизни человека, где бы не использовались экологические знания, что объясняется желанием нашего общества избежать глобальной экологической катастрофы, угрожающей жизни на планете.

1.1.8 Понятие охраны природы

Термин «охрана природы» впервые был принят в 1913 г. на I Международном съезде по охране природы, который прошел в Швейцарии. В 1971 г. на I Европейской рабочей конференции по природоохранному просвещению было признано, что понятия «охрана природы» и «охрана окружающей среды» являются синонимами.

Охрану природы следует рассматривать и как отдельную науку, и как систему мероприятий [11].

Охрана природы — комплексная наука, разрабатывающая общие принципы и методы сохранения, восстановления и улучшения природной среды и природных ресурсов.

Охрана природы — система мероприятий, направленных на поддержание рационального взаимодействия человека и окружающей среды, обеспечивающая сохранение и восстановление природных богатств, предупреждающая вредное воздействие хозяйственной деятельности на природу и здоровье человека.

Охрана природы как наука базируется на достижениях экологии, но представляет собой отдельную комплексную дисциплину, функционирующую на стыке естественных, технических и гуманитарных наук. Данное понятие не является синонимом «экологии».

Задачами охраны природы выступают:

- оценка ресурсного потенциала экосистем;
- предотвращение вредного воздействия хозяйственной деятельности на биосферу и человека;
- поддержание и восстановление ресурсного потенциала Земли посредством рационального природопользования;
- создание и обеспечение функционирования особо охраняемых природных территорий;
- проведение экологического и природоохранного просвещения.

Охрана природы проявляется в пяти аспектах [21].

Хозяйственно-экономический аспект связан с расходом людьми природных ресурсов. В этом аспекте наиболее остро стоит вопрос охраны невозобновимых природных ресурсов.

Здравоохранительный, или оздоровительно-гигиенический аспект охраны природы обусловлен интенсивным загрязнением природной среды, а также оздоровительным значением природы в процессе отдыха и лечения человека.

Важное значение приобретает эстетический аспект охраны природы, который заключается, прежде всего, в сохранении эстетически ценных мест планеты.

Любовь к природе, развитие навыков проявления заботы о животных и растениях проявляются в воспитательном аспекте охраны природы.

Научно-познавательный аспект предусматривает необходимость сохранения эталонов природы для изучения законов, управляющих природными комплексами, сохранения генофонда на планете, изучения эволюции и отыскания путей управления биосферными процессами в интересах человека.

Вопросы для самоконтроля

1. Кто является автором термина «экология»?
2. Дайте определение понятия «экология».
3. Какие категории биологических систем вам известны?
4. Нарисуйте схему интеграции организмов в биологические макросистемы.
5. Каково содержание экологии как научной дисциплины?
6. Что является объектом исследования экологии?
7. Каковы основные задачи экологии на современном этапе?
8. Какие разделы экологии вам известны?
9. Перечислите три основные группы методов исследований, применяемых в экологии.
10. Какие из античных и средневековых ученых внесли вклад в накопление экологических знаний?
11. Кто является авторами учений о биоценозе, биогеоценозе, экосистеме и биосфере?
12. Назовите ученых, с именами которых связано развитие экологии в Беларуси.
13. Каковы междисциплинарные связи экологии?
14. Каково значение экологии в жизни человека?
15. Дайте определение понятия «охрана природы».
16. Каковы задачи охраны природы?
17. Что выступает в качестве задач охраны природы?

Раздел 2

ЭКОЛОГИЯ ОСОБЕЙ

2.1 Организм и окружающая среда

2.1.1 Окружающая среда и условия существования организма

Окружающая среда (среда обитания) — это все то (тела и явления), что окружает организм и прямо или косвенно воздействует на него. Она состоит из компонентов живой природы (живые организмы) и неживой (грунт, вода, воздух и др.).

Живая и неживая природа в биосфере не существуют отдельно и независимо. Так, разнообразие, численность живых организмов, их состояние, процессы размножения и развития, другие проявления жизнедеятельности непосредственно зависят от качества и количества компонентов неживой природы (химического состава воды, структуры почвы, наличия минеральных веществ, уровня влажности, скорости течения и т. д.). В то же время свойства почвенного покрова, грунта, донных отложений, водной среды и атмосферы обусловлены не только геологическими причинами, но и жизнедеятельностью различных организмов, в том числе и человека. Компоненты окружающей среды могут действовать как позитивно, так и негативно на организм, ряд компонентов среды являются безразличными для него.

Организм на протяжении всей своей жизни взаимодействует с различными компонентами окружающей среды. Он находится в прямой или косвенной зависимости от всего того, что его окружает, вступая с ними в обязательные (постоянные) или необязательные (случайные) связи. Так, жук-плавунец (*Dytiscus*) находится в обязательных связях с водной средой, атмосферным воздухом, пищевыми объектами (личинки и взрослые насекомые, мальки рыб и головастики и др.), водными растениями, которые также формируют среду его обитания. С таким же компонентом окружающей среды, как камень на дне пруда он на протяжении своей жизни может не вступить в связь вообще или единовременно (случайно) использовать его как место отдыха или

засады. Компоненты среды, которые организму нужны для обеспечения своей жизнедеятельности и с которыми он находится в обязательных связях, формируют условия существования.

Условия существования (условия жизни) — совокупность необходимых для организма компонентов среды, с которыми он находится в неразрывном единстве и без которых не может существовать.

Наличие и количество необходимых для организма компонентов среды — обязательная составляющая его успешного существования. Любой организм, вне зависимости от видовой принадлежности окружают не только положительно действующие компоненты среды. Комплекс благоприятных и неблагоприятных природных компонентов (погода и климат, воздух, вода, пищевые объекты, хищники, паразиты, симбионты, конкуренты и т. д.) образуют среду, к которой должны приспособиться как отдельная особь, так и вид в целом. В результате борьбы за существование единственной наградой организму выступает жизнь и возможность продолжить свой род. Все компоненты, влияющие на организм, называются экологическими факторами.

2.1.2 Экологические факторы и их классификация

Экологические факторы — это комплекс необходимых организму и отрицательно на него воздействующих компонентов живой и неживой природы.

По происхождению и характеру действия экологические факторы делятся на три группы: абиотические, биотические и антропогенные факторы.

Абиотические факторы — это совокупность воздействий компонентов неживой природы на живую. Данная группа делится на две подгруппы:

- химические факторы (химический состав воды, атмосферы, почвы и т. д.);
- физические факторы (ветер, влажность, солнечная радиация, атмосферное давление, свет, температура и т. д.)

Биотические факторы (отношения) — это совокупность влияния одних организмов на другие. Эти факторы носят разнообразный характер и проявляются во взаимоотношениях при совместном обитании. Они делятся на внутривидовые (популяционные) и межвидовые. К последним относятся хищничество, паразитизм, симбиоз, квартиранство и др.

Антропоические (антропогенные) факторы — это совокупность воздействий человека на живую природу: изменение химического состава воздуха, осушение болот, вырубка лесов, охота, заготовка растительного сырья и т. д.

2.1.3 Воздействие экологических факторов на организм

Экологические факторы всегда действуют совместно, в виде сложного комплекса. Все факторы среды взаимосвязаны и среди них нет абсолютно безразличных для организма. Действие одного фактора может ослабляться или усиливаться совместным действием другого. Так, например, нехватка влаги может усилить негативное действие высокой температуры воздуха на земноводных. Достаточное количество пищи для зимующих птиц может ослабить отрицательное воздействие на них низкой температуры.

Факторы могут действовать на организм прямо или косвенно.

Прямое воздействие экологического фактора — непосредственное влияние компонента среды на организм.

Так, нападение волка на косулю является примером прямого негативного действия хищника на жертву. Перенос ветром семян клена является примером позитивного действия абиотического фактора на организм.

Косвенное воздействие экологического фактора — опосредованное влияние на организм через один или несколько компонентов среды.

Примером косвенного воздействия антропогенного фактора может служить следующая ситуация. Мелиорирование заболоченной территории вызвало снижение уровня грунтовых вод, что привело к угнетению елей на окраине осушенного болота. А это, в свою очередь, способствовало увеличению численности короеда-типографа (*Ips typographus*) (рис. 2.1.1), повреждающего ели, которые в



Рисунок 2.1.1 — Короед-типограф

угнетенном состоянии не могут продуцировать достаточное количество смолы для защиты от короедов. Таким образом, мелиорация косвенно негативно повлияла на популяцию ели через грунтовые воды и короеда-типографа. Кроме того, очевидно косвенное позитивное воздействие мелиорации как экологического фактора на короеда-типографа через два компонента среды: грунтовые воды и ели. Прямого же воздействия на елей и короедов мелиорация не оказывала.

Вторым примером косвенного воздействия факторов на организм является воздействие температуры воздуха и влажности почвы на колорадского жука через картофель. В случае, если данные факторы обеспечивают оптимальные условия для развития растений, являющихся кормом для жуков-фитофагов, они соответственно влияют позитивно на жизнедеятельность последних, которые получают достаточно пищи.

У организмов в процессе эволюции выработались приспособления к восприятию факторов в определенном диапазоне, т. е. в количественных пределах. Эффект воздействия экологических факторов зависит не только от их характера, но и от дозы, воспринимаемой организмом. Для каждого вида существует конкретная доза (количество фактора), наиболее благоприятная для него. Уменьшение или увеличение этой дозы относительно пределов оптимального диапазона снижает интенсивность жизнедеятельности организма, а при достижении максимума или минимума приводит к гибели (рис. 2.1.2). При отклонении интенсивности (дозы) фактора от *оптимума*, т. е. такого количества фактора, при котором организм чувствует себя наиболее благоприятно, снижается степень комфортности организма. Чем больше доза фактора отклоняется от оптимальной для данного вида величины (как в сторону повышения, так и понижения), тем сильнее угнетается организм. Границы, за которыми существование организма невозможно, называются *нижним* и *верхним пределами выносливости*. Интенсивность экологического фактора, дающая наихудший эффект воздействия на организм, при котором организм максимально угнетен, но еще существует, называется *пессимумом экологического фактора*.

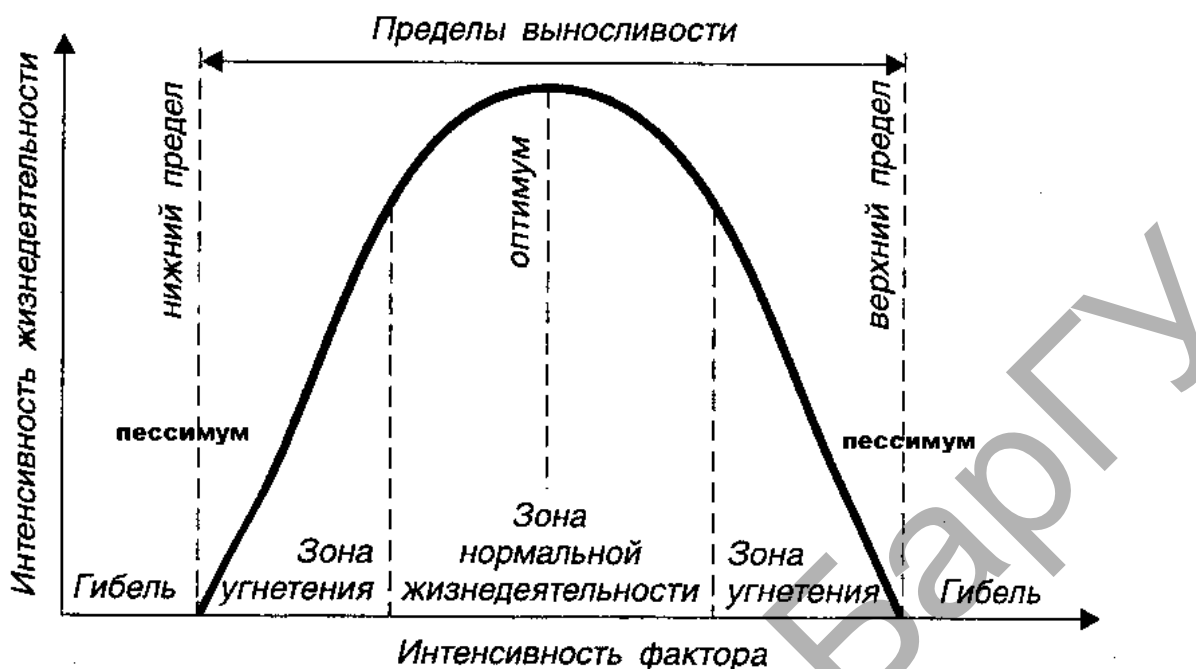


Рисунок 2.1.2 — Зависимость эффекта воздействия экологического фактора от его интенсивности (по Радкевичу [16] с изменениями)

Для любого фактора выделяются два пессимума: по верхнему и нижнему пределам выживаемости организма. Значения оптимума и пессимума видоспецифичны, т. е. различаются у организмов разных видов.

2.1.4 Экологическая пластичность (валентность)

Для каждой особи и вида в целом, как говорилось выше, есть свои пределы выживаемости. Они неодинаковы не только для разных видов, что часто объясняется приспособлением их к разным условиям обитания, но и для отдельных стадий развития одного организма.

Для цветковых растений характерны разные оптимальные температуры цветения, плодоношения и прорастания. В зависимости от того, какой уровень оптимума наиболее приемлем для видов по отношению к конкретному фактору среды различают тепло- и холодолюбивые, свето- и тенелюбивые, влаго- и сухолюбивые виды. Для каждого вида характерна определенная степень выносливости по отношению к экологическому фактору. Так, растения и животные умеренной зоны могут суще-

ствовать в довольно широком температурном диапазоне, тропические же виды не могут переносить значительных колебаний температуры.

Способность вида адаптироваться к тому или иному диапазону фактора или факторов среды называется **экологической пластичностью (валентностью)** вида. Чем шире диапазон колебаний экологического фактора, в пределах которого данный вид может существовать, тем больше его экологическая пластичность (выше экологическая валентность).

Виды, способные существовать при узком диапазоне экологического фактора, т. е. при небольших отклонениях дозы фактора от оптимальной величины, называются **узкоспециализированными (стенобионтными)** (stenos — узкий)), а выдерживающие значительные колебания дозы фактора — **широкоспециализированными (широкоприспособленными, или эврибионтными)** (euros — широкий)). Организмы могут быть узко- или широкоспециализированными по отношению к одному или нескольким экологическим факторам. К первым (по отношению к солености воды) относится большинство морских животных и растений (кораллы, медузы, морские черепахи, морские рыбы, красные водоросли и др.), нормальная жизнедеятельность которых сохраняется лишь при высокой концентрации солей в воде. К этой же группе относятся и типичные обитатели пресных вод (пресноводные губки, рыбы, водоросли и др.), которые приспособлены к низкому содержанию солей в среде и не могут выжить в соленой воде. Следовательно, типичные морские и пресноводные виды обладают невысокой экологической пластичностью по отношению к солености воды. По отношению к этому фактору широкоспециализированным видом является трехиглая колюшка (*Gasterosteus aculeatus*), которой свойственна большая экологическая пластичность, поскольку она может жить в пресных, солоноватых и даже в соленых водах (рис. 2.1.3).

Стенобионтность и эврибионтность разных видов зависят от длительности обитания организмов в тех или иных условиях среды и стабильности данных условий. Стабильность среды обитания позволяет в той или иной мере адаптироваться к определенному диапазону экологических факторов, что способствует большему выживанию особей. Виды, длительное время развивавшиеся в относительно стабильных условиях, утрачивают экологическую пластичность и вырабатывают черты стенобионтности. Виды, которые живут при значительных колебаниях факторов среды, приобретают повышенную экологическую пластичность и становятся эврибионтными.



Рисунок 2.1.3 — Коллюшка трехиглая

Для обозначения отношения организмов к колебаниям того или иного фактора (их экологической пластичности) существует ряд терминов, в которых используются приставки *эври-* или *стено-* [13]. Так, по отношению к температуре различают эври- и стенотермные организмы (рис. 2.1.4), к воде — стено- и эвригидрические, к концентрации солей — эври- и стеногалинные, к пище — стено- и эврифаги, к свету — эври- и стенофотные и т. д.

В природе не существует экологически пластичных (эврибионтных) организмов по отношению ко всем факторам окружающей среды. Чаще всего эври- или стенобионтность проявляется по отношению к одному фактору. Так, рыжий таракан (*Blatella germanica*) экологически пластичен по отношению к пищевому фактору, но чувствителен к колебаниям влажности и температуры.

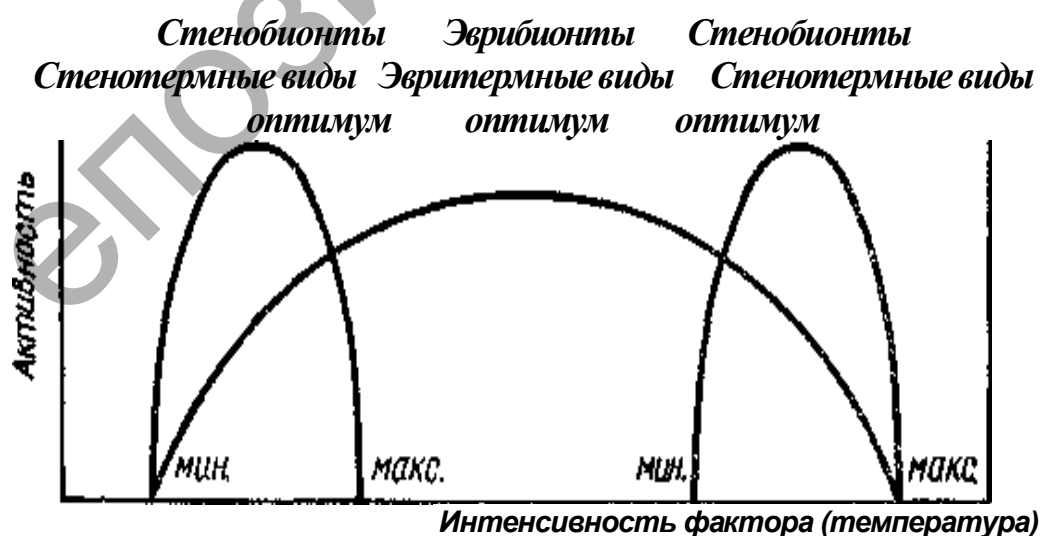


Рисунок 2.1.4 — Экологическая пластичность видов (по Ruttner, 1963, из [13])

Очень мало эврибионтных видов по отношению ко многим экологическим факторам (определенные виды микроорганизмов, грибов). Некоторые виды являются эврибионтными по отношению к нескольким факторам. Например, черная крыса (*Rattus rattus*) широкоспециализирована по отношению к пище, температуре, влажности, атмосферному давлению. Это способствует ее широкому распространению от полярных широт до тропических лесов Центральной Африки. В целом, эврибионтность к нескольким факторам обычно способствует широкому распространению видов. Примером является один из видов жуков-водолюбов (*Cercyon quisquilius*), обитающий в различных органических остатках (навозе, гниющих грибах, растительных остатках и т. д.), который пластичен по отношению к температуре, является космополитом и распространен на всех континентах, за исключением Антарктиды.

Стенобионтность же обычно предусматривает наличие у вида небольшого ареала. Это условие четко соблюдается для видов стенобионтных к нескольким факторам. Примером могут служить специализированные обитатели пещер (насекомые, многоножки, рыбы и др.), эндемики островов, глубоководные животные, горные виды животных и растений, ареал которых может быть ограничен одним горным хребтом или склоном горы. Довольно часто виды, узкоспециализированные к какому-нибудь одному фактору (например, пищевому), имеют довольно обширный ареал. Так, специализированная хищная скопа (*Pandion haliaetus*), питающаяся рыбой, широко распространена в Евразии и Северной Америке, встречается в Африке, Австралии, на Филиппинах, в Индонезии и Меланезии. Это указывает в то же время на ее эврибионтность по отношению к другим факторам среды: температуре, влажности и т. д. Огромный ареал скопы объясняется и тем, что она специализирована к питанию не одним видом жертв, а различными видами рыб, т. е. целой группой видов позвоночных.

В случае если организм питается только одним видом, его ареал часто совпадает с ареалом вида — источника пищи. Такое явление характерно для растительноядных животных (фитофагов) и растений. Например, юкковая моль (*Pronuba*) имеет такой же ареал, как и североамериканская юкка (*Yucca*), в плодах которой развиваются гусеницы этой бабочки. Узкая пищевая специализация не позволяет бабочке расширить свой ареал, несмотря на толерантность к температуре и другим факторам.

Избирательное отношение организмов к разным факторам может препятствовать или способствовать заселению той или иной территории. В результате один фактор, ограничивающий распространение одних видов, может оказаться благоприятным для других. Так, для адаптированных к пресной воде растений и животных высокая концентрация солей морей и океанов является препятствием для заселения морских экосистем. Морские животные и растения не способны существовать в пресноводных экосистемах. Тропические виды организмов из-за низкой экологической пластичности к температуре не могут жить в зонах с умеренным климатом.

2.1.5 Лимитирующий фактор

Несмотря на то, что факторы среды действуют на организм в виде сложного комплекса, среди них есть менее и более значимые. Эта значимость может меняться с течением времени, в зависимости от стадии развития организма, времени года, наличия видов-симбионтов или конкурентов и других условий среды. Границы выживаемости организма по отношению к какому-то одному фактору зависят от других воздействий. Например, при оптимальной влажности почвы у растений умеренного климата возрастает выносливость к неблагоприятной высокой температуре.

Подобная компенсация воздействия факторов в любом случае ограничена. Ни один из них не может в полной мере заменить или нейтрализовать действие другого. Поэтому жизнедеятельность организма (способность к расселению, увеличению численности и т. д.) лимитируется тем фактором, который сильнее отклоняется от оптимальной для вида величины. В этом случае организм получает дозу фактора, близкую к пределам выживаемости. Если в количественном выражении хотя бы один из факторов выходит за пределы выносливости вида, то существование последнего становится невозможным, как бы ни были благоприятны остальные условия. Такой фактор называется лимитирующим, или ограничивающим.

Лимитирующий (ограничивающий) фактор — это фактор, уровень которого в качественном или количественном отношении (недостаток или избыток) оказывается близким к пределам выносливости данного организма [16].

В качестве лимитирующего фактора могут выступать и абиотические, и биотические, и даже антропогенные факторы.

Для организмов в пустыне лимитирующим фактором является вода.

Лимитирующим фактором распространения бука (*Fagus sylvatica*) в Европе является низкая температура января. Поэтому северные границы его ареала соответствуют январской изотерме — «минус» 2°C [16].

Ограничивающим фактором, препятствующий лосю (*Alces alces*) расширить свой ареал на север в Сибири, оказываются низкие температуры зимой. В Скандинавии, однако, лось встречается значительно севернее, чем в Сибири, несмотря на то, что в последней средняя годовая температура выше.

Фактором, лимитирующим распространение рыжего таракана в умеренных и северных широтах, является наличие подходящих (т. е. отапливаемых) зданий.

Для организма может быть выделен не один, а несколько лимитирующих факторов. Температура воды является лимитирующим фактором для рифообразующих кораллов, которые обитают в основном в тропиках при температуре не ниже «плюс» 20,5°C. Кроме того, распространение многих рифообразующих кораллов ограничивается и количеством света. Многие из кораллов не могут существовать без своих симбионтов, которыми являются так называемые водоросли-зооксантеллы (*Dinoflagellata*). Они выступают в роли своеобразных «органов выделения» кораллов, поглощая из его организма углекислый газ и другие продукты обмена (производные азота и фосфора), обеспечивая себя необходимым неорганическим веществом. Коралл получает достаточное количество кислорода, что способствует увеличению скорости образования известкового скелета коралловых колоний. Водоросли не могут существовать без достаточного количества света, обеспечивающего процесс фотосинтеза. В связи с этим кораллы в основном обитают на глубине не более 50 м.

Для зимующих в средней полосе воробьиных птиц лимитирующими факторами в холодный период выступают низкая температура и наличие пищи.

В разных участках ареала факторы, ограничивающие распространение и численность организмов, могут быть различны. Распространение бурого медведя на север ограничивают низкая температура и наличие пищи, а на юг — высокая температура. Вид лимитирующего фактора зависит и от сезона (времени года). Такой

фактор, как низкая температура, перестает выступать как лимитирующий для воробьиных птиц в летний период.

Один и тот же фактор некоторое время может выступать как ограничивающий, а затем перестает им быть в зависимости от стадии развития организма. Это связано с тем, что многие животные и растения в период размножения и развития более чувствительны к неблагоприятным условиям. Так, численность водных жуков (Dytiscidae, Hydrophilidae) на личиночной стадии развития в теплый сезон лимитируется низкой температурой воды, так как она способствует увеличению числа паразитических водных грибков, поражающих личинок и сокращающих их численность. На взрослых жуков этот фактор не оказывает такого губительного действия.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют окружающей средой. Из чего она состоит?
2. Что такое условия существования (условия жизни)?
3. Что понимают под экологическими факторами?
4. Приведите классификацию экологических факторов.
5. Приведите примеры абиотических, биотических и антропогенных факторов.
6. Охарактеризуйте прямое и косвенное воздействие экологического фактора. Приведите примеры.
7. Что такое пределы выживаемости, оптимум и пессимум экологического фактора?
8. Что называют экологической пластичностью?
9. Дайте определение лимитирующего фактора. Приведите примеры лимитирующих факторов для разных видов организмов.
10. Может ли действие лимитирующего фактора зависеть от времени года, стадии развития организма и других условий? Приведите примеры.

Раздел 3

ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ

3.1 Популяция как саморегулирующаяся система

3.1.1 Понятие популяции

Термин «популяция» (население) был заимствован из демографии. Впервые в биологии он был употреблен датским ученым Вильгельмом Л. Йогансеном в 1903 г.

Популяция, как группа совместно обитающих особей одного вида, представляет собой биологическую макросистему и является первым уровнем надорганизменной интеграции.

В популяцию входят только особи одного вида. Совместное проживание способствует решению задачи размножения вида, а также более эффективному расселению, поддержанию оптимальной численности внутри группировки, противодействию негативным факторам среды (холод, хищники, конкуренты и др.).

Популяция — совокупность особей определенного вида, занимающих территорию в течение большого числа поколений, обладающая всеми необходимыми условиями для поддержания своей численности неограниченно длительное время в постоянно изменяющейся окружающей среде

Примерами популяции могут выступать популяция зайца-беляка, популяция благородного оленя, популяция одуванчика лекарственного.

Популяции в совокупности образуют вид, являясь его генетическими единицами. Приспособительные возможности популяции гораздо шире, чем у отдельно взятых особей, поэтому популяция делает вид потенциально бессмертным. Но в реальности виды не могут существовать вечно. В процессе эволюции, под воздействием изменяющихся экологических условий, исчерпав свои адаптивные ресурсы, виды, в конце концов, вымирают, а им на смену приходят новые, более приспособленные.

Популяциям свойственен рост, развитие, способность поддерживать свои параметры в постоянно меняющихся условиях (саморегуляция), т. е. популяции обладают конкретными генетическими и экологическими характеристиками. Популяции одного вида могут состоять из разного числа особей, занимать разные по площади территории, т. е. иметь отличительные черты. В зависимости от размеров, занимаемой популяциями территории существует определенная иерархия этих биологических систем.

3.1.2 Иерархия популяций

Иерархия популяций, предложенная Н. П. Наумовым, предполагает пространственное деление их на локальные, экологические и географические [16].

Локальная (элементарная) популяция — это совокупность особей вида, занимающих какой-то небольшой участок однородной территории.

Количество локальных популяций, на которые распадается вид, зависит от разнородности условий в экосистеме: чем они однообразнее, тем меньше элементарных популяций, и наоборот (рис. 3.1.1).

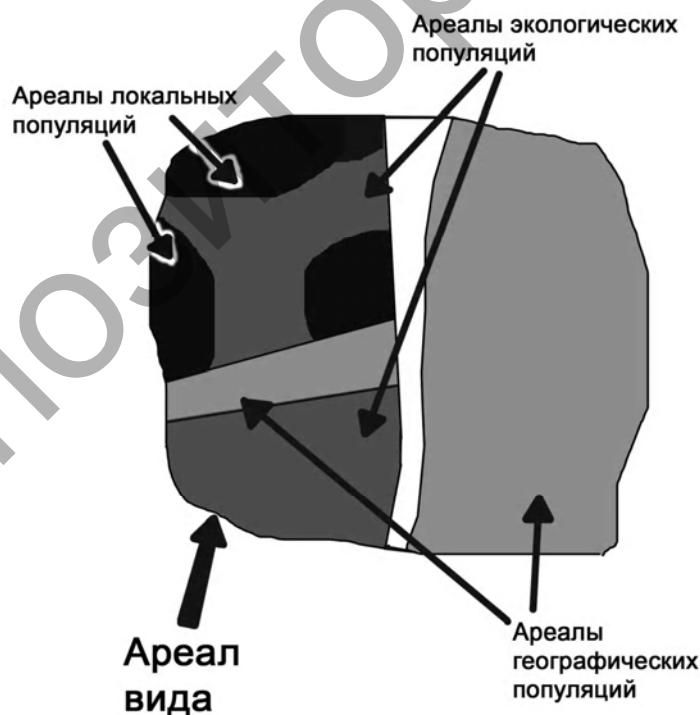


Рисунок 3.1.1 — Иерархия популяций

Так, в одном крупном озере из-за различия условий могут существовать несколько локальных популяций ершей или какого-либо другого вида рыб. Нередко эти популяции объединяются (например, для зимовки). Такое смешение особей элементарных популяций стирает границы между ними. В принципе, эти границы выделить иногда достаточно сложно.

Экологическая популяция складывается из локальных популяций и представляет собой совокупность особей вида, приуроченных к конкретным экосистемам.

Например, белка (*Sciurus vulgaris*) заселяет различные типы леса, поэтому могут быть четко выделены «сосновые», «елово-пихтовые» и другие экологические популяции этого вида [16].

Экологические популяции, как и локальные, слабо изолированы друг от друга, и обмен особями и соответственно генетической информацией между ними происходит довольно часто, но реже, чем между элементарными популяциями. Особи в экологических популяциях внешне не отличаются друг от друга, но могут отличаться некоторыми аспектами поведения, к примеру, пищевого. Это связано с различием условий обитания в разных экосистемах и соответственно различием в спектре пищевых объектов (если конечно вид не имеет узкой пищевой специализации). Так, водный жук-полоскун (*Acilius*) в естественных экосистемах (болот, озер, рек) питается в основном донными беспозвоночными (личинками насекомых и кольчатыми червями), а в рыбопродуктивных прудах переходит на питание мальками первых возрастов рыб, изменяя свое охотничье поведение.

Географическая популяция складывается из экологических и охватывает группу особей, заселяющих территорию с географически однородными условиями.

Географические популяции довольно четко разграничены разными географическим барьерами (горы, крупные реки, пустыни и т. д.) и относительно изолированы. Особи в них различаются рядом морфологических, анатомических, экологических, физиологических, поведенческих характеристик: окраской, густотой шерсти, плодовитостью, размерами и т. д.

В природе границы и размеры популяций определяются особенностями не только заселяемой территории, но и главным образом свойствами самой популяции. В основе всегда лежит степень ее генетического и экологического единства. Как указывает

Н. П. Наумов, раздробление вида на множество мелких территориальных группировок является процессом приспособления к огромному разнообразию местных условий. Это увеличивает генетическое многообразие вида и обогащает его генофонд [16].

Примерами географических популяций могут служить популяции бурого медведя (*Ursus arctos*) в разных частях его ареала. Так, тьяншаньский бурый медведь имеет более густую и светлую шерсть, чем евразийский медведь, а американский бурый медведь кодыак, обитающий на Аляске, значительно крупнее и темнее окрашен, чем оба вышеупомянутых. Часто географические популяции в систематике рассматриваются в качестве специальной таксономической категории — подвидов.

Изоляция даже между отдельными географическими популяциями не абсолютна. Особи мигрируют, переходя из одной популяции в другую, преодолевая барьеры. В первую очередь, это молодые особи, у которых срабатывает инстинкт расселения. Обмен особями между разными географическими популяциями влечет и обмен генетической информацией. Это возможно потому, что, несмотря на различия, все особи в разных географических популяциях относятся к одному виду, например, к виду бурый медведь.

Совокупность всех популяций представляет собой более крупную биологическую макросистему, которая называется видом.

3.1.3 Понятие вида

Вид — биологическая макросистема, состоящая из организмов, обладающих характерными особенностями внешнего и внутреннего строения, поведения, генетическими, экологическими, биохимическими и физиологическими особенностями, занимающих определенную территорию (ареал), свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство.

Популяции являются внутривидовыми группировками. Любая популяция выступает в качестве генетической единицы вида. Их изменения обуславливают эволюцию данного вида.

В отличие от популяции вид, как биологическая система, не обладает способностью к саморегуляции. Саморегуляция таких параметров, как численность вида или его плотность может осуществ-

ляться только на уровне популяции, биоценоза и т. д. С точки зрения теоретической экологии, исходя из вышесказанного, вид — это систематическая биосистема, используемая для классификации, реально несуществующая группировка взаимосвязанных организмов. Хотя с точки зрения систематики, именно вид является реально существующей категорией, в отличие от родов, семейств, триб, отрядов и т. д.

3.1.4 Основные параметры популяции

Основными параметрами популяции являются численность и плотность.

Численность популяции — это общее количество особей на данной территории или в данном объеме.

Она никогда не бывает постоянной и зависит от соотношения рождаемости и смертности. В процессе размножения происходит рост популяции, смертность способствует снижению ее численности.

Численность в популяциях разных видов может значительно различаться. Она зависит от факторов окружающей среды, от размеров особей и других показателей. У мелких травянистых растений, червей, мелких членистоногих она может достигать сотен тысяч и более. У одноклеточных организмов численность особей в одной популяции может составить несколько миллионов. Популяции же крупных организмов (животные и растения) чаще всего бывают небольшими по численности.

Плотность популяции — это количество особей или биомассы на единицу площади или объема.

Численность и плотность популяции зависят от рождаемости и смертности.

Рождаемость популяции — это количество особей, появившихся на свет за определенный период. Например, рождаемость в локальной популяции лося составила 15 особей в год. В экологии рождаемость могут рассчитывать и как число вновь появившихся особей в единицу времени на одну особь в популяции. Например, если в популяции лосей численностью 100 особей за год появи-

лось 15 новорожденных, то рождаемость составит 0,15, или 15% (15 делится на 100).

Средняя величина рождаемости определенного вида определяется исторически как приспособление, обеспечивающее пополнение убыли численности популяции в результате смерти особей. У видов экологически непластичных к определенным факторам высокая смертность в молодом возрасте компенсируется значительной рождаемостью. В качестве таких факторов могут выступать температура, хищники, паразиты и др. Например, одна особь тли рода *Hyalopterus* за теплый сезон может дать 15 поколений, по 50 особей в каждом. Такая высокая рождаемость позволяет эффективно противостоять прессингу хищников и других неблагоприятных факторов среды. А зеленая яблоневая тля (*Aphis pomi*) в южных регионах Европы может давать до 17 поколений за лето!

Смертность популяции — это количество особей, погибших за определенный период. Она изменяется в зависимости от условий среды, возраста и состояния популяции и выражается в процентах к начальной или чаще к средней ее величине. Смертность в популяции может объясняться и гибелью в силу возраста (от старости), в силу действия различных негативных факторов (голод, хищники, низкая температура, антропогенное воздействие и т. д.).

Смертность, как и рождаемость, имеет не только видоспецифичные черты (их показатели могут быть характерны для конкретных видов и отдельных популяций), но, в первую очередь, зависит от условий окружающей среды и состояния популяции. Например, крупные животные (киты, слоны), принося обычно не больше одного детеныша на одну самку, могут повысить свою рождаемость благодаря оптимальным условиям существования (соотношение полов, достаточное количество пищи и т. д.), что будет способствовать большей выживаемости, снижению смертности и, соответственно, росту численности популяции. Рождаемость зависит также от наличия репродуктивных самок и самцов, их физиологического состояния.

Высокая рождаемость не всегда является надежным гарантом повышения численности популяции. В случае если родители не заботятся о сохранении потомства, до взрослого состояния доживают не многие особи, и заметного роста популяции не наблюдается.

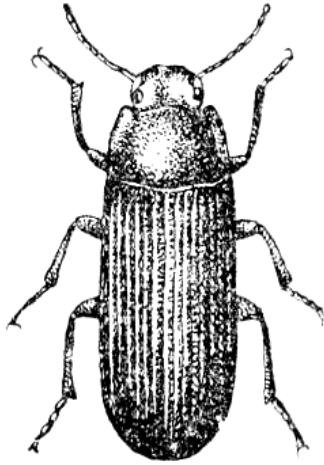


Рисунок 3.1.2 — Мучной хрущак [4]

Так, у жука мучного хрущака (*Tenebrio*) из 12 000 яиц, отложенных самкой, вылупились всего 773 личинки (6%) (рис. 3.1.2). Остальные яйца погибли [14]. А до взрослого состояния доживает в десятки раз меньше особей. Для большинства видов смертность в раннем возрасте всегда выше, чем у взрослых особей. У многих рыб до взрослой фазы доживает 1—2% от

числа выметанной икры, у насекомых — 0,3—0,5% от отложенных яиц [16]. Это доказывает, что в поддержании численности и плотности популяции важную роль играет **выживаемость** особей (доля особей, доживших до определенного возраста).

3.1.5 Структура популяций

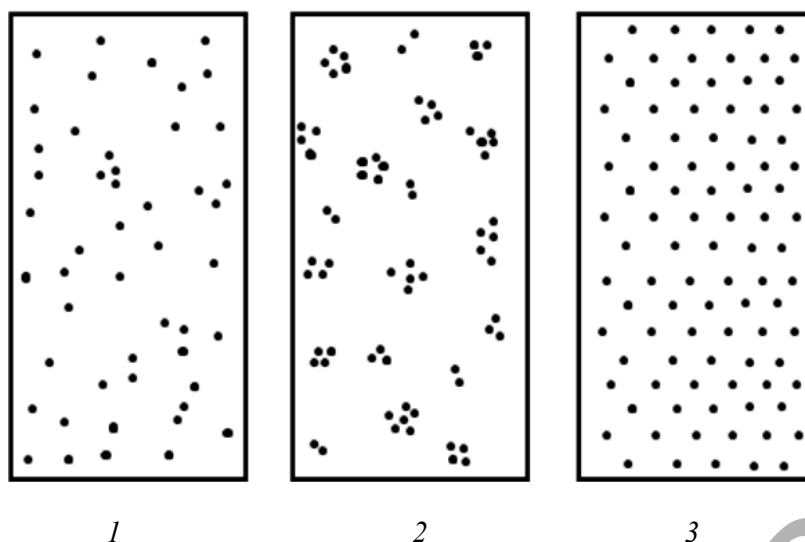
Различают пространственную, возрастную и половую структуру популяции.

Пространственная структура — это характер распределения особей в пространстве.

Особи в популяции могут заселять территорию спонтанно, т. е. их расселение носит случайный характер (рис. 3.1.3). Так, например, располагаются особи березы повислой (*Betula pendula*) в молодом березняке.

Такое же расселение свойственно и другим видам деревьев, семена которых разносятся ветром. Среди насекомых случайное распределение в пространстве свойственно колорадским жукам (*Leptinotarsa decemlineata*) на картофельном поле.

Некоторые виды расселяются группами (стаями, стадами, колониями и т. д.) по территории, занимаемой популяцией. Данное расселение носит групповой характер. Такая пространственная структура свойственна многим парнокопытным (олени, антилопы, жирафы) и хищным (волки, львы, гиены) млекопитающим, грызунам (крысы, полевки, суслики), птицам (чайки, пингвины, грачи, ткачики).



1 — случайное; 2 — групповое; 3 — равномерное

Рисунок 3.1.3 — Основные типы распределения особей в пространстве в популяционном ареале

При равномерном распределении особи в популяции удалены друг от друга практически на одинаковое расстояние, как, например, березы в высоковозрастном березняке или сосны в сосняке.

Пространственная структура может меняться с течением времени, как например, случайное распределение особей в популяциях молодых древесных растений сменяется равномерным в течение нескольких десятков лет, а для мелких воробьиных птиц равномерное распределение в период гнездования сменяется групповым на время зимовки.

Возрастная структура — это возрастной состав, соотношение различных возрастных групп в популяции.

В популяциях выделяют обычно три основные возрастные группы: предрепродуктивную, репродуктивную, пострепродуктивную (молодые, зрелые и старые особи). Количество возрастных групп может быть и больше, это зависит от продолжительности жизни вида. Так, для долгоживущих видов можно выделить десятки возрастных групп, например, у дуба черешчатого (*Quercus robur*). Длительность существования каждой возрастной группы также зависит от общей продолжительности жизни особей вида. Она может значительно различаться у разных видов. У микроорганизмов индивидуальная жизнь особей не превышает несколько часов, у некоторых насекомых и других беспозвоночных продолжа-

ется от двух-трех недель до нескольких лет, у крупных рыб, рептилий, птиц и млекопитающих она достигает десятков лет, а у некоторых деревьев — столетий. Иногда продолжительность жизни у растений составляет несколько тысяч лет, например, у королевской пальмы ломатия (*Lomatia tasmanica*) с острова Тасмания, возраст которой оценивается в 43 тысячи лет.



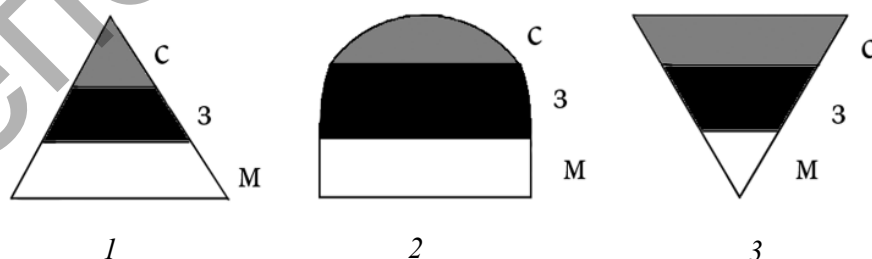
Рисунок 3.1.4 — Поденка [3]

У некоторых организмов особенно длительным бывает предрепродуктивный период. К примеру, у многих насекомых продолжительность предрепродуктивного периода значительно превышает остальные. У поденок (Ephemeroidea) (рис. 3.1.4) этот период, от яйца до последнего возраста личинки, продолжается 2,5 года, репродуктивный (период размножения взрослых особей) составляет от одного до нескольких дней, пострепродуктивный — практически отсутствует (составляет несколько часов). У некоторых видов жуков-точильщиков (*Anobiidae*) предрепродуктивный период может составлять почти 40 лет, а репродуктивный — всего несколько недель. Популяции, у особей которых короткий предрепродуктивный период, быстро восстанавливают свою численность, например, жуки-листоеды (*Chrysomelidae*), мышевидные грызуны и др.

Кроме общей продолжительности жизни особей и периода достижения половой зрелости, на возрастной состав популяции влияет длительность периода размножения, число генераций в сезон, плодовитость и смертность разных возрастных групп. Возраст и условия, при которых наступает половая зрелость самцов и самок, влияют на функционирование популяции в составе экосистемы и обеспечивают сохранение основных параметров на определенном уровне. У мелких млекопитающих, например у полевок (*Clethrionomys*), взрослые особи могут давать потомство три раза в год и более. При этом молодые особи уже через два-три месяца способны размножаться. Популяция лосей в любое время года состоит из 10-11 возрастных групп, но размножаться особи начинают только с пятой [16].

Соотношение возрастных групп зависит от рождаемости и смертности. Возраст особей определяет состояние популяции не только в настоящий момент, но и в будущем. В растущих популяциях основную часть составляют молодые и зрелые (репродуктивные) особи, что позволяет популяции не только поддерживать свою численность, но и расширять свой ареал (рис. 3.1.5).

Примером растущей популяции в Беларуси является популяция ондатры (*Ondatra zibethica*), в Европе — элодеи канадской (*Elodea canadensis*). Очень высокий процент молодых особей (до 85%) свойственен популяциям ондатры, подвергающихся на протяжении нескольких лет сильной промысловой нагрузке [14]. Вызванное таким воздействием общее снижение численности популяции приводит к увеличению рождаемости (см. п. 3.1.7 Гомеостаз популяций) у выживших особей, что указывает на гибкость популяций в отношении регуляции численности и состояния возрастной структуры. Популяции могут быстро восстанавливать свою численность после периодов высокой смертности. Сокращающиеся популяции имеют противоположное соотношение возрастных групп. В них преобладает пострепродуктивная группа, т. е. старые особи, которые уже не способны интенсивно размножаться. Такая возрастная структура свидетельствует о неблагоприятных условиях для популяции. К сокращающимся относятся популяции выхухолы (*Desmana moschata*) и широкопалого рака (*Astacus astacus*) в Европе, крапчатого суслика (*Citellus suslicus*) и летучей мыши малой вечерницы (*Nyctalus leisleri*) в Беларуси [7]. Из растений на территории нашей страны сокращается численность популяций ломоноса прямого (*Clematis recta*), кизильника черноплодного (*Cotoneaster melanocarpus*) и др. [8].



1 — растущая популяция; 2 — стабильная популяция;
3 — сокращающаяся популяция; С — старые особи, З — зрелые
особи, М — молодые особи

Рисунок 3.1.5 — Основные типы возрастной структуры популяций

При благоприятных условиях в популяции присутствуют все возрастные группы и поддерживается более или менее стабильный уровень численности. В стабильных популяциях это соотношение между разными возрастными группами обычно составляет 1:1:1. Популяции с таким типом возрастной структуры очень редки в природе. К ним могут относиться некоторые популяции человека или промысловых животных, численность которых регулирует человек, например у фазана [14].

Нельзя путать популяции, имеющие стабильную возрастную структуру и стабильную численность. Так, изменение общей численности популяции может не сказаться на соотношении относительного числа особей в разных возрастных группах. На территории Беларуси к популяциям со стабильной численностью относятся популяции жука плавунца каемчатого (*Dytiscus circumcinctus*), сони лесной (*Dryomys nitedula*) (рис. 3.1.6), ольхи черной (*Alnus glutinosa*).

Стабильное соотношение между возрастными группами, в принципе, носит временный характер. Возрастная структура не константна и может меняться в течение года или более продолжительного времени. Колебания численности, вызванные различными экологическими факторами, не позволяют возрастной структуре популяции долгое время находиться в стабильном состоянии. Изменение структуры может произойти даже без изменения общей численности популяции. Неблагоприятные факторы (воздействие человека, низкая температура и т. д.), которые вызывают такие колебания, способствуют увеличению рождаемости или смертности отдельных возрастных групп.



Рисунок 3.1.6 — Соня лесная

В период размножения молодые особи в популяции могут составить значительную часть (как, например, у мелких воробьинообразных птиц), но первая же зимовка при очень низкой температуре и острой нехватке пищи может привести к гибели до 90% молодых особей, что кардинально изменит соотношение между разными возрастными группами. Со временем, благодаря популяционным регуляторным механизмам, происходит возврат популяционной структуры к стабильному состоянию.

Возрастная структура популяции находится в тесной взаимозависимости с половой.

Половая структура — это соотношение между самцами и самками в популяции. Оно видоспецифично и напрямую зависит от действия различных экологических факторов.

Самцы и самки, несмотря на то, что относятся к одному виду, имеют разную устойчивость к неблагоприятным экологическим факторам, как в определенные периоды жизненного цикла, так и в целом. Половая структура в популяции, также как и возрастная, не константна и может изменяться с течением времени. Так, в популяциях ондатры в Северной Америке при рождении наблюдается численное равенство между самцами и самками, но через три недели это соотношение равно уже 1,4:1 [2].

Как правило, самки в популяции преобладают над самцами по числу особей. Это объясняется большей биологической ценностью самок для популяции, по сравнению с самцами, ведь самки потенциальные продолжательницы рода и от них, в первую очередь, зависит поддержание численности в популяции.

В популяциях копытных соотношение между самками и самцами обычно составляет от 1:2 до 1:5, у приматов — от 1:2 до 1:3. Показательным является соотношение между полами в популяциях общественных насекомых, где один самец приходится на сотню, а то и несколько сотен тысяч и даже миллионов самок, например, у некоторых термитов (Isoptera). В таких семьях только одна размножающаяся самка — «царица» — и один оплодотворяющий самец — «царь». Такое соотношение поддерживается непостоянно. В определенные периоды в термитнике бывает довольно много выведшихся крылатых самцов и самок (тысячи особей), которые оставляют свой термитник и разлетаются, чтобы основать новые семьи (рис. 3.1.7).

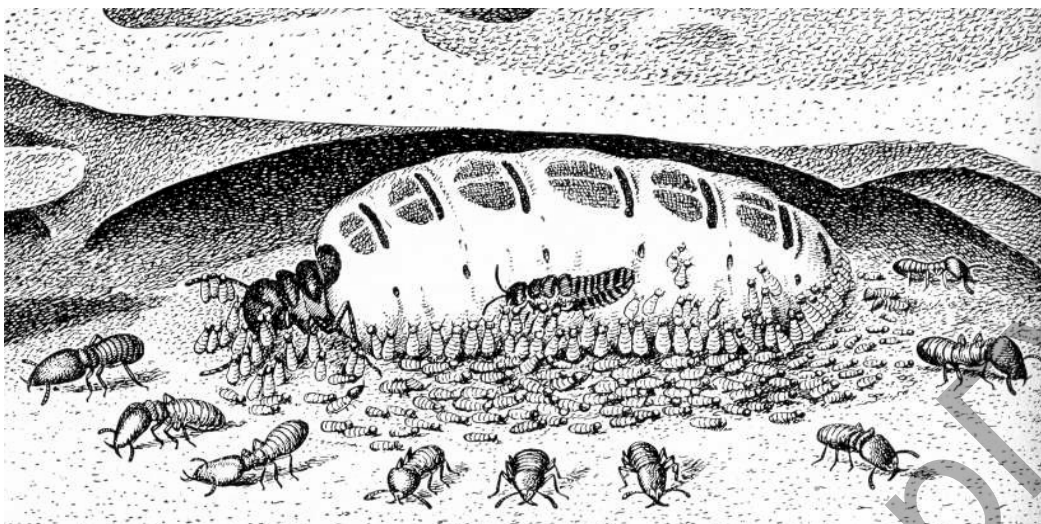


Рисунок 3.1.7 — Самка и самец термитов в окружении рабочих особей и солдат [4]

В некоторых же популяциях копытных (например, лось) соотношение между самками и самцами 1:1. В небольших популяциях американских кроликов (*Sylvilagus*) доминируют самцы [2]. Значительная доля самцов в популяции способствует более эффективному отбору производителей-самцов и стимулирует рост генетического разнообразия популяции.

В партеногенитических популяциях ракообразных, насекомых и других животных присутствуют только самки.

Нужно учитывать, что половая структура свойственна только организмам, которые имеют различия по половым признакам. Для гермафродитных животных (например, виноградная улитка (*Helix pomatia*)) или однодомных растений (например, лещина обыкновенная (*Corylus avellana*)) такую структуру невозможно определить, ведь каждая особь имеет как мужские, так и женские репродуктивные органы.

3.1.6 Динамика популяций во времени и пространстве

Популяциям свойственна динамика во времени и пространстве.

Популяции могут перемещаться на небольшие расстояния или на тысячи километров, мигрируя в поисках пищи, воды, мест зимовки или размножения. Такие миграции могут носить непериодический характер, к ним относятся пищевые и погодные миграции птиц, ко-

гда популяция откочевывает за источником пищи. Например, розовые скворцы (*Sturnus roseus*) в Азии сопровождают стаи саранчи. При плохой погоде черные стрижи (*Apus apus*), которые питаются мелкими летающими насекомыми, откочевывают в районы с хорошей погодой, где более благоприятная пищевая ситуация. При этом они могут покидать на несколько суток свои гнезда.

Достаточно распространены периодические перемещения популяций. Могут встречаться суточные и сезонные миграции.

Примером суточных миграций популяции являются миграции летучих мышей. Так, локальные популяции летучих мышей светлое время суток проводят в пещерах, на чердаках домов, в подвалах и других убежищах, а в темное время перемещаются на открытые пространства (луга, поля), опушки лесов для охоты на насекомых.

У ряда животных (птицы, млекопитающие) существуют так называемые питьевые миграции. Так, рябки (*Pterocles*), обитающие в пустынях, полупустынях и саваннах Африки и Азии, совершают ежедневные массовые миграции к источникам воды, которые могут располагаться на расстоянии почти 30 км от постоянного места обитания популяции. Перелет совершают все взрослые особи популяции. В Северной Индии их число достигает нескольких сотен тысяч [9].

К сезонным миграциям относится весеннее перемещение жаб (*Bufo*) и других земноводных из наземных экосистем (леса, луга, поля и т. д.) в водные (пруды, озера, болота и т. д.) для размножения.

Популяции большеногой (сорной) курицы (*Eulipoa wallacei*) обитают на крутых скалистых склонах гор Молуккских островов на высоте около 800 м. В период гнездования птицы спускаются вниз, к побережью, чтобы отложить яйца. Вышедшие из яиц птенцы, которые почти сразу после вылупления могут летать, устремляются в горы [9].

Горная куропатка (*Oreortyx pictus*) летом обитает в горах Калифорнии на высоте более 3 000 м. В сентябре, когда начинаются снегопады, она спускается до 1 500—1 800 м [9].

Впечатляют ежегодные миграции птиц на гнездование и зимовку. Некоторые популяции перемещаются за тысячи километров к местам зимовки. Полярная крачка (*Sterna paradisaea*) гнездится на побережье Северного Ледовитого океана и Охотского моря, на Чукотке, в Прибалтике. Зимовать этот вид летит в Антарктику, пролетая туда и обратно более 40 000 км.

Бабочки-монархи (*Danaus plexippus*) (рис. 3.1.8), обитающие в США, зимовать летают в Мексику, пролетая к местам зимовки и обратно к местам размножения в общем около 4 000 км.

В популяциях наблюдаются динамические изменения численности и плотности. Различают непериодические (редко наблюдаемые) и периодические (постоянные) колебания численности популяций.

Непериодические колебания могут объясняться воздействием различных экологических факторов.

Резкий подъем численности часто наблюдается у популяций, оказавшихся в новом местообитании. Примерами подобных ситуаций может служить массовое размножение кроликов и кактуса опунции (*Opuntia*) в Австралии, американской норки и колорадского жука в Европе, злостного сорняка амброзии (*Ambrosia*) на Кавказе, японского жука-водолюба (*Cercyon laminatus*) в Европе, Азии и Америке.

Повышению численности могут способствовать благоприятные факторы, действующие непериодически: оптимальная влажность, температура, снижение численности хищников или паразитов, гибель вида-конкурента, избыточное количество пищи и т. д. Примером может служить рост численности популяций копытных (кабана, оленя) в Европе из-за уничтожения в прошлом веке волка.



Рисунок 3.1.8 — Бабочка-монарх

В противоположном случае экологические факторы могут значительно снизить численность популяции. Так, очень жаркое лето и засуха в 1992 г. на территории Беларуси способствовали пересыханию не только временных, но и постоянных водоемов. Это привело к резкому снижению численности в популяциях многих водных жуков (*Helophorus*, *Anacaena* и др.), а также земноводных.

Непериодическое сокращение численности популяций может быть вызвано и негативным воздействием человека. Охота и уничтожение мест естественного обитания в XIX—XX вв. привели в Европе к резкому сокращению численности популяций большинства видов копытных, крупных хищников, бобра (*Castor fiber*), выхухоли (*Desmana moschata*), стрепета (*Otis tetrax*), дрофы (*O. tarda*), многих видов хищных птиц и других животных. В Беларуси массовый сбор с медицинскими целями или для использования в пищу привел к резкому снижению численности популяций кадила сарматского (*Melittis sarmatica*), черемши (*Allium ursinum*) и других растений.

Иногда причины всплесков численности установить не представляется возможным. В конце 60-х годов прошлого века в районе Большого Барьерного рифа у берегов Австралии, вблизи Филиппин и в других областях был зафиксирован резкий рост численности популяций морской звезды терновый венец (*Acanthaster planci*). Разрушение живых коралловых рифов морской звездой привело к уничтожению целых коралловых островов. Увеличение численности терновых венцов вызвало снижение биоразнообразия биоценозов коралловых рифов и деградацию морских экосистем. Причины, вызвавшие массовое размножение морской звезды, до сих пор точно не установлены. Одной из предполагаемых причин является повышение температуры морской воды.

До сих пор нет объяснений вспышке численности в популяциях разных видов иксодовых клещей (Ixodidae) в Беларуси, которая наблюдается с конца прошлого века по настоящее время.

Примером таких же непериодических колебаний может служить резкое сокращение численности американской сельди (*Alosa sapidissima*). С 1900 г. ее ежегодно добывали по 2 000 т, затем уловы снизились на 98%. В 1944 г. численность сельди внезапно резко возросла и уловы достигли 2 500 т. [2].

К непериодическим колебаниям численности, а соответственно и плотности популяции могут быть отнесены вспышки массового раз-

множения некоторых видов бабочек: непарного шелкопряда (*Ocneria dispar*) в южной и юго-восточной частях России в 1879 г., златогузки (*Euproctis chrysorrhoea*), непарного и кольчатого шелкопрядов (*Malacosoma neustris*) — на Русской равнине в период с 1948 по 1969 гг., а также одного из видов перепончатокрылых — рыжего соснового пилильщика (*Neodiprion sertifer*) — в Ленинградской и Смоленской областях России, а также в Беларуси с 1958 по 1962 гг. [16].

Периодические колебания численности популяций происходят в течение нескольких лет или одного сезона, т. е. носят циклический характер. Циклические изменения представляют собой чередование подъемов численности и их спадов.

Сезонные колебания численности характерны для многих насекомых, мышевидных грызунов, птиц и для других организмов. Максимальная численность и увеличение плотности популяций этих животных достигается за счет появления молодых особей к концу каждого периода размножения.

Циклические повышения численности раз в четыре года характерны для популяций леммингов (*Dicrostonyx* и *Lemmus*) (рис. 3.1.9). Подъем численности в их популяциях стимулирует такой же циклический рост численности тундровых хищников — песца (*Alopex lagopus*) и полярной совы (*Nyctea scandiaca*), которые ими питаются. Такой же цикл характерен и для популяций западного майского жука (*Melolontha melolontha*).

Часто рост и падение численности совпадают у популяций жертвы и хищника, как указывается выше. Циклы возрастания и

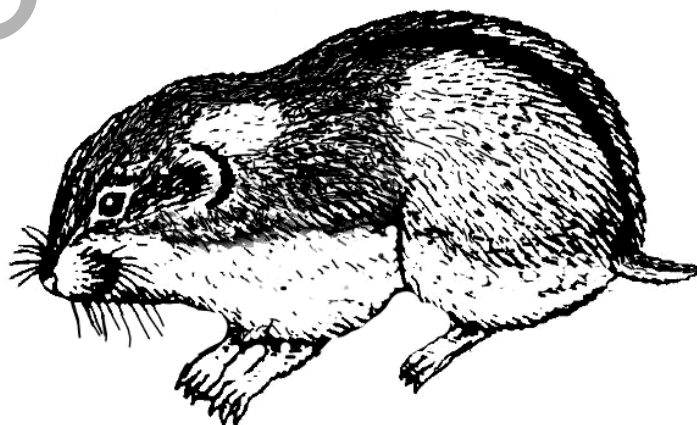


Рисунок 3.1.9 — Лемминг

падения численности свойственны популяциям американского зайца-беляка (*Lepus americanus*) и рыси (*Felis canadensis*), периодичность которых составляет почти 10 лет.

Колебания численности клеста-еловика (*Loxia curvirostra*) совпадают с циклами урожайности еловых шишек, семенами которых он питается [2].

Многолетняя периодичность динамики численности популяций определяется закономерными изменениями погоды под влиянием солнечной активности. Различают 5-6- и 11-летние, а также 80—90-летние циклы солнечной активности. Это позволяет в какой-то степени объяснить совпадения периодов массового размножения животных и роста растений с периодами солнечной активности.

3.1.7 Гомеостаз популяций

Популяция, как и любая биологическая макросистема, стремится к стабильности, т. е. достижению динамического равновесия.

Динамическое равновесие биологических систем (в том числе и популяций) — это такое их состояние, при котором основные параметры колеблются в пределах средней (оптимальной) величины.

Для популяции такими параметрами являются численность и плотность. Например, оптимальной численностью локальной популяции белок в одном из парков является 35 особей. При такой численности все особи в популяции обеспечены необходимым количеством ресурсов (пища, территория и др.). Однако такая численность устанавливается редко. Для данной популяции характерны колебания численности от 30 до 40 особей. Такое динамическое равновесие позволяет популяции находиться в стабильном состоянии и эффективно противостоять негативным факторам среды, избегая жесткой внутривидовой конкуренции.

Все же, как указывалось выше, нередко встречаются резкие вспышки и спады численности.

Падение численности популяции ниже оптимальной приводит к ослаблению защитных реакций популяции, снижает ее плодовитость и вызывает ряд других отрицательных явлений. В популяциях с минимальной численностью нередко складываются весьма сложные ситуации. В результате близкородственного скрещивания

снижается генетическое разнообразие, что является серьезным барьером для дальнейшего развития популяции как эволюционной единицы. В конце концов это неизбежно приводит к вымиранию популяции. Критическая ситуация у двуполовых видов может сложиться, когда численность приближается к нулю даже у одного из полов. Поэтому популяции с очень малой численностью особей длительно существовать не могут.

Повышение численности и плотности сверх оптимальных значений может неблагоприятно сказываться на популяции. Это связано с истощением пищевых ресурсов, нехваткой жизненного пространства, возросшей внутривидовой конкуренцией и т. д.

Избежать резких скачков основных параметров позволяет саморегуляция или гомеостаз (биологическое регулирование).

Гомеостаз — тенденция живых систем, в том числе и популяций, поддерживать внутреннюю стабильность с помощью собственных регулирующих механизмов [16].

Достижение оптимальной численности и, соответственно, плотности обеспечивается благодаря специальным механизмам саморегуляции (гомеостаза), действующим в популяции. Процессы саморегуляции зависят от плотности популяции. Ее снижение или увеличение стимулирует запуск соответствующих механизмов. Они в лучшей мере изучены в популяциях животных (насекомых, земноводных, мышевидных грызунов и др.).

При резком увеличении численности включаются следующие механизмы, направленные в основном на увеличение смертности и снижение рождаемости:

- миграция особей на территорию, где численность вида низкая, или на новые территории, где вид отсутствует;
- у насекомых — уменьшение размеров особей, замедление скорости развития и увеличение количества особей, находящихся в состоянии диапаузы (приостановки развития);
- снижение рождаемости (самки реже и меньше приносят потомство);
- у некоторых животных (копытные, грызуны) — рассасывание эмбрионов на любой стадии развития;
- рождение преимущественно только самцов;
- ускорение процессов старения организма;
- рост смертности наиболее слабых особей;
- каннибализм и др.

При чрезмерном повышении плотности в популяции резко возрастает внутривидовая конкуренция. Особи конкурируют за пищу, пространство и другие необходимые условия. Постоянная конкуренция способствует возникновению стрессовой ситуации в популяции. Такое явление получило название стресс-синдрома. Он, в свою очередь, вызывает запуск соответствующих механизмов саморегуляции, направленных на снижение численности и, соответственно, плотности.

Эти механизмы имеют физиологическую основу. В условиях перенаселения животные становятся настолько агрессивными (жестokie драки, нетерпимость присутствия соседа и т. д.), что у них почти полностью прекращается размножение. В стрессовом состоянии увеличивается кора надпочечников и повышается концентрация кортикостероидных гормонов, происходят другие физиологические и биохимические изменения. Так, у самок нарушается овуляция, происходит резорбция эмбрионов, не проявляются инстинкты заботы о потомстве и т. д. [16].

Природа сигналов, воспринимаемых популяцией как команда к запуску механизмов саморегуляции разнообразна (химическая коммуникация, звуковые сигналы и т. д.). Система сигнализации работает практически безотказно, хотя она и не абсолютна. Этим гарантируется восстановление численности популяции в пределах оптимума в относительно кратковременные сроки. Механизмы саморегуляции включаются практически одновременно у всех особей в популяции. И это объяснимо, в противном случае их эффективность сводилась бы к нулю. В результате действия этих механизмов через сравнительно небольшой промежуток времени численность популяции нормализуется.

При резком снижении численности включаются противоположные механизмы, направленные на увеличение рождаемости и снижение смертности:

- самки чаще и больше приносят потомство,
- рождаются в основном или только самки,
- у самок увеличивается репродуктивный период,
- замедляются процессы старения организма и т. д.

Запуску механизмов, способствующих росту численности, способствует низкая плотность популяции, отсутствие или низкая сте-

пень внутривидовой конкуренции, достаточное количество пищи, жизненного пространства и т. д.

Таким образом, популяция — это сложная биологическая система, обладающая способностью регулировать свою численность и плотность. Кроме популяционных механизмов регуляции численности и плотности у отдельных видов организмов и их группировок действуют механизмы регуляции на уровне биоценоза (экосистемы) и биосферы.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют популяцией?
2. В популяцию объединяются особи одного или нескольких видов?
3. Каково пространственное деление популяций?
4. Что называют видом?
5. В чем отличие вида от популяции?
6. Что выступает в качестве основных параметров популяции?
7. От чего зависят численность и плотность популяции?
8. Что такое пространственная, возрастная и половая структура популяции?
9. Какая динамика свойственна популяциям?
10. Приведите примеры динамических изменений в популяции.
11. Что такое динамическое равновесие биологических систем?
12. Что называют гомеостазом? Для чего он нужен?
13. Каковы механизмы саморегуляции при резком снижении численности?
14. Каковы механизмы саморегуляции при резком увеличении численности?
15. Какова природа запуска механизмов саморегуляции в популяции?

Раздел 4

ЭКОЛОГИЯ СООБЩЕСТВ И ЭКОСИСТЕМ

4.1 Биоценоз как сообщество живых организмов

4.1.1 Понятие биоценоза и биотопа

Термин «биоценоз» был предложен немецким ученым Карлом Августом Мебиусом в 1877 г., когда он изучал сообщества донных организмов, так называемые устричные банки. Первоначально Мебиус определил биоценоз как «объединение живых организмов, соответствующее по своему составу, числу видов и особей некоторым средним условиям среды, объединение, в котором организмы связаны взаимной зависимостью и сохраняются благодаря постоянному размножению в определенных местах». Он также установил ряд закономерностей формирования и развития сообществ организмов.

В настоящее время определение биоценоза более конкретизировано.

Биоценоз — организованное сообщество популяций животных, растений, грибов и микроорганизмов, проживающих совместно на одной и той же территории длительное время.

Временные параметры являются обязательными условиями определения биоценоза, на что еще указывал автор учения о биоценозе К. Мебиус.

Биоценоз — «живая» часть экосистемы. Примерами биоценозов являются биоценозы леса, луга, реки, моря, озера, пещеры и т. д. Ни один биоценоз не может существовать без контакта с компонентами неживой природы, формирующими пространство обитания.

Биотоп — пространство с более или менее однородными условиями, заселенное тем или иным сообществом организмов (биоценозом). Включает в себя компоненты неживой природы. Иногда термин биотоп применяют для обозначения места обитания отдельных видов.

Большинство биоценозов включают в себя фитоценоз (совокупность растений), зооценоз (совокупность животных), микоценоз (совокупность грибов) и микроценоз (совокупность микроорганизмов). Основу наземных и большинства водных биоценозов состав-

ляет фитоценоз. Растения выступают источником пищи для большинства живых организмов, так как производят основную массу первичного органического вещества. Именно видовой состав растительного сообщества чаще всего определяет видовой состав животных и других организмов, входящих в состав биоценоза.

Глубоководные биоценозы не имеют в своем составе фитоценоза, так как растения в условиях, куда не проникает свет, существовать не могут. Там основу биоценозов составляют хемосинтезирующие бактерии, производящие первичное органическое вещество, за счет которого существуют остальные организмы.

Функциональными компонентами биоценоза являются продуценты, консументы и редуценты. Это экологические группировки организмов, состав которых определяется функциональной значимостью организма соответственно его положения в пищевой цепи.

Продуценты — производители первичного органического вещества из неорганических веществ.

Такие организмы производят органическое вещество и обеспечивают им не только себя, но и другие организмы в биоценозе. К ним относятся фотосинтезирующие растения и бактерии, а также хемосинтезирующие бактерии.

Консументы — потребители органического вещества.

Эти организмы потребляют и перераспределяют органическое вещество между собой. Консументы могут сами синтезировать органические вещества, но только уже на основе готовых органических веществ, которые они получают от других организмов. Они не могут производить органические вещества только из неорганических компонентов. К консументам относятся растительноядные животные, хищные животные, растения и грибы, питающиеся падалью животные, паразитические бактерии, грибы, растения и животные и др.

Редуценты — разрушители мертвого органического вещества до неорганических веществ. Минерализуя мертвую органику, редуценты способствуют возвращению исходных неорганических веществ в окружающую среду, что крайне важно для поддержания процесса круговорота веществ в экосистеме. К редуцентам относятся главным образом бактерии и грибы, разрушающие мертвую органику (гнилостные бактерии, плесневые грибы и др.). Некоторые авторы относят к ним и ряд видов беспозвоночных [16].

4.1.2 Структура биоценозов

Различают видовую, экологическую и пространственную структуру биоценоза.

Видовая структура биоценоза — качественный и количественный состав видов, входящих в биоценоз.

Каждый конкретный биоценоз характеризуется определенным видовым составом. По числу видов, входящих в биоценоз, выделяют богатые и бедные сообщества. В составе биосферы к богатым биоценозам относят биоценозы тропических и широколиственных лесов, низинных болот, пойменных лугов, саванн, рек, коралловых рифов. На территории нашей страны к данной категории причисляют биоценозы пойменных дубрав, низинных болот, пойменных лугов, рек и озер. Бедным видовым составом отличаются биоценозы арктических и антарктических пустынь, тундр, субтропических и тропических пустынь, высокогорий и глубоководные морские сообщества. В Беларуси бедными по видовому составу выступают биоценозы ручьев и родников, суходольных лугов и верховых болот.

Одни виды биоценоза могут быть представлены значительным числом особей, другие, наоборот, могут быть очень малочисленными. В любом биоценозе большинство видов имеют небольшую численность. И только относительно немногие виды представлены популяциями с высокой численностью. Например, в состав лесных биоценозов умеренного пояса могут входить десятки видов древесных растений. Однако иметь высокую численность среди всех видов деревьев, т. е. доминировать среди них, будет, как правило, один вид: в дубраве — дуб, в березняке — береза, в бору — сосна.

В соответствии с численностью видов в сообществе можно выделить доминантные, субдоминантные и редкие виды. Для установления структуры доминирования определяют классы обилия. Наряду с другими шкалами чаще всего классы обилия выделяют в соответствии со шкалой Ренкена [22]. Исходя из численности вида в сообществе определяется его относительное обилие, используемое для установления класса обилия.

Обилие — это количество особей вида либо всего сообщества, приходящееся на единицу площади или объема.

Относительное обилие — это отношение числа особей данного вида к общему числу особей всех видов, выраженное в процентах. Оно характеризует доминирование как преобладание одного вида над другими.

Распределение по классам (категориям) обилия по Ренконену имеет следующий вид:

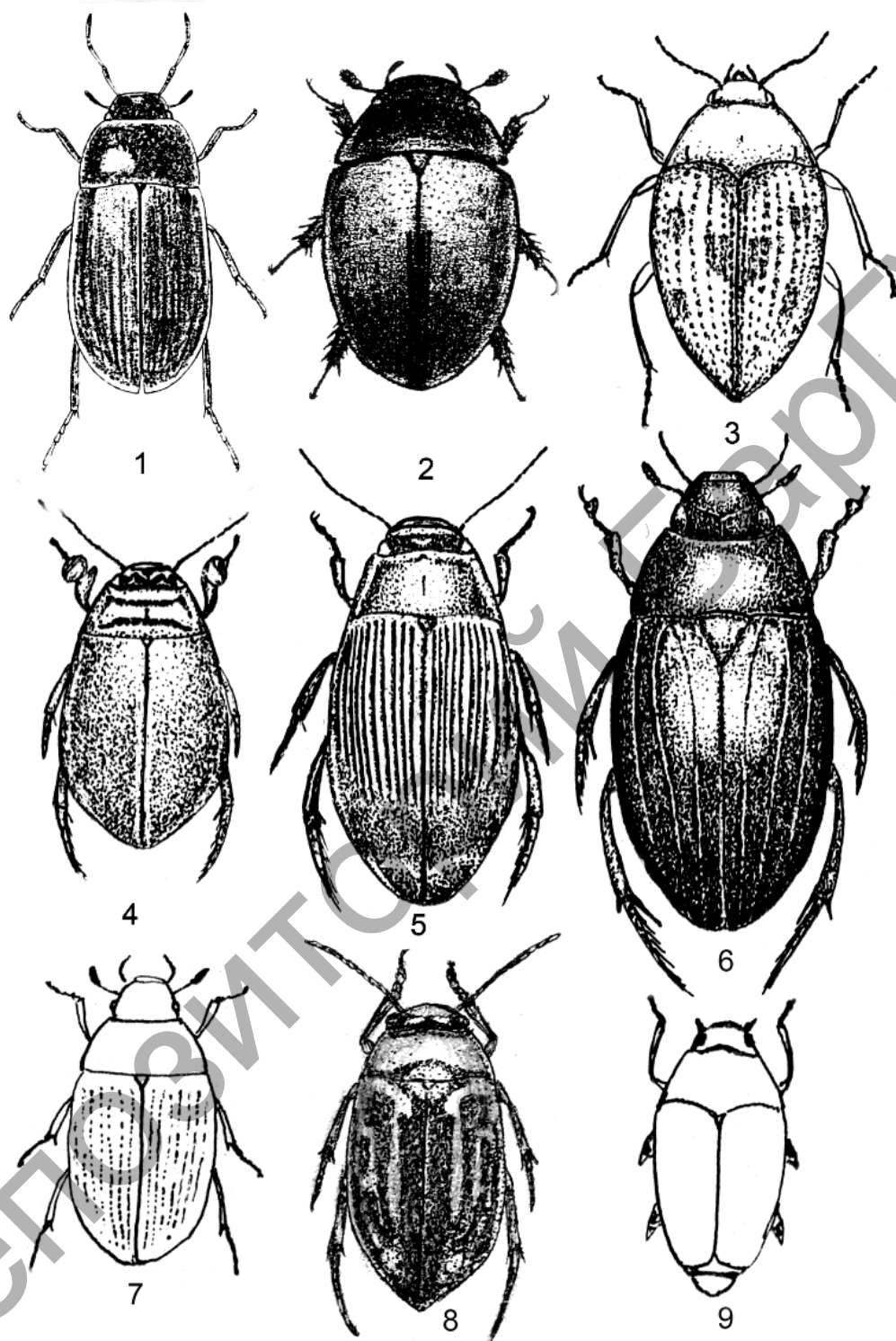
- *доминанты* — виды с обилием выше 5%;
- *субдоминанты* — виды с обилием от 2 до 5%;
- *реценденты* — виды с обилием от 1 до 2%;
- *субреценденты* — редкие виды, с обилием ниже 1%.

Виды, относящиеся к двум последним категориям, часто называются редкими.

Классы обилия чаще всего выделяются для таксономических групп организмов (например, для птиц, насекомых), либо для жизненных форм (например, для деревьев, травянистых растений), либо для экологических групп (например, для бентосных организмов), либо экологических групп из отдельных таксонов (например, для почвенных беспозвоночных). Вышеобозначенные категории видов в составе структуры биоценоза выделяются в каждом отдельном случае для конкретного сообщества. Так, доминантом среди древесных растений выступает дуб, а в ельнике — ель. Среди млекопитающих на территории Беларуси в ельнике могут доминировать рыжая полевка (*Clethrionomys glareolus*), обыкновенная бурозубка (*Sorex araneus*) или малая бурозубка (*S. minutus*), в березняках обычно доминирует малая бурозубка (*S. minutus*), а на суходольных лугах — полевая мышь (*Apodemus agrarius*), обыкновенная полевка (*Microtus arvalis*) или восточно-европейская полевка (*M. rossiaemeridionalis*).

Кроме того, в разных биоценозах имеется свой набор доминантов, субдоминантов, редких видов и т. д. Например, в реках Беларуси среди водных жуков доминирующими видами являются вертячка *Gyrinus aeratus* (относительное обилие — 34,97%), вертячка *G. marinus* (15,31%) и грязевик выпуклый *Cercyon convexiusculus* (5,01%), а субдоминантами — толстоус *Noterus crassicornis* (4,28%), гребец пестрый *Platambus maculatus* (3,07%) и омутник *Helochares obscurus* (2,27%) (рис. 4.1.1).

В озерах же доминантами являются водолюбы *Chaetarthria seminulum* (5,36%) и *Coelostoma orbiculare* (6,9%). В качестве субдоминантных видов выступают: вертячка *G. aeratus* (4,42%), водолуб *Laccobius minutus* (3,9%), плавунчики *Haliphus lineolatus* (4,03%) и *H. sibiricus* (2,52%), тинник *Ilybius fenestratus* (2,03%) и шипоножка *Anacaena lutescens* (2,9%) (см. рис. 4.1.1).



1 — омутник *Helochaeres obscurus*; 2 — шипоножка *Anacaena lutescens*; 3 — плавунчик *Haliplus sibiricus*; 4 — полоскун *Acilius sulcatus*; 5 — плавунец *Dytiscus dimidiatus*; 6 — большой водолюб *Hydrophilus aterrimus*; 7 — водожук бурый *Hydrobius fuscipes*; 8 — гребец пестрый *Platambus maculatus*; 9 — вертячка *Gyrinus marinus*

Рисунок 4.1.1 — Водные жесткокрылые

Отличаются биоценозы и по наличию *характерных* видов (кислица в ельнике кисличном, черника в сосняке черничном, сфагнум на верховом болоте и т. д.). В различных биоценозах к ним могут относиться как доминантные, так и редкие виды. Это своеобразная «*визитная карточка*» биоценоза. Например, в дубраве характерными видами выступают: среди древесных растений — дуб, который является доминантом, и жук-олень (*Lucanus cervus*), имеющий в дубраве низкую численность.

В биоценозе есть и *виды-эдификаторы*, создающие условия для жизни других видов данного биоценоза. Это строители сообщества.

Виды-эдификаторы можно выделить практически в любом биоценозе. Например, в ельнике — это ель, в бору — сосна, на сфагновом болоте — мох сфагнум, в дубраве — дуб, в сообществе кораллового рифа — кораллы и т. д.

Так, ель образует густые, сильно затененные леса. Под ее пологом могут обитать только растения, приспособленные к условиям сильного затенения, повышенной влажности воздуха, кислых подзолистых почв. Соответственно этим факторам в еловых лесах формируется и специфичное животное население. Следовательно, ель в данном случае выступает в роли сильного эдификатора, обуславливающего определенный биоценоз. В сосновых лесах эдификатором является сосна. Но по сравнению с елью она более слабый эдификатор, поскольку сосновый лес относительно светлый и редкоствольный. Его видовой состав растений и животных гораздо богаче и разнообразнее, чем в ельнике. В борах встречаются даже такие растения, которые могут жить вне леса. На сфагновых болотах эдификаторами являются сфагновые мхи. Они создают специфичные условия биоценоза, которые отличаются плохой аэрацией и низкой теплопроводностью торфа, кислой реакцией среды, бедностью элементов минерального питания для высших растений [16].

Внутри биоценоза формируются более или менее тесно связанные комплексы популяций, зависящие либо от видов-эдификаторов, либо от других компонентов биоценоза. Так возникают своеобразные структурные единицы биоценоза — консорции.

Консорция — это совокупность популяций организмов, жизнедеятельность которых в пределах одного биоценоза трофически или топически связана с центральным видом.

Обычно в роли центрального вида выступает эдификатор — основной вид, определяющий особенности биоценоза, но могут в такой роли выступать и другие (второстепенные) виды. Например, можно выделить консорцию лисьей норы. Но даже если такие небольшие консорции напрямую не связаны с видом-эдификатором, они связаны с ним косвенно, так как входят в один биоценоз.

Экологическая структура биоценоза — набор экологических группировок организмов, составляющих то или иное сообщество.

Экологические группировки в биоценозе чаще всего определяются на основе биотопической (пространственной) приуроченности и трофической специализации организмов. Так, среди животных по биотопической приуроченности выделяются:

- *гидробионты* — обитатели воды (пиявки, водные жуки, личинки стрекоз, рыбы);

- *геобионты* — обитатели грунта, в том числе и почвы (дождевые черви, крот);

- *герпетобионты* — организмы, обитающие на поверхности земли (жуки-жужелицы, кузнечики, виноградная улитка, прыткая и живородящая ящерицы), и другие экологические группировки.

Экологические группировки могут определяться по отношению к одному или нескольким факторам. Например, среди наземных растений по отношению к свету выделяются три группы:

- *светлюбивые виды (гелиофиты)*, обитающие на хорошо освещенных местах, не переносящие затенения (береза, пижма обыкновенная, василек синий);

- *тенелюбивые виды (сциофиты)*, обитающие в условиях недостатка света, не переносящие сильного освещения (кислица, ландыш майский, сныть обыкновенная);

- *теневыносливые виды (факультативные гелиофиты)*, обитающие при хорошем освещении, но способные переносить и затенение (ель, лещина).

По отношению к влажности растения наземных биоценозов делятся на гигрофитов, мезофитов и ксерофитов.

Гигрофиты — виды, обитающие во влажных местах, не переносящие дефицита влаги. К ним относятся мхи рода *Sphagnum*, многие папоротники, калужница (*Caltha palustris*), пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum.*), череда трехраздельная (*Bidens tripartita*), ки-

прей болотный (*Epilobium palustre*), подмаренник цепкий (*Galium aparine*) и др.

Мезофиты — растения, произрастающие в условиях умеренной влажности, способные переносить как небольшое переувлажнение, так и незначительный дефицит влаги. К этой группе относятся многие высшие растения нашей флоры: береза повислая (*Betula pendula*), липа сердцелистная (*Tilia cordata*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), лютик ползучий (*Ranunculus repens*), крапива двудомная (*Urtica dioica*), гравилат городской (*Geum urbanum*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*) и др.

Ксерофиты — виды, приуроченные к сухим местообитаниям. Такие растения отличаются высокой засухоустойчивостью и не способны переносить переувлажнение. К ним относятся молодило (*Sempervivum*), очитки (*Sedum*), полынь горькая (*Artemisia absinthium*), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus*) и др.

Биоценозы различаются по своей экологической структуре. В ее состав могут входить разные экологические группировки, кроме того, в экологические группировки может входить разное количество видов. Например, если сравнить экологическую структуру высших растений в двух типах луговых биоценозов, очевидны различия как в качественном, так и количественном составе экологических групп по отношению к влажности (табл. 4.1.1).

Так, в биоценозе пойменного луга отсутствуют ксерофиты, а мезофиты представлены большим числом видов, а на суходольном лугу отсутствуют ксерофиты и мезофиты в составе группы имеют меньшее число видов.

Принадлежность того или иного вида организма к какой-либо экологической группировке зависит от его экологической ниши в биоценозе.

Т а б л и ц а 4.1.1 — Количество видов в разных экологических группах высших растений по отношению к влажности

Экологическая группа	Пойменный луг	Суходольный луг
Гигрофиты	35	—
Мезофиты	52	36
Ксерофиты	—	14

Экологическая ниша — «профессия» вида, т. е. функция, которую вид выполняет в биоценозе (экосистеме).

Нельзя путать понятия «экологическая ниша» и «местообитание». Последнее обозначает «адрес» вида, т. е. место, где он живет.

Ошибочным является отождествление понятия «экологической ниши» с местом гнездования или местом питания вида, встречающееся в некоторых литературных источниках [10]. В трактовке экологической ниши для конкретного вида может встречаться указание на место добычи пищи, его суточную активность и т. д. Но это только часть функции вида в биоценозе, конкретизирующая положение вида в структуре сообщества. Сформулировать «профессию» вида одним или несколькими словами невозможно. Например, куница лесная (*Martes martes*) основное время своей жизни, как и белка, проводит на деревьях. Однако деревья — это местообитание этих видов, но не их экологическая ниша. Чтобы охарактеризовать экологическую нишу вида, необходимо знать его способы добычи пищи, передвижения, фенологические особенности (суточную и сезонную приуроченность), трофические связи (чем он питается, и кто его поедает) и другие экологические связи с различными организмами, входящими в биоценоз. Куница — это древесно-наземный хищник, охотящийся на птиц и мелких млекопитающих. Белка — в основном растительноядное животное, питающееся на земле и на деревьях и использующее в пищу семена и плоды различных растений, грибы и очень редко насекомых, яйца птиц и т. д.

Каждый вид в сообществе занимает свою экологическую нишу. Это позволяет им ослабить или свести к нулю межвидовую конкуренцию за необходимые ресурсы. В случае, если в биоценозе встречаются два вида, занимающие одинаковые или близкие экологические ниши, между ними возникает межвидовая конкуренция (см. п. 4.1.3 Межвидовые биотические взаимоотношения).

Разные виды могут занимать одинаковые экологические ниши в разных биоценозах, не конкурируя друг с другом. Например, канадская выдра (*Lutra canadensis*) в Северной Америке и обыкновенная выдра (*Lutra lutra*) в Евразии, сумчатый крот (*Notoryctes typhlops*) в Австралии и крот обыкновенный (*Talpa europaea*) в Европе. Эти виды ведут практически одинаковый образ жизни, обладают сходным типом питания, т. е. в различных биоценозах они выполняют одинаковую функцию и соответственно занимают одинаковую экологическую нишу.

Антилопы в саваннах Африки, бизоны в прериях Америки, кенгуру в саваннах Австралии, куница в европейской и соболь (*Martes zibellina*) в азиатской тайге занимают сходные экологические ниши и выполняют практически одни и те же функции. Такие виды определяют экологическую структуру сообщества и называются *замещающими*, или *викарирующими* [16].

Один и тот же вид в разных биоценозах может занимать различные экологические ниши, что связано с доступностью пищи и присутствием более сильных или слабых конкурирующих видов. Так жук короед-типограф (*Ips typographus*) в Европе и Сибири в основном развивается под корой ели, а на Кавказе может в массе повреждать сосну. Лесная куница в Сибири охотится преимущественно на белок, в Европе основу ее рациона составляют мышевидные грызуны, в связи с немногочисленностью белки.

Кроме того, один и тот же вид в разные периоды развития может занимать различные экологические ниши. Так, гусеницы подавляющего числа дневных бабочек — листогрызущие насекомые, а взрослые питаются в основном нектаром цветов. Личинка большого водолюба (*Hydrophilus aterrimus*) — водный хищник, нападающий на беспозвоночных и даже мальков рыб, а взрослый жук является фитофагом, использующим в пищу различные водоросли. Личинки оводов (Hypodermatidae, Gasterophilidae и др.) — тканевые или полостные паразиты млекопитающих, а взрослые мухи ведут свободный образ жизни и не питаются.

Экологические ниши могут меняться в течение года. У некоторых зимующих птиц зимние экологические ниши отличаются от летних. Так, обыкновенная зеленушка (*Carduelis chloris*), обыкновенная овсянка (*Emberiza citrinella*) и другие зимующие зерноядные птицы нашей фауны при выкармливании птенцов использующие в пищу в основном насекомых, уже во второй половине лета постепенно переходят на питание семенами растений, а поздней осенью и зимой растительная пища составляет основу их рациона. Смена экологических ниш свойственна и для некоторых перелетных птиц, таких как, например, обыкновенные скворцы (*Sturnus vulgaris*). Они летом кормятся преимущественно насекомыми, иногда нанося небольшой урон вишневым садам. На зимовке в Средней Азии и Северной Африке основными пищевыми объектами становятся плоды различных ягодных кустарников и деревьев. Та-

кая способность скворцов и других животных переходить на питание более доступными кормами в разные сезоны является важным биологическим приспособлением, способствующим увеличению экологической пластичности вида.

В целом экологическая структура в комплексе с видовой и пространственной служит очень важной характеристикой биоценоза.

Пространственная структура биоценоза отражает вертикальную и горизонтальную неоднородность биоценоза.

Вертикальная неоднородность сообществ проявляется в ярусности.

Ярусность — явление расслоения биоценоза на разновысокие структурные части.

Ярусы можно выделить в лесу, в луговом, болотном и других сообществах. Они определяют структуру фитоценоза. Если их мало, то растительное сообщество называют простым; много — сложным.

В лесу умеренного климата, например, можно выделить до шести ярусов:

1) деревья первой величины (дуб, ель, береза, осина), высота от 10 до 30 м;

2) деревья второй величины (рябина, черемуха), высота от 4 до 10 м;

3) подлесок из кустарников (лещина, бересклет, шиповник), высота от 1 до 4 м;

4) подлесок из высоких кустарничков и трав (багульник, голубика, вереск, иван-чай, вейник), высота 0,6—2 м;

5) травянистый ярус из низких кустарничков и трав (клюква, черника, лютик, кислица, мятлик, земляника), высота до 60—80 см;

6) напочвенный ярус (мхи, лишайники, печеночник), высота до 5—7 см.

В данном случае приводится усредненная высота ярусов в качестве примера, и, конечно, она может меняться в различных биоценозах в зависимости от размеров растений. В сообществах даже одного типа (например, в дубравах) высота первого яруса может отличаться на несколько метров, в зависимости от возраста сообщества и скорости воспроизводства основных лесообразующих пород, которые зависят от разных экологических факторов. Одни и те же виды в одном сообществе в силу возрастных различий особей или частичного угнетения могут находиться некоторый промежуток времени в разных ярусах. Например, проросший дуб распола-

гается в нижних ярусах леса. По мере роста при благоприятных условиях он перемещается в верхний ярус.

Существует и подземная ярусность. Ярусно располагаются подземные части растений. Корни у деревьев, как правило, проникают на большую глубину, чем у кустарников. В поверхностных слоях располагаются в основном корни травянистых растений. В этих слоях корней значительно больше, чем в глубинных.

В водных биоценозах выделяют не ярусы, а горизонты [2].

Жуки-вертячки (*Gyrinus*) обитают в поверхностном горизонте водных биоценозов, их относят к супранектонным видам. А жуки-плавунцы (*Dytiscus*, *Hydaticus*, *Acilius*) являются обитателями толщи воды, т. е. это нектонные виды (см. рис. 4.1.1).

Ярусы в биоценозе различаются не только высотой, но и составом организмов, обитающих в них. Растения каждого яруса способствуют возникновению специфических условий, в частности микроклимата, тем самым создают определенную среду для обитания определенных видов животных и других организмов. В конечном итоге возникают группировки тесно связанных между собой организмов. Например, напочвенный ярус заселен различными видами беспозвоночных (пауки, клещи, насекомые, черви и т. д.), приуроченных в основном к лесной подстилке. К первому ярусу приурочены хищные птицы (орлы, соколы, канюки), некоторые крупные виды жуков, например некоторые виды бронзовок (*Potosia*).

Организмы, приуроченные к разным ярусам, в большинстве случаев существенно различаются по своему отношению к условиям среды. Так, растения каждого нижележащего яруса более теневыносливы, чем расположенные над ними. Связано это с тем, что освещение при переходе от верхних ярусов к нижним ослабевает и для световых видов растений становится недостаточным.

В любом биоценозе имеются и внеярусные организмы. Это лианы, ряд видов-эпифитов (мхи, орхидные и другие растения, обитающие на стволах и ветвях деревьев), паразитические виды грибов, микроорганизмы и др. Многие животные свободно переходят из одного яруса в другой.

Виды из различных ярусов в биоценозе находятся в тесной взаимосвязи и взаимозависимости. Сильное разрастание верхних ярусов сообщества соответственно уменьшает густоту нижних, нередко вплоть до полного исчезновения слагающих их растений. Вместе с ними исчезает и животное население. С другой стороны, разрежива-

ние верхнего яруса по тем или иным причинам способствует усиленному развитию растений нижних ярусов, благодаря улучшению режима света, влаги, тепла, а также повышению содержания минеральных веществ в почве. Разрастание нижних ярусов положительно влияет на животное население как в количественном, так и в качественном отношении. Особенно ярко это выражено в лесных биоценозах, где в случае разреживания древостоя обильно разрастаются кустарники или светолубивая травянистая растительность, а при полном слиянии древостоя, к примеру в молодняках, иногда подавляются даже самые теневыносливые травы и мхи. Однако не всегда верхний ярус доминирует над нижним. На верховом болоте, например, господствующая роль принадлежит сфагновому покрову [16].

Ярус рассматривают как структурную единицу биоценоза, отличающуюся от других его частей определенными экологическими условиями и видовым составом слагающих его организмов.

Ярусность имеет важное экологическое значение. Благодаря ему снижается межвидовая конкуренция в сообществе за свет, пространство и другие необходимые условия. Кроме того, организмы получают возможность использовать самый широкий спектр приемлемых экологических ниш в конкретном биоценозе.

Вертикальное распределение организмов в биоценозе обуславливает и определенную структуру в горизонтальном направлении.

Биоценоз неоднороден не только в вертикальной, но и в горизонтальной плоскости. Структурные части горизонтального расчленения биоценоза называются синузиями.

Синузия — это совокупность видов растений, относящихся к одной или близким жизненным формам.

Причины образования синузий заключается в том, что растения, распределяясь неравномерно, создают то большие, то меньшие скопления (сгущения) и придают тем самым растительному покрову своеобразный мозаичный характер.

Синузия также является структурной частью фитоценоза и характеризуется определенным видовым составом и экологическим единством входящих в нее видов. В сосновом лесу, например, можно выделить синузию древесной растительности (сосны), кустарников (лещины), травянисто-кустарничковой растительности (черники). Автономность данных структурных подразделений биоценоза имеет явно относительный характер.

Иногда в экологии, как указывает Р. Дажо [2], этот термин используется не вполне корректно для обозначения отдельной части биоценоза, например, в качестве синузии выделяется поверхность утеса или ствол дерева.

Рядом авторов выделяются еще более мелкие подразделения биоценозов, чем синузии. В. Тишлер различает в биотопах элементы горизонтального и вертикального распространения. Элементы горизонтального распространения называются *биохорионами*. Это ограниченная часть биотопа без учета ярусности, как, например, ствол срубленного дерева, куча гальки, труп млекопитающего и т. д. Сообщество, занимающее биохорион, образует *хориоценоз*. Единицей вертикального распространения является ярус, занятый стратоценозом. Наконец, *меротоп* соответствует биотопу очень маленького размера: это части растения (лист, цветок, плод) или такие части биотопа, как, например, камень, затопленный водой. В меротопе размещен *мероценоз* [2].

4.1.3 Межвидовые биотические отношения

Биотические факторы (отношения) — это совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на другие. Они могут быть внутривидовыми и межвидовыми. Эти факторы носят самый разнообразный характер и проявляются во взаимоотношениях при совместном обитании.

Биотические отношения могут носить *пространственный, пищевой или пространственно-пищевой характер*. Для некоторых типов характерно только пространственное взаимодействие между видами (квартиранство, некоторые виды конкуренции, антибиоз) или только пищевое (хищничество, фитофагия, мицетофагия, бактериофагия, нахлебничество, некоторые виды конкуренции и паразитизма), для других совместное существование предполагает пространственно-пищевое взаимодействие (некоторые виды симбиоза, паразитизма, рабовладельчество).

Конкуренция — межвидовые отношения, при которых популяции разных видов в борьбе за пищу, пространство и другие необходимые условия среды воздействуют друг на друга отрицательно.

Подобный тип взаимоотношений имеет место в экосистемах, когда в них присутствуют два вида, занимающих одинаковую или сходные экологические ниши. В этом случае и возникает конку-

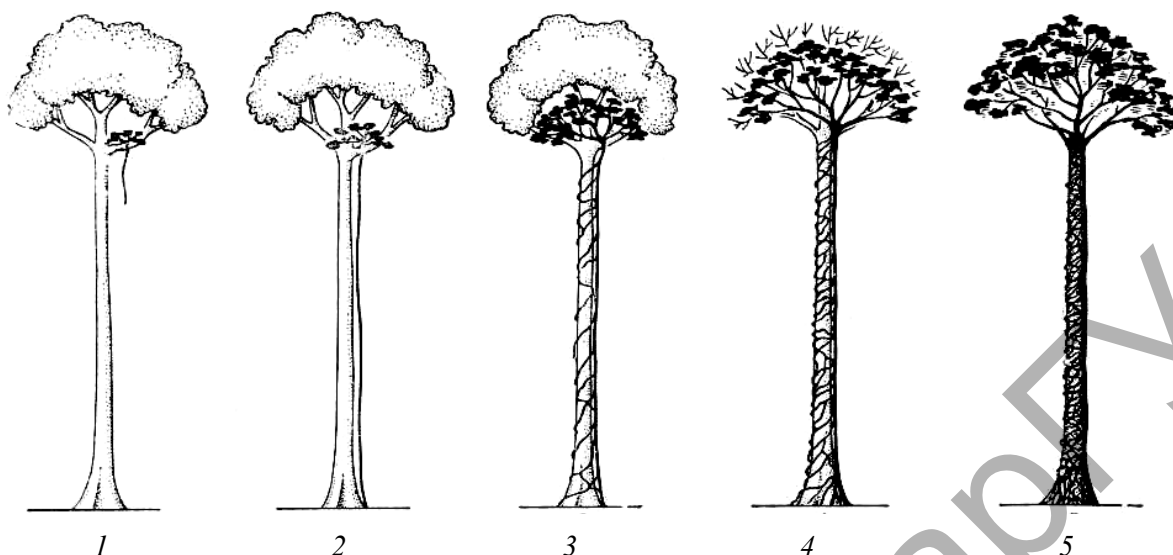
ренция за необходимые экологические факторы (пища, территория, свет и т. д.). Такая ситуация, в принципе, встречается в природе нечасто и обычно носит спорадичный характер, что снижает накал конкурентной борьбы. Например: конкуренция за пищу между такими хищниками, как лев и леопард, которые сосуществуют в саваннах Африки миллионы лет.

Конкуренция способствует возникновению в процессе отбора новых приспособлений у конкурирующих видов (изменений во внешнем и внутреннем строении, поведении и т. д.), что в дальнейшем приведет к ослаблению межвидовой конкуренции или, в случае изменения одним из видов экологической ниши, даже исчезновению конкуренции. Такая ситуация будет способствовать увеличению разнообразия видов в биоценозе, и соответственно, увеличению его устойчивости.

Однако часто в борьбе за жизненное пространство такие взаимоотношения заканчиваются вытеснением из биоценоза или даже гибелью более слабого вида. Этому предшествует снижение численности менее устойчивого к конкурентной борьбе вида организмов.

Примером такого взаимодействия является конкуренция за свет и пространство между елью и березой в смешанных лесах. Теневыносливые ели, поселяясь под пологом березового леса, достигают размеров берез и препятствуют их возобновлению, так как сильно затеняют молодые березы. Постепенно численность берез в смешанном лесу сокращается. В большинстве случаев ель выигрывает эту конкурентную борьбу, полностью вытесняя березу из лесного биотопа. Однако береза также может негативно влиять на ель. В ветреную погоду происходит охлестывание березами елей, в результате чего у последних ломаются ветви. Это приводит к разреживанию крон елей и затормаживанию их роста. А при поломке верхушки ели, та не может расти в высоту и, соответственно, конкурировать с березами.

Примером конкурентных взаимодействий являются взаимоотношения тропического фикуса-удушителя (*Ficus indica*) с различными видами древесных растений. Фикус использует дерево-хозяина в начале как опору и ведет себя как растение-эпифит — типичный квартирант, а затем в результате интенсивного роста побегов угнетает дерево, конкурируя за все необходимые условия среды (пространство, воду, свет и т. д.). Это препятствует росту хозяина и в конце концов приводит к его гибели (рис. 4.1.2).



1 — фикус развивается как эпифит в кроне дерева-хозяина; 2 — воздушные корни фикуса достигают почвы; 3—4 ответвления воздушных корней фикуса оплетают и сдавливают ствол дерева-хозяина, крона которого постепенно замещается кроной фикуса;
5 — дерево-хозяин отмирает и на его месте остается фикус

Рисунок 4.1.2 — Фикус-удушитель (по Д. Корнеру (1958) и А. А. Федорову (1959) [5])

Для борьбы с видом-конкурентом используются различные способы борьбы. Растения могут выделять специальные токсичные вещества для подавления роста конкурирующих видов. Так, выделения соплодий свеклы тормозят прорастание семян куколя (*Agrostemma githago*). Абсинтин листьев полыни горькой (*Artemisia absinthium*) угнетает развитие многих травянистых растений.

Нут, или бараний горох (*Cicer arietinum*), подавляюще действует на картофель, томаты, кукурузу, подсолнечник и другие культуры; а фасоль — на рост яровой пшеницы.

Конкурентная борьба в естественных экосистемах может возникнуть при научно необоснованной акклиматизации видов.

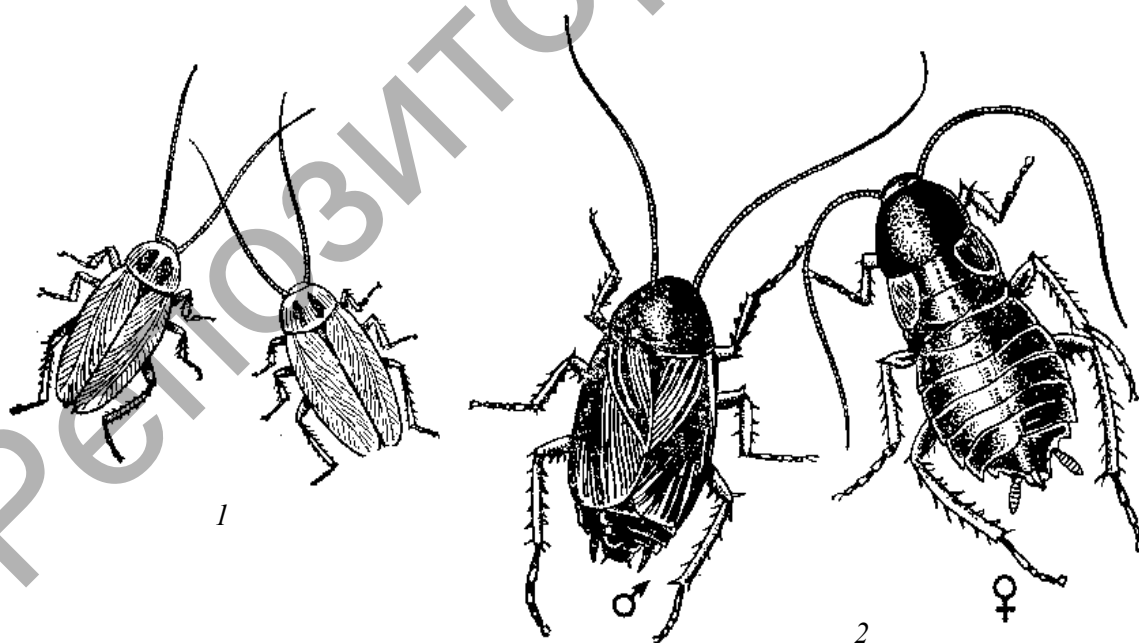
Так, в Европе была акклиматизирована американская норка как ценный объект пушного промысла, кроме того, в естественные экосистемы она попадала из звероводческих хозяйств. Это привело к тому, что американская норка, являясь более крупным видом, лучше приспособленным к различным неблагоприятным экологическим факторам (низкая температура, антропогенный прессинг и т. д.), стала вытеснять аборигенный вид — европейскую норку — из ее исконных мест

обитания, поставив этот вид на грань исчезновения. В связи с этим на территории Беларуси норка европейская внесена в Красную книгу.

В постройках человека конкурируют между собой за пищу и территорию два вида тараканов: рыжий (*Blatella germanica*) и черный (*Blatta orientalis*) (рис. 4.1.3). Последний вид, несмотря на свои большие размеры, уступает рыжему таракану по ряду показателей.

Рыжий таракан имеет большой потенциал размножения, большую устойчивость к ядохимикатам, он более агрессивен в борьбе за территорию, уничтожает молодь черного таракана. Поэтому черный таракан значительно сократил свою численность, так на территории Беларуси известно не много точек его локализации.

Подобная ситуация наблюдается и во взаимоотношениях между черной и серой крысами. Черная крыса (*Rattus rattus*) вынуждена под напором более крупной и агрессивной серой крысы (*Rattus norvegicus*) переселиться в менее подходящие биотопы, где сложнее добыть пищу и выжить (жилые здания, чердаки хозяйственных построек и т. д.). В этих местах данный вид постоянно испытывает негативное воздействие со стороны человека, стремящегося при помощи различных средств избавиться от ненужного соседства. Черная крыса в теплое время года даже переселяется в парки и леса, чтобы избежать сильной конкуренции с серой.



1 — таракан рыжий; 2 — таракан черный

Рисунок 4.1.3 — Тараканы [3]

Хищничество или **зоофагия** – межвидовые отношения, при которых один вид организмов (хищник) живет за счет другого вида (животного-жертвы), убивая и используя его в пищу.

Хищники регулируют численность своих потенциальных жертв, являясь важным механизмом саморегуляции в биоценозе. С другой стороны, то или иное количество добычи обуславливает динамику численности хищников.

В основе этих отношений также лежат пищевые связи. Как правило, хищник вначале убивает добычу, а затем поедает её.

Хищник – важный фактор естественного отбора. Под его прессом постоянно улучшается состав популяций тех или иных организмов, и он в какой-то степени обуславливает их прогрессивное развитие. С другой стороны, жертвы также принимают активное участие в этом процессе и оказывают влияние на своих хищников, содействуя их совершенствованию и прогрессу. Следовательно, эта борьба взаимно противоположных начал является движущей силой эволюции, как хищника, так и жертвы.

К хищным организмам могут относиться как животные, так и растения и даже грибы.

Известно около 200 видов хищных растений. Типичным представителем хищных растений в нашей флоре являются росянка и пузырчатка.



Рисунок 4.1.4 — Росянка

Росянка (*Drosera*) — многолетние, как правило болотные травы с коротким ползучим или клубневидным корневищем и розеткой прикорневых листьев, покрытых красноватыми ловчими волосками-щупальцами с красной железистой головкой (рис. 4.1.4). Каждая такая головка выделяет липкий секрет. Мелкие насекомые, привлеченные блеском этих капелек, садятся или вползают на лист и прилипают к нему. Насекомое мечется, пытаясь освободиться из ловушки и при этом задевает за соседние липкие капли. Все волоски потревоженного листа изгибаются навстречу добыче и вскоре обволакивают ее слизью. Край листа

медленно загибается и покрывает свою добычу, которая здесь же вскоре начинает перевариваться. Этот процесс возможен благодаря тому, что слизь железистых волосков содержит пищеварительные ферменты, напоминающие по составу пищеварительный сок животных.

Пузырчатка обыкновенная (*Utricularia vulgaris*) ловит мелких водных беспозвоночных при помощи пустотелых мешочков-пузырей, образующихся на ее листьях и стеблях под водой. Особая «дверца» закрывает пузырек до тех пор, пока к чувствительным волоскам у его отверстия не приблизится какое-нибудь мелкое животное.

Большого разнообразия хищные растения достигают в субтропических и тропических областях. У непентесов (*Nepenthes*) наряду с обыкновенными развиты своеобразные кувшинчатые листья (разительный пример видоизмененного органа, выполняющего узкую функцию). У таких листьев нижняя часть черешка, ближняя к стеблю, плоская, широкая и зеленая, она выполняет функцию фотосинтеза. Далее черешок преобразуется в тоненький длинный усик, обвивающий ветку дерева или кустарника. На его конце висит кувшин для ловли насекомых и других животных, напоминающий необычный яркий цветок. Чтобы в ловчий аппарат не попадала дождевая вода, над его входным отверстием приподнята крышечка. Яркие кувшины привлекают к себе не только насекомых, но и ящериц, земноводных и даже птиц и мелких млекопитающих. Принцип устройства ловчего аппарата таков: в верхней части внутренней стенки кувшина располагаются железки, секретирующие воск, который заставляет насекомое скользить вниз навстречу пищеварительным железкам, выделяющим пищеварительный сок на дне ловушки. В процессе разложения животных и размножения в жидкости бактерий появляется специфический запах гнили, привлекающий к растению новых жертв.

Американская венерина мухоловка (*Dionaea muscipula*) имеет видоизмененные листья, напоминающие челюсти, усаженные крупными зубами. Они захлопываются, как только какое-нибудь мелкое животное касается чувствительных волосков на внутренней поверхности листьев. Жертвами венериной мухоловки чаще всего становятся насекомые и другие беспозвоночные, но иногда в капканы попадают даже мелкие лягушки (рис. 4.1.5).

Основная масса хищников относится к животному царству: начиная с хищных инфузорий и кишечнополостных и заканчивая крупными хищными млекопитающими.

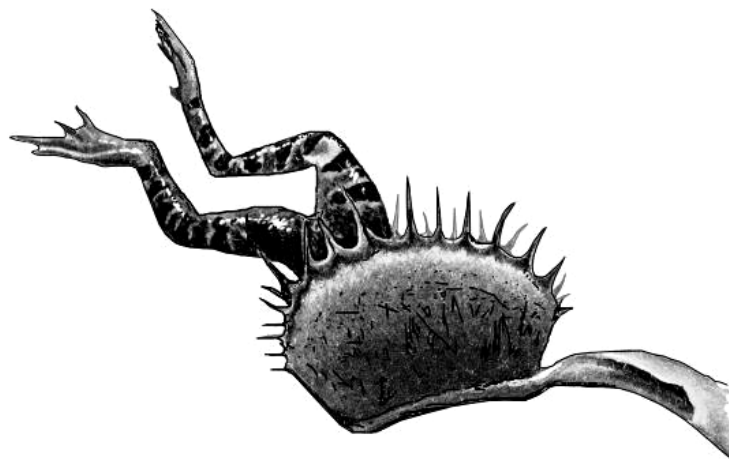


Рисунок 4.1.5 — Венерина мухоловка

Среди животных есть специализированные хищники, которые охотятся на какой-то один вид или группу родственных видов. Коршун-слизнеед (*Rosthramus sociabilis*) использует в пищу только некоторые виды моллюсков, а скопа (*Pandion haliaetus*) и обыкновенный зимородок (*Alcedo atthis*) питаются только рыбой. Обычно для успешности своих действий по поимке и умерщвлению своих жертв эти хищники имеют специальные морфологические, физиологические, поведенческие и другие приспособления.

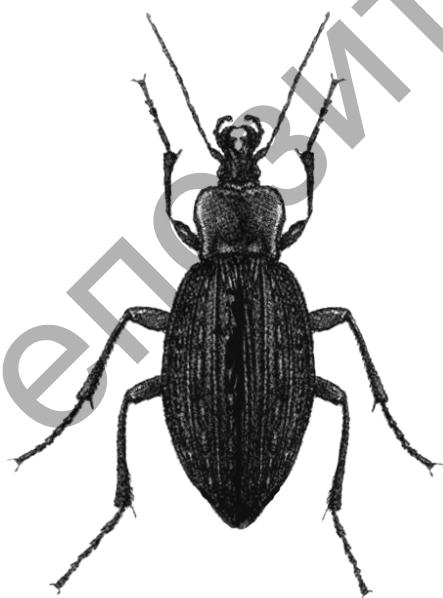


Рисунок 4.1.6 — Жужелица-брызгун

Большинство видов относятся к категории неспециализированных или многоядных хищников. Так, жук жужелица-брызгун (*Carabus*) (рис. 4.1.6), который питается различными видами насекомых, моллюсков и червей, является неспециализированным зоофагом. Жук плавунец (*Dytiscus*), жертвами которого могут стать и личинки комаров, и черви, может нападать на головастика лягушек, тритонов и мелких рыб, также относится к этой категории хищников. Волк (*Canis lupus*) может использовать в пищу различных животных, от лягушки до лося или зубра.

Любой хищник для обеспечения себя пищей должен поймать жертву, и для этого у него есть специальные приспособления.

Хищники широко используют различные сенсорные приспособления (органы зрения, слуха, обоняния, осязания). Некоторые хищники достаточно эффективно пользуются электромагнитной чувствительностью (например, акулы). Многие имеют покровительственную окраску, которая представляет собой идеальный камуфляж, незаменимый во время охоты из засады (каракатица, осьминоги, цветочные пауки, богомолы, рыба-камень, щука, леопард и др.).

Многие хищные насекомые имеют форму тела, напоминающую лепесток цветка, засохшую веточку и т. д. Это позволяет незаметно приблизиться к потенциальной жертве и удачно напасть на нее. Клоп водяной скорпион (*Nepa cinerea*) имеет не только покровительственную окраску, идеально маскирующую его на дне водоема среди растительных остатков, но и форму тела, напоминающую маленький гнилой листок (рис. 4.1.7). Мелкие насекомые и ракообразные становятся жертвой такого обмана.



Рисунок 4.1.7 —
Клоп водяной
скорпион

Иногда хищники могут использовать оригинальные поведенческие приспособления для охоты. Так, киты, охотящиеся на мелкую рыбу, часто используют «сеть» из пузырьков воздуха, которыми они окружают стаю рыб, препятствуя ее продвижению.

В случае активного поиска и преследования добычи хищники пользуются локомоторными органами. Чаще всего хищник чаще всего может развить большую скорость, чем потенциальная жертва. Рекордсменом среди наземных хищников выступает гепард, развивающий скорость 80—110 км / ч.

Черный стриж (*Apus apus*) (рис. 4.1.8) в погоне за насекомыми может развивать скорость до 120—150 км / ч, а белобрюхий стриж (*Apus melba*) — до 171 км / ч. Сокол-сапсан (*Falco peregrinus*) (рис. 4.1.9) в пике нападает на свою жертву со скоростью до 250 км / ч. Орел-беркут (*Aquila chrysaetos*) в горизонтальном полете развивает скорость до 100 км / ч.



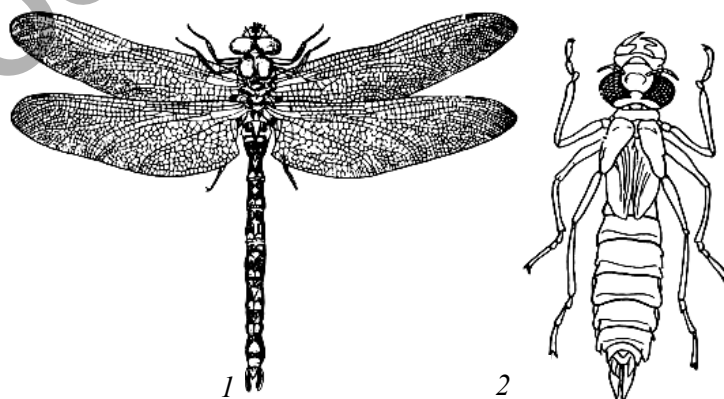
Рисунок 4.1.8 — Серный стриж



Рисунок 4.1.9 — Сокол-сапсан

Даже хищные насекомые могут передвигаться с невероятной для их размеров скоростью. Так стрекоза коромысло (*Aeshna*) может летать со скоростью до 96 км / ч. (рис. 4.1.10).

Некоторые водные хищники, такие как кальмары, могут плавать, используя реактивный способ передвижения, со скоростью до 70 км / ч. А рыба-меч (*Xiphias gladius*) (рис. 4.1.11) развивает скорость в момент броска на добычу до 110—130 км / ч. Почти такую же скорость могут развивать и другие крупные хищники — рыбы-парусники (*Istiophorus*).



1 — взрослое насекомое (имаго); 2 — личинка

Рисунок 4.1.10 — Стрекоза коромысло [3]

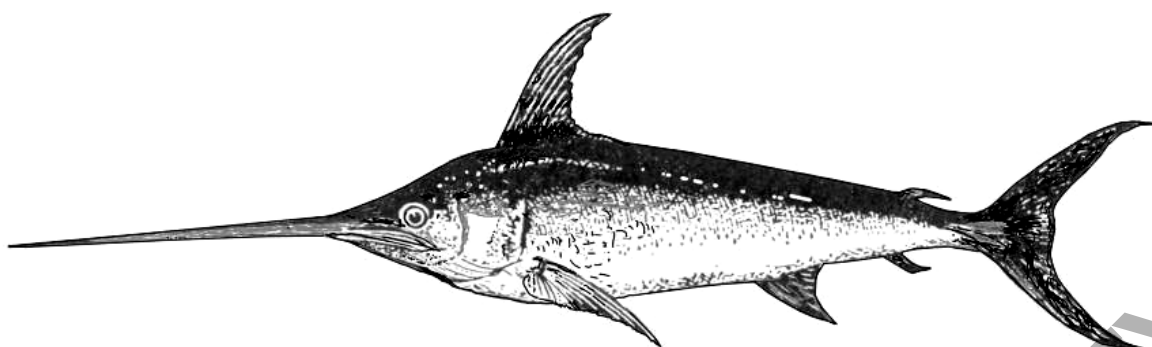


Рисунок 4.1.11 — Рыба-меч

Для поимки и умерщвления жертвы хищники используют самые разные приспособления: мощный челюстной аппарат (акулы, крокодилы, кошачьи, псовые, медведи и др.), когти (вараны, совы, соколы, орлы, хищные млекопитающие), «клювы» (черепахи), присоски (головоногие моллюски, жуки-плавунцы) и т. д.

Очень широко хищники используют яд, парализующий или убивающий жертву. Ядовитые зубы змеи используют и как оружие нападения, и как оружие защиты. Общеизвестен принцип действия стрекательных клеток кишечнорастворимых (медуз, актиний и др.), которыми усеяны их щупальца. Взбрызгивая в тело своей жертвы яд, пауки, личинки плавунцов и другие членистоногие не только обездвиживают свою добычу, но и запускают процесс растворения тканей жертвы. Через некоторое время они могут всосать питательный бульон, в который превращаются размягченные ткани. Такой тип пищеварения называется внекишечным.

Уникальный способ охоты используют некоторые морские моллюски. Слюнные железы хищных брюхоногих моллюсков *Nassa* и *Natica* вырабатывают слюну, содержащую 2—4% серной кислоты. С помощью кислоты хищники просверливают раковины других моллюсков. Добравшись до мягких тканей, они убивают и поедают свою жертву.

Однако и у жертв исторически вырабатываются защитные свойства в виде анатомо-морфологических, физиологических, биохимических и других особенностей. Это выросты тела, шипы, колючки, панцири, защитная окраска, ядовитые железы, способность строить недоступные хищникам убежища или прибегать к сигнализации об опасности нападения хищника.

Эти приспособления могут носить активный и пассивный характер. К активным формам защиты от хищника относятся: активное оборонительное поведение, использование для защиты зубов, клюва, когтей, игл и других приспособлений, ядовитых и отпугивающих жидкостей и газов, способность быстро прятаться в воду, в грунт, растительность, улететь, убежать, уползти, уплыть и т. д. К пассивным формам защиты относятся: защитные выросты тела, шипы, колючки, панцири, покровительственная окраска, подражание несъедобным предметам, ядовитым и другим опасным животным, имитация смерти и т. д.

Однако во всех отношениях в процессе взаимных приспособлений постоянно происходит эволюция и естественный отбор. И как результат исторического развития взаимоотношений хищник — жертва в любом биоценозе сформировались определенные механизмы регуляции численности обоих компонентов системы. Поэтому она всегда удерживается в пределах какой-то величины, приближающейся к оптимуму плотности популяций как хищника, так и его добычи.

Паразитизм — межвидовые отношения, при которых один вид организмов (паразит) живет за счет другого (хозяина), поселяясь внутри или на поверхности его тела, нанося ему ущерб.

Паразитизм возник в процессе тесного контакта различных видов организмов на базе пищевых и пространственных связей. Данный тип отношений, наряду с хищничеством, также является важным механизмом саморегуляции в биоценозе. Паразит выступает в роли ограничителя численности и распространения своих хозяев, уменьшает степень воздействия вида-хозяина на окружающую среду, путем потребления части его ресурсного потенциала.

Паразитизм представляет собой своего рода сожительство. С ним тесно эволюционно связаны и другие типы сожительства, возникающие также на основе совместного обитания и сходного питания.

Весьма интересные взаимоотношения складываются у паразитических видов с их средой обитания, которой служит организм хозяина. В данном случае и паразит, и хозяин взаимно приспособляются к совместному существованию.

При паразитизме возникают и физиологические контакты, когда паразит и хозяин взаимно влияют друг на друга. У хозяина при этом вырабатываются такие физиологические защитные

приспособления, как рН клеточного сока, выделение ферментов, препятствующих проникновению паразита в клетки и ткани, и многие другие. У паразитов также формируются физиологические особенности. Они направлены на подавление защитных реакций хозяина. При заражении хозяин становится питательной средой. И по мере размножения паразита все сильнее испытывает его влияние. Паразит, в отличие от хищника, не стремится убить своего хозяина. Он только пользуется частью его ресурсов, потребляя клетки, ткани и т. д. Хотя известны случаи, когда хозяин может погибнуть от истощения при чрезмерном воздействии паразитов.

Паразит может контактировать с хозяином постоянно или на протяжении определенного времени, т. е. их взаимодействие может носить постоянный или временный характер. Различают стационарный паразитизм и временный. Так, кровососущие виды животных (пиявки, клещи, насекомые и др.) контактируют с хозяином очень короткое время, а различные внутриполостные паразиты (круглые и плоские черви, ракообразные), паразитические растения находятся в теле хозяина основную часть своей жизни. При стационарном паразитизме со смертью хозяина заканчивается и жизнь паразита.

Паразитов делят на наружных, или эктопаразитов, (клещи, пиявки, блохи, слепни и др.) и внутренних паразитов, или эндопаразитов, (аскариды, лентецы, личинки оводов и др.).

Паразиты встречаются практически у всех живых организмов. Более того, чем выше организация хозяев, тем больше у них паразитов. Паразитизм характерен для многих организмов.

Все болезнетворные виды бактерий, вызывающие заболевания растений, грибов, животных и человека относятся к паразитам. Паразитических видов много и среди грибов.

Не типичным явлением выступает паразитизм для растений. Хотя известно около 500 видов растений-паразитов из различных семейств — повиликовые (Cuscutaceae), заразиховые (Orobanchaceae), ремнецветниковые (Loranthaceae) и др. Чаще среди растений встречаются случаи, когда растение является полупаразитом, т. е. наряду с паразитическим способом питания использует и автотрофный способ получения питательных веществ. Известно около 2 000 видов полупаразитических растений.

К таким видам относится и омела белая (*Viscum album*) (рис. 4.1.12). Она паразитирует на древесных цветковых растениях. Семена прорастают на ветвях растений-хозяев, куда они попадают при помощи птиц. Корневой конец зародыша изгибается к поверхности ветви и при соприкосновении с ней расширяется в дисковидную присоску. Из ее центра образуется группа клеток, которые внедряются в стебель растения-хозяина до его проводящего пучка. На следующий год развивается облиственный побег. Из присоски, вросшей в ткань растения-хозяина, возникают так называемые коровые корни — зеленоватые, почти цилиндрические тяжи. Они растут вдоль питающей их ветки, между корой и древесиной, вверх и вниз от места внедрения первичного гаустория. В дальнейшем на этих тяжах, перпендикулярно к ним, образуются вторичные присоски-гаустории, из них развиваются новые побеги паразита, поражающего постепенно все тело растения-хозяина. Поэтому срезание куста омелы не уничтожает паразита.

Встречаются среди растений и настоящие паразиты. Такие растения, как подбельник волосистый (*Monotropa hypopitys*) и петров крест (*Lathraea squamaria*) (рис. 4.1.13) полностью стали паразитами и утратили хлорофиллоносные органы.

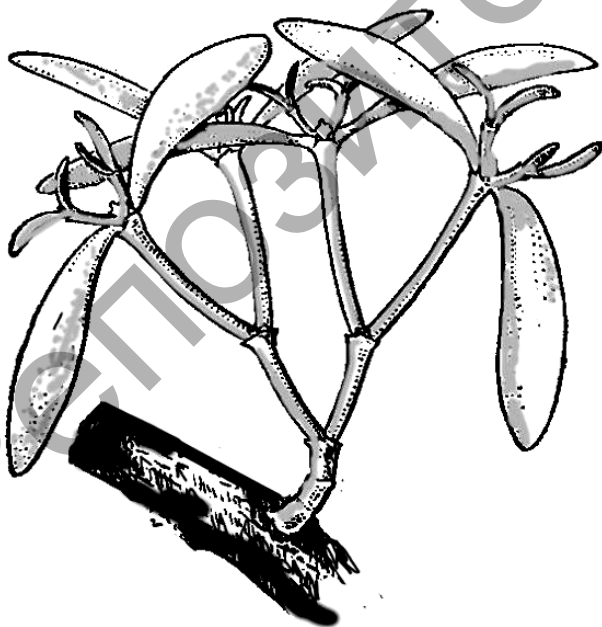


Рисунок 4.1.12 — Омела белая

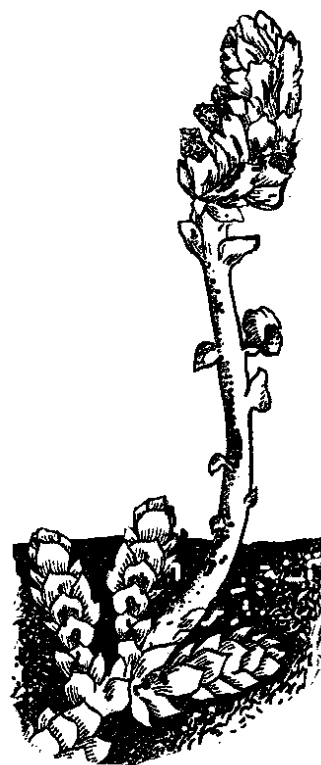


Рисунок 4.1.13 — Петров крест

Ярким примером паразитического растения является раффлезия Арнольди (*Rafflesia arnoldii*) из Юго-Восточной Азии (рис. 4.1.14). У данного растения нет ни листьев, ни стебля, ни корня. Его цветки выделяются не только размерами (диаметр до 1 м), но и строением, окраской, специфическим запахом. Гигантские цветки раффлезии привлекают внимание опылителей тем, что напоминают и видом и запахом разлагающиеся куски мяса. На запах гниющего мяса слетается множество мух, бабочек, жуков и других насекомых. Основная окраска лепесточков околоцветника кирпично-красная.

Отмеченный выше эффект гниющего мяса подчеркивается светлыми, неправильной формы, нерегулярно расположенными пятнами, которые выделяются на общей поверхности. Время функционирования цветков всего двое — четверо суток. Еще более удивительно то, что раффлезия цветет далеко не часто. Ягодообразные плоды содержат вязкую массу, в которую погружены многочисленные семена. Это приспособление для распространения семян раффлезии. Их разносят слоны и другие крупные звери, к конечностям которых прилипают части раздавленных плодов, содержащих множество семян.

Раффлезия Арнольди паразитирует только на лиане циссус (*Cissus*). Команду на прорастание семян раффлезии дают выделения из корней растений-хозяев, эти же выделения ориентируют направления роста проростков, а внедрение присосок (гаусториев) в ткани

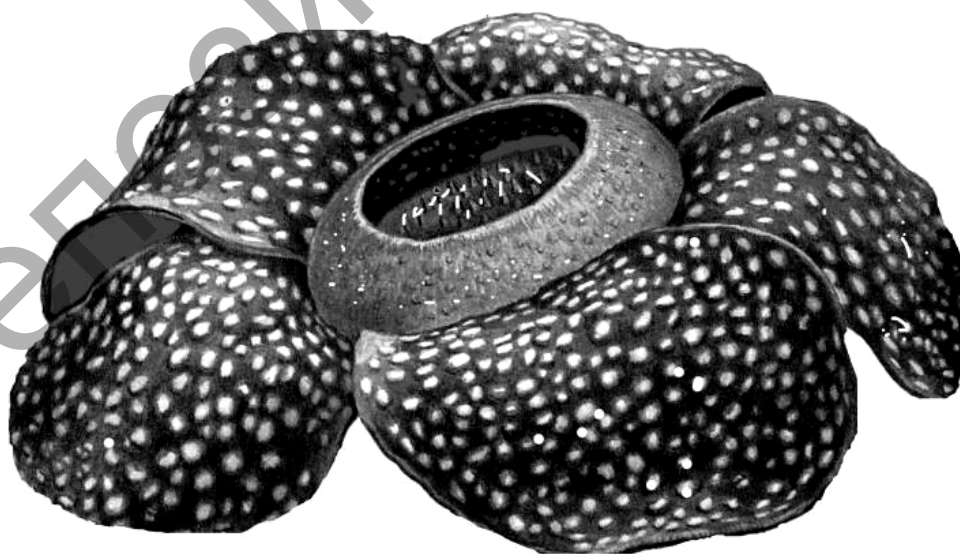


Рисунок 4.1.14 — Цветок раффлезии Арнольди

растений-хозяев происходит в результате действия специальных ферментов, разрушающих их клетки. Проростки раффлезиевых внедряются обычно в корни растения-хозяина посредством присосок-гаусториев. Раффлезия таким образом получает питание из клеток растения-хозяина.

Основная масса паразитов среди животных относится к беспозвоночным. У многих животных, как и у растений, ведущих паразитический образ жизни, выработались многочисленные приспособления к паразитированию. Они связаны с особенностями строения тела (анатомо-морфологические приспособления), с физиологическими особенностями и с образом жизни. Живущие в своеобразных условиях внутренней среды хозяина паразиты получают ряд преимуществ перед свободноживущими животными. Главное из них — практически неограниченное количество пищи. Благодаря этому паразиты быстро растут и нередко достигают больших размеров. Наряду с этим эндопаразиты хорошо защищены от непосредственного воздействия факторов внешней среды. Им не угрожает высыхание, перепады температур, изменения солевого режима и т. д.

У паразитов появляются специфичные органы фиксации, которые позволяют им прикрепляться и удерживаться на теле или в органах и полостях хозяина (крючки, присоски, хоботки и т. д.).

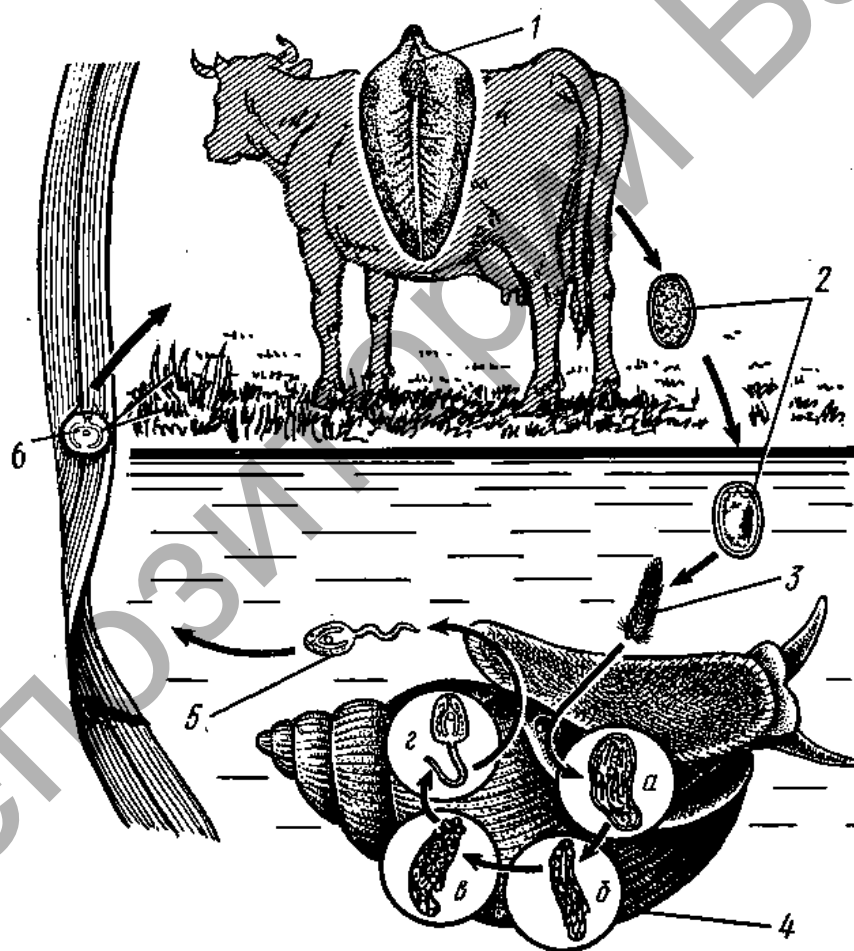
Обилие пищи сказывается на плодовитости паразитов: она у них очень высока. Паразитирующий в кишечнике человека невооруженный цепень (*Taeniarhynchus saginatus*), тело которого состоит более чем из тысячи члеников, достигает в длину 4—10 м. За год этот червь продуцирует до 600 000 яиц, а за 18—20 лет соответственно около 11 000 000! Такие случаи при паразитизме нередки. Высокая плодовитость обеспечивает паразитам возможность заражения новых хозяев и потенциального бессмертия в ряду поколений.

Упрощение организации паразита по сравнению со свободно живущими предками является одной из форм приспособления к паразитизму. У многих гельминтов из класса ленточных, паразитирующих в кишечнике млекопитающих, редуцируются органы пищеварения и органы чувств в связи с тем, что они живут в пищевом бульоне и всасывают пищу всей поверхностью тела, а соответственно утрачивается и необходимость использования органов чувств для поиска пищи, предупреждения нападения и т. д. Многие паразиты из насекомых (блохи, вши, пухоеды и др.) утрачивают крылья.

Ярким примером упрощения является паразит из ракообразных — саккулина (*Sacculina*). Ее тело состоит из мантии, половых желез и упрощенной нервной системы. Саккулина паразитирует на крабах и имеет вид небольшого мешочка на нижней стороне брюшка своего хозяина, от которого внутрь тела краба, наподобие корней, идут тонкие выросты, пронизывающие все органы и ткани хозяина.

Многие паразиты имеют очень сложный цикл развития, включающий несколько стадий, предусматривающий смену хозяев, животных-переносчиков. Такие циклы характерны для простейших и червей.

Например, рассмотрим цикл развития одного из видов плоских червей — печеночной двуустки (*Fasciola hepatica*) (рис. 4.1.15).



1 — взрослый червь; 2 — яйцо; 3 — мирацидий; 4 — партеногенетические стадии и церкария в теле моллюска (а — спорозисты, б, в — редии, г — церкарии); 5 — свободноплавающая церкария, 6 — адолескария

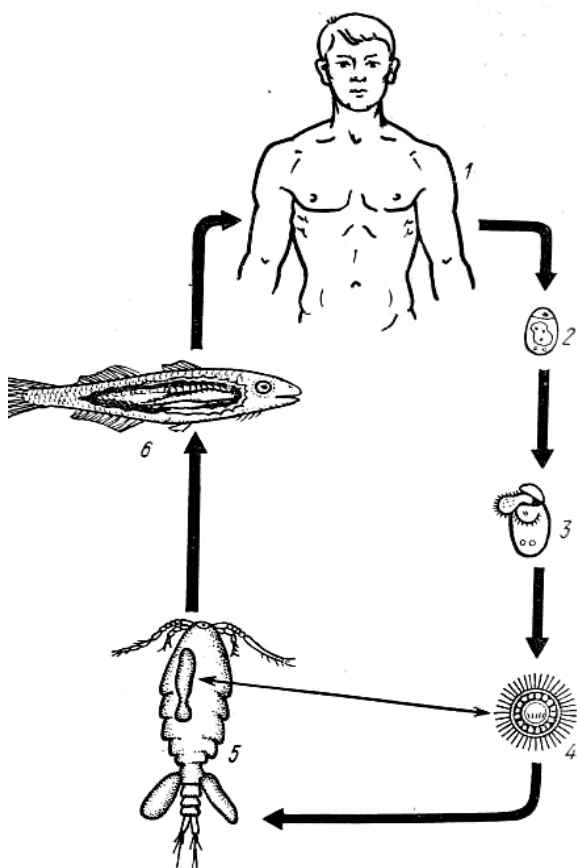
Рисунок 4.1.15 — Цикл развития печеночной двуустки [3]

Взрослый червь живет в печени и желчных протоках рогатого скота (очень редко у человека). Яйца, отложенные там же, должны попасть в воду, где из них выходит плавающая с помощью ресничек личинка — мирацидий. В его теле находятся зародыши следующих поколений паразита. Мирацидий внедряется в промежуточного хозяина (моллюска-прудовика) и превращается в спороцисту, которая питается, всасывая пищу через покровы. В теле спороцисты развивается следующее поколение — редия, которая уже имеет рот, глотку и кишку. В их полости, как и в предыдущих случаях, партеногенетически образуются церкарии. Они покидают редию и выходят из моллюска в воду. Через некоторое время церкарии оседают на прибрежных травах, выделяют вокруг себя цисту и некоторое время сохраняют в ней жизнеспособность. Скот вместе с травой заглатывает инцистированных церкарий (они носят название адолескарий). В кишечнике скота церкарии освобождаются, растут и превращаются в молодых двуусток. На этом цикл развития у паразита завершается.

Сложный жизненный цикл развития и у широкого лентеца (*Diphyllobothrium latum*) — паразита тонкого кишечника человека и хищных млекопитающих (рис. 4.1.16). Это крупный червь длиной 15 и более метров. Его тело может состоять из 5 000 члеников. Черви эти гермафродиты. Их оплодотворенные яйца, выходящие из кишечника человека с калом, для дальнейшего развития должны попасть в воду. Там из яйца развивается личинка (корацидий), имеющая покрытую ресничками оболочку, внутри которой помещается шестикрючный зародыш — онкосфера.

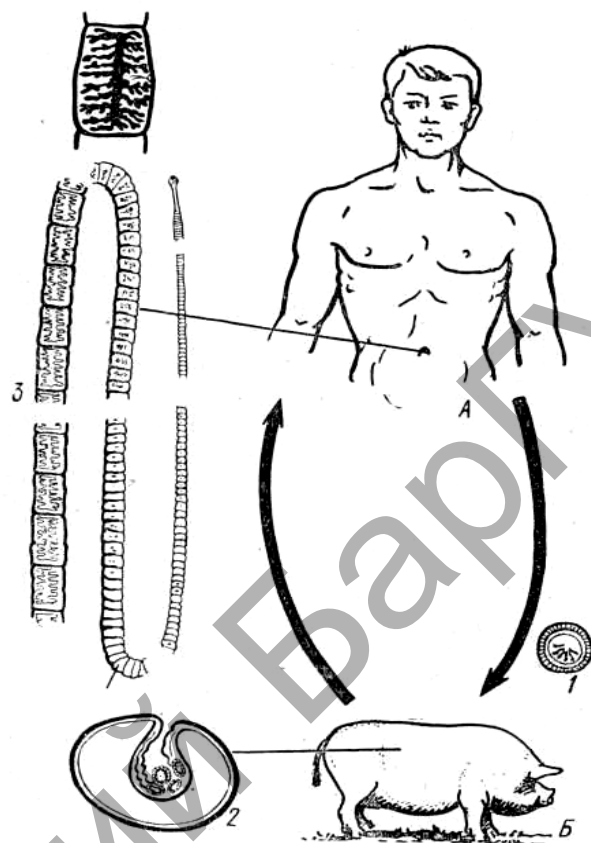
Корацидий должен быть проглочен рачком — циклопом, в кишечнике которого он превращается во вторую личиночную стадию — процеркоида. Последний паразитирует в полости тела циклопа. Следующим условием успешного развития является попадание рачка-циклопа в желудок рыбы (окуня, щуки и др.). Из желудка процеркоид, пробуравливая его стенку, проникает в мышцы, яичники, печень или другие органы, где превращается в третью личиночную стадию — в червеобразного плероцеркоида. Дальнейшее развитие широкого лентеца во взрослую стадию произойдет только в том случае, если рыба будет съедена окончательным хозяином — собакой, кошкой или (в плохо прожаренном виде) человеком, — в кишечнике которого он паразитирует.

У свиного солитера (*Taenia solium*) цикл развития протекает на суше, а хозяев и стадий меньше (рис. 4.1.17). У него развивается



1 — окончательный хозяин (человек); 2 — яйцо лентеца, выходящее из кишечника человека, 3 — вылупление корацидия, 4 — корацидий, 5 — первый промежуточный хозяин (циклоп) с процеркоидом в кишечнике, 6 — второй промежуточный хозяин (рыба) с плероцеркоидом в мышцах

Рисунок 4.1.16 — Цикл развития широкого лентеца [3]

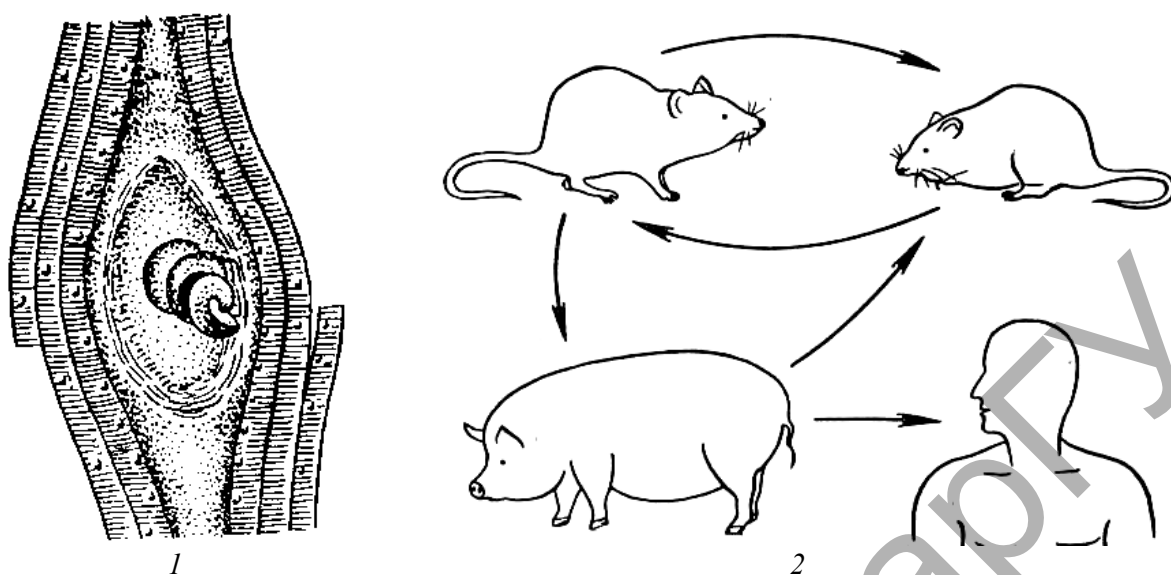


A — окончательный хозяин (человек); B — промежуточный хозяин (свинья), 1 — яйцо солитера, выходящее из кишечника человека, 2 — финна, развивающаяся в мышцах свиньи, 3 — половозрелый червь, паразитирующий в кишечнике человека

Рисунок 4.1.17 — Цикл развития свиного солитера [3]

специализированная личинка — финна, находящаяся обычно в мышечной ткани промежуточного хозяина. Регулярное употребление в пищу плохо обработанного (недоваренного) свиного мяса приводит к заражению человека, в кишечнике которого финна превращается в молодого солитера.

Иногда развитие паразитов происходит даже без выхода во внешнюю среду. Трихинелла (*Trichinella spiralis*) часть жизни проводит в кишечнике, другую же часть — в мышцах животного или человека; соответственно этому различают две стадии: кишечных трихинелл и мышечных трихинелл (рис. 4.1.18).



1 — личинка в мышечной ткани; 2 — основной путь циркуляции трихинелл в природе

Рисунок 4.1.18 — Трихинелла [3]

Хозяевами трихинеллы служат различные млекопитающие (хищники, парнокопытные, насекомоядные, грызуны, ластоногие) и человек, у которого они вызывают особое заболевание — трихинеллез. Заражение людей чаще всего происходит от домашних свиней, реже — от диких животных. Свиньи заражаются, поедая обычно мертвых крыс или же свиное мясо; крысы — в результате, поедания мертвых соплеменников.

В мясе, зараженном трихинеллами, можно найти рассеянные небольшие овальные тельца — капсулы — со скрученным в спираль маленьким червячком (всего 0,5 мм длиной) внутри. Это молодые мышечные трихинеллы. В том случае, если трихинеллезное мясо будет в плохо проваренном или прожаренном виде съедено хозяином (человеком, свиньей, крысой и т. д.), в желудке последней капсулы растворяются под действием желудочного сока и молодые трихинеллы выйдут из них и сконцентрируются в тонком кишечнике. Количество попадающих в человека трихинелл может быть огромно. В тонкой кишке трихинеллы растут и через три дня дают половозрелых самцов и самок. Происходит копуляция, после чего оплодотворенные самки прикрепляются головными концами к слизистой кишечника. Для трихинелл характерно яйцеживорождение. За свою жизнь (а живет она около двух месяцев) самка произ-

водит до 2 000 личинок. Молодые личинки проникают в лимфатические сосуды, а затем и в кровеносную систему. Током крови они разносятся в разные части тела. Далее личинки внедряются в волокна поперечнополосатой мускулатуры, где питаются, растут, разрушая мышцы. Примерно через две недели трихинеллы скручиваются спиралью и постепенно окружаются соединительнотканной капсулой. Через год после капсулирования в стенках капсулы откладывается углекислая известь, отчего капсула принимает молочно-белый цвет. Так, даже находясь в 40%-ом растворе формалина в течение 15 лет, они сохраняют жизнеспособность.

Как было сказано выше, в кишечнике хозяина развиваются половозрелые черви, и на этой стадии хозяин является окончательным. Когда же личинки паразита проникают в мускулатуру, та же особь хозяина становится промежуточной.

Такая схема жизненного цикла трихинеллы при резком снижении сопротивляемости организма хозяина может видоизменяться. Так, личинки паразита, внедрившись в ворсинки кишечника, не проникают в кровеносные сосуды, а там же быстро завершают развитие и возвращаются обратно в просвет кишки, где и достигают половозрелости. Это приводит, с одной стороны, к многократному повторению цикла развития и увеличению числа трихинелл в кишечнике; с другой стороны, подобное изменение цикла развития вызывает усиление заражения мышечной ткани хозяина.

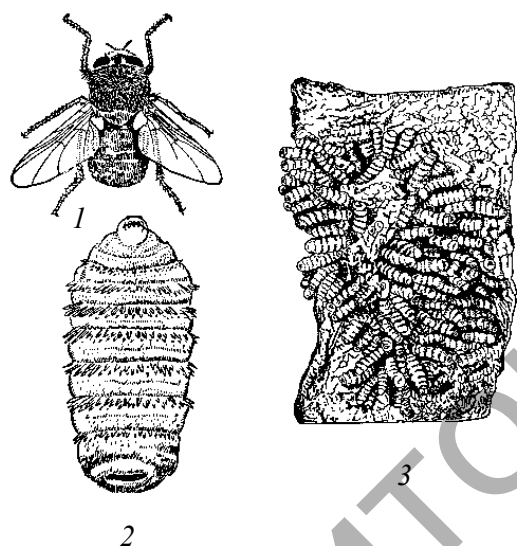
Заражение человека трихинеллами является слепым путем их распространения, так как попав в организм человека они в конце концов обречены на гибель. Трихинеллы в капсулах обладают высокой степенью защищенности от воздействия негативных факторов.

Много эндопаразитов среди насекомых (например, мух-оводы), относящихся к отряду двукрылых (Diptera).

Овод бычий (*Hypoderma bovis*) паразитирует на крупном рогатом скоте. Самка прикрепляет яйца поодиночке к волоскам задних ног или других участков тела. Вылупившиеся личинки внедряются через кожные покровы в организм животного и в течение семи-восьми месяцев мигрируют в тканях, а перед линькой во вторую стадию выходят под кожу спины хозяина, вызывая в процессе дальнейшего развития образование желваков с отверстиями (свищами). Свищи обеспечивают доступ воздуха к дыхальцам личинок

и выход созревших личинок наружу. Окукливание подкожных оводов происходит на земле.

Носоглоточный овод овечий (*Oestrus ovis*) является паразитом домашних коз и овец, а также диких горных баранов и козлов. Самки рожают живых личинок, которых выбрызгивают в ноздри животных. Личинки проникают внутрь головы, локализуясь в лобных пазухах, решетчатой кости или в глотке, а по завершении развития выходят наружу через ноздри, попадают на землю и там окукливаются. Паразитирование личинок носоглоточных оводов обычно не приводит к гибели хозяев, но вызывает сильное их истощение; при массовом заражении иногда происходит гибель животных.



1 — взрослое насекомое; 2 — личинка,
3 — личинки на внутренней стороне
желудка лошади

Рисунок 4.1.19 — Желудочный овод [3]

Некоторые оводы паразитируют в пищеварительной системе млекопитающих. Так желудочные оводы (*Gasterophilus*) паразитируют на лошадях (рис. 4.1.19). Самки откладывают яйца на волосяной покров головы и передних конечностей лошадей или на их кормовые растения. Личинки активно или с пищей проникают в пищеварительный тракт хозяина, где и остаются до созревания. Окукливаются желудочные оводы в навозе, выходя наружу вместе с экскрементами.

Редкими являются случаи паразитизма среди позвоночных животных.

Однако среди круглоротых достаточное число видов ведет паразитический образ жизни. Так, речная минога (*Lampetra fluviatilis*) после прохождения в реках личиночной стадии уходит для дальнейшего развития в море (рис. 4.1.20). Там она ведет паразитический образ жизни: нападает на рыб, присасывается к телу и питается их мясом и кровью. Этот период в жизни миноги длится один-два года, после чего она уходит для нереста в реку, где вообще не питается и существует за счет накопленных запасов.

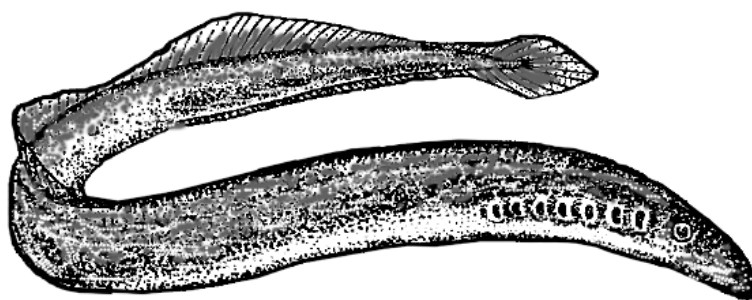


Рисунок 4.1.20 — Речная минога

Среди костных рыб редко встречаются настоящие паразиты. В семействе ванделлиевые (*Trichomycteridae*), к которому относятся маленькие сомики (их длина обычно не более 4—6 см) имеются виды-паразиты. Они населяют водные объекты Южной Америки, от северных областей континента до Аргентины. Тело этих сомиков вытянутое, червеобразное, жаберные крышки снабжены оттопыривающимися шипами, с помощью которых они могут прицепляться к рыбам и другим животным.

Ванделлиевые сомики — одни из наиболее приспособленных к паразитизму рыб. Виды рода пигидия (*Pygidium*) прогрызают кожу крупных рыб и сосут их кровь. Другой вид — стегофил (*Stegophilus insidiosus*) — паразитирует в жаберной полости крупных сомов рода платистома (*Platystoma*) и других пресноводных рыб. У этого вида развит присасывательный диск, мелкие острые зубы помогают прогрызать покровы жертв. Присосавшись к жабрам хозяина, он питается его кровью. Первое время этого маленького (длиной до 5 мм) сомика принимали за молодь хозяина, так как известно, что многие сомы вынашивают икринки и молодь во рту.

Ближний вид — бранхиоика (*Branchioica bertonii*) — паразитирует в жаберной полости рыбы пиаракта (*Piaractus brachipomus*).

Среди ванделлиевых сомиков выделяется маленький (не крупнее 6,2 см) сомик ванделлия (*Vandellia cirrhosa*), которого называют в бассейне Амазонки кандиру или карнеро (рис. 4.1.21). Мрачную известность он заслужил из-за способности нападать не только на рыб, но и на крупных млекопитающих и человека. Он обычно паразитирует в мочеполовых протоках крупных рыб, но иногда, привлеченный запахом мочевины, проникает в мочеполовые отверстия животных и купающихся людей, вызывая при этом мучительную боль. У кандиру нет присоски, но на жаберных крышках имеются шипы, которыми он удерживается в узких каналах. Удаление его возможно только оперативным путем.

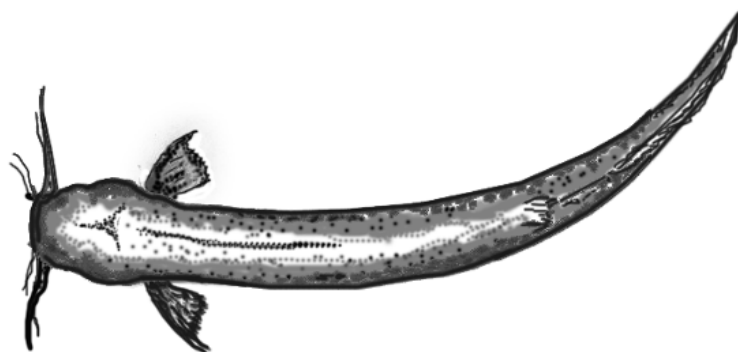


Рисунок 4.1.21 — Семик кандиру

Есть паразиты и среди млекопитающих. К таким видам относятся представители семейства вампировые (Desmodontidae). Это летучие мыши длиной от 6,5 до 9 см, обитающие от южного Техаса США и северной Мексики до центральных районов Чили, Аргентины и Уругвая. К этому семейству относятся всего три вида: обыкновенный вампир (*Desmodus rotundus*), белокрылый вампир (*Diaemus youngi*) (рис. 4.1.22) и мохноногий вампир (*Diphylla ecaudata*). Днем эти животные скрываются в пещерах, дуплах деревьев или на чердаках. Их колонии иногда насчитывают более тысячи особей. С наступлением темноты вампиры вылетают на охоту. Они питаются только свежей кровью теплокровных животных и человека. Найдя подходящую жертву, вампир либо сразу садится на нее или подбирается к ней по земле. Эти летучие мыши обладают



Рисунок 4.1.22 — Белокрылый вампир

способностью не только хорошо передвигаться по земле, но и без труда взлетать с земли, в отличие от многих других рукокрылых. Считается, что для того чтобы усыпить свою жертву, вампиры выделяют специальное летучее вещество, которое вызывает крепкий сон. Найдя на теле участок без волос или перьев, летучая мышь острыми зубами скусывает кусочек кожи. Благодаря движениям языка в ротовой полости вампира создается вакуум и туда поступает кровь. Слюна вампиров содержит антикоагулянты, препятствующие свертыванию крови. Они могут выпивать так много крови, что не в состоянии взлететь некоторое время. Представляет опасность не только потеря крови, но и тот факт, что вампиры являются переносчиками бешенства, чумы рогатого скота. Кроме того, в тропическом климате кровотокающие раны после нападения вампиров легко инфицируются паразитическими бактериями и насекомыми, что вызывает массовую гибель скота в некоторых районах Америки.

Перечисленные приспособления организмов к паразитическому образу жизни носят относительный характер. Хозяева паразитов имеют целый арсенал защитных средств. Копытные, слоны, некоторые грызуны избавляются от кровососов, нанося защитный слой грязи, некоторые животные специально поедают ядовитые растения в небольших дозах для избавления от внутренних паразитов. Целый ряд животных (рыбы, млекопитающие) привлекают животных-симбионтов, избавляющих их от паразитов.

Случаи, когда паразитические отношения постепенно приводят к смерти хозяина, встречаются довольно редко. Так поступают со своим хозяином некоторые виды перепончатокрылых насекомых (Hymenoptera) — наездники. Развитие наездников отличается большим своеобразием. Их яйца бедны желтком, поэтому часто из них выходят недоразвитые личинки. Личинка окружена питательными веществами тела хозяина и за счет этих веществ может нормально развиваться. Таким образом, за счет экономии питательных веществ самка наездника может отложить больше яиц. У других наездников в яйце образуется специальная клеточная оболочка, при помощи которой яйцо питается соками хозяина. Благодаря этому стала возможной полиэмбриония, когда наблюдается вылупление сразу нескольких личинок из одного яйца.

Личинки наездников развиваются на поверхности тела хозяина или внутри его. В первом случае они поражают либо скрытноживущих хозяев, либо на куколок, либо предкуколок, находящихся в коконах (рис. 4.1.23).

В качестве примера можно привести гетероспилуса (*Heterospilus cerphi*). Этот вид поражает хлебного пилильщика — перепончатокрылого насекомого, опасного вредителя пшеницы [4]. Самка наездника, обнаружив хозяина в стебле пшеницы, прокалывает стебель и откладывает на личинку пилильщика от одного до шести яиц. Развитие наездника продолжается около трех недель. Все это время его личинка питается на поверхности тела хозяина. Затем она строит кокон, доедает хозяина и остается зимовать в его коконе.

Личинки наездников живут как в скрытоживущих хозяевах, так и в обитающих на поверхности, так как до окукливания или до вылета взрослых наездников они защищены от вредного влияния внешних условий телом хозяина.

У всех личинок, обитающих внутри тела хозяина, кишечник не открывается наружу, так что экскременты не выделяются и не отравляют

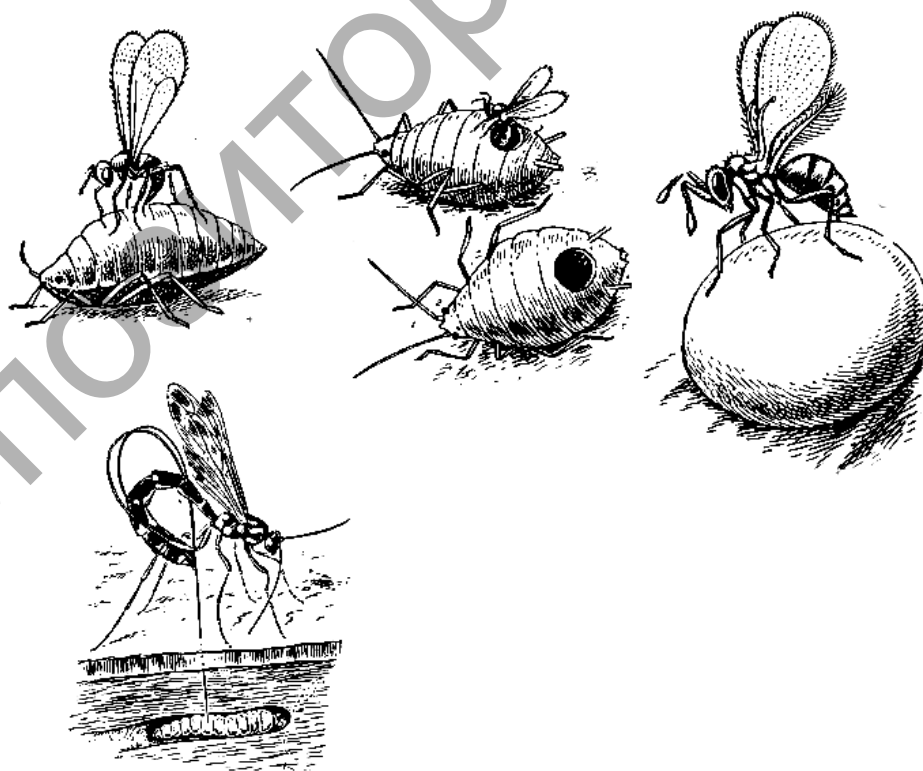


Рисунок 4.1.23 — Паразитоидные перепончатокрылые насекомые [4]

тела хозяина. Выделение экскрементов происходит лишь перед окукливанием паразита, когда он перестает питаться. Дышат личинки паразитов либо всей поверхностью тела, либо через специальную дыхательную трубку, выведенную за пределы тела хозяина. Такие виды развиваются на яйцах, личинках, куколках и взрослых насекомых.

Некоторые из паразитов поражают своей узкой специализацией и образом жизни. Например, крошечные прествичии (*Prestwichia aguatica*) развиваются в яйцах жуков-плавунцов. Эти наездники могут до двух часов находиться под водой, где они плавают, пользуясь длинными, покрытыми волосками ногами. Самки прествичий откладывают в одно яйцо плавунца до 50 своих яиц. Из них выходят недоразвитые личинки, у которых нет дыхательной системы. Это своеобразные живые мешочки с кишечниками, открывающимися на переднем конце. Питаясь желтком яйца плавунца, личинки быстро растут и спустя две недели окукливаются. Вышедшие из куколок наездники оживленно движутся в яйце, здесь же спариваются, а потом прогрызают отверстие и один за другим выходят наружу.

Все данные виды не относятся к настоящим паразитам. Такой тип взаимоотношений является промежуточным между типичным паразитизмом и хищничеством, так как приводит к обязательной гибели хозяина. Личинка наездника всегда убивает своего хозяина, хотя и не сразу, как в случае хищнического нападения.

Фитофагия — межвидовые отношения, при которых один вид (животное-фитофаг) живет за счет другого вида (растения), используя его в пищу.

Растения представляют собой важный биотический фактор для животных-фитофагов — от их количества зависит численность и распространение последних. В свою очередь, фитофаги оказывают влияние на растения — снижают их численность.

Фитофагия позволяет ограничивать в экосистемах численность, продуктивность и потенциал размножения растений, поддерживать баланс между различными видами растений и, соответственно, способствует устойчивости экосистем.

Фитофагия имеет сходные признаки, в том числе и по аспектам обмена энергией и веществом между двумя видами, с такими типами биотических взаимоотношений, как паразитизм (фитофаг, питаясь растением, не приводит к его гибели) и хищничество (в результате взаимодействия растение погибает). При данном типе

отношений фитофаг не всегда уничтожает растение. Например, так поступает большинство млекопитающих-фитофагов, которые съедают только поверхностную часть травянистых растений или только часть веток деревьев или кустарников (копытные, грызуны). Также поступают и большинство насекомых-фитофагов, питающихся соком или тканями растений. Однако встречаются случаи, при которых растительный организм уничтожается полностью. Это имеет место при большой численности фитофагов, например при массовом размножении тлей растения могут гибнуть. Птицы-фитофаги, используя в пищу семена, уничтожают растение на этой стадии развития (например: попугаи, клесты и др.). Точно так же поступает белка, используя в пищу орехи лещины. Гибель растения наблюдается и при поражении семян различными видами насекомых, например, фасоли — жуком фасолевой зерновкой (*Acanthoscelides obtectus*), желудей — жуком желудевым слоником (*Curculio glandium*) и т. д.

В случае если одним видом используется в пищу один из видов грибов, имеет место **мицетофагия** (например, питание белки или лося различными видами грибов), если используется в пищу бактериальный организм — **бактериофагия** (например, питание амёбы (*Amoeba proteus*) различными видами бактерий). Данные типы взаимоотношений практически аналогичны фитофагии и хищничеству.

Квартиранство (синойкия) — пространственное сосуществование разных видов, полезное для одного и безразличное для другого.

Квартиранство способствует возникновению в биоценозе разнообразия экологических ниш, местообитаний и снижает межвидовую конкуренцию. Оно может носить постоянный характер. Пример такой синойкии — обитание лишайников, мхов, бромелий, орхидей и других эпифитов на стволах и ветвях деревьев.

Рачки морские уточки (*Lepas*) используют поверхность тела усатых китов в качестве поверхности для прикрепления. Являясь неподвижными животными, морские уточки получают в лице кита превосходное транспортное средство, которое обеспечивает им не только расселение, но и обеспечивает постоянную смену воды, что повышает их шансы на добычу пищи — мелких планктонных организмов.

Синойкия может носить и временный характер. Например, молодь морских рыб (например, ставриды черноморской (*Trachurus mediterraneus*)) и взрослые рыбы небольших размеров держатся

вблизи щупалец крупных медуз и в случае опасности прячутся под зонтик этих беспозвоночных.

Взаимоотношения в форме квартиранства возникают между некоторыми птицами (совы, врановые, соколообразные и др.) и древесно-кустарниковыми растениями, на которых те строят свои гнезда. Птицы находятся в сильной зависимости от растений, без наличия которых невозможен процесс воспитания потомства.

Показательным примером временного квартиранства является *форезия* (расселение одних видов организмов другими). При *зоохории* плоды и семена, прикрепившись с помощью различных зацепок, крючков, щетинок, клейких веществ к шерсти млекопитающих, перьям птиц, панцирю насекомых, разносятся ими на большие расстояния. Оторвавшись от переносчика, при наступлении благоприятных условий, они прорастают. Так распространяются многие наземные (лопух, чертополох, подмаренник цепкий, дурнишник, овсюг, бешеный огурец, и др.), прибрежные и водные (норичник, череда и др.) растения.

Нередко мелкие семена пристают к телу животных с грязью, а когда она, высохнув, стряхивается, то вместе с ней на землю или в воду падают и семена.

Водоплавающими птицами на довольно значительные расстояния может переноситься икра рыб (например, икра карася серебристого и золотого, карпа) и моллюсков, которая прилипает к перьям и ногам пернатых.

В качестве транспортного средства для расселения по водным объектам клещи рода *Hydrachna* используют стрекоз и водных жуков.

Обычно при квартиранстве не возникает пищевых связей между партнерами, но в ряде случаев наблюдаются исключения из этого правила.

В шерсти трехпалого ленивца обитают семь разных видов бабочек. Благоприятным фактором такого проживания является медлительность этого животного и его длинная шерсть. Некоторые виды бабочек используют ленивца и как источник пищи для своего потомства. Примерно раз в неделю ленивец спускается с деревьев, чтобы опорожнить свой кишечник. Бабочки успевают отложить яйца в его помет, которым будут питаться вышедшие гусеницы, и возвратиться в свой «дом».

Рыбы-прилипалы (Echeneidae) используют акул, скатов, черепах и других крупных морских животных в качестве транспортного средств (рис. 4.1.24). Однако при возможности они могут питаться и остатками их добычи, в частности акул. В данном случае наряду с квартиранством имеет место и другой тип взаимоотношений — нахлебничество.

Нахлебничество (комменсализм) — это тип пищевых взаимоотношений между двумя видами, когда один вид питается за счет другого, не нанося ему никакого вреда.

Этот тип взаимоотношений также широко распространен в природе. Примерами являются нахлебничество песка по отношению к белому медведю, чепрачного шакала и африканского льва. Нахлебниками крупных хищных млекопитающих в разных регионах земли являются птицы-падальщики (грифы, стервятники, сипы, вороны и др.). Лесные мыши, подбирая остатки пищи белок (семена ели, сосны и т. д.) под их «столовыми», также выступают в качестве нахлебников.

Нахлебничество играет важную роль в биоценозах, так как позволяет ускорить скорость утилизации излишков пищи отдельных видов другими (нахлебниками) и, соответственно, увеличить скорость круговорота веществ в экосистемах.

Симбиоз (кооперация) — обоюдовыгодное сожительство двух разных видов.

Термин был предложен А. де Бари в 1879 г. Согласно традиционным взглядам симбиоз предполагает обоюдовыгодное сожительство разных видов, однако в научной литературе встречается довольно вольная трактовка этого понятия. Ряд авторов [16] считают, что к симбиозу следует причислить все формы сожительства, включая паразитизм!

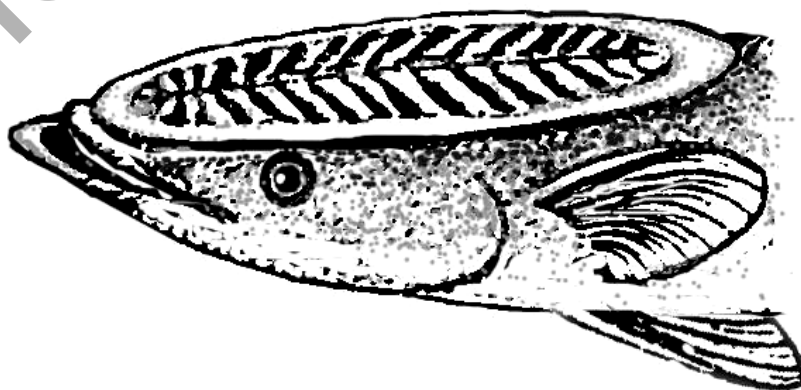


Рисунок 4.1.24 — Рыба-прилипало

Придерживаясь традиционного взгляда [14], мы полагаем, что следует разделять эти типы взаимодействия разных видов, в том числе и сожительство, которое предполагает положительное, нейтральное или отрицательное воздействие видов друг на друга. На наш взгляд, симбиоз предполагает только обоюдовыгодное сожительство двух разных видов.

По степени партнерства, пространственной и пищевой зависимости друг от друга выделяют две формы симбиоза: протокооперацию и мутуализм.

Протокооперация — обоюдовыгодное сожительство двух разных видов, не являющееся обязательным для одного или обоих видов.

Хрестоматийным примером протокооперации являются взаимоотношения рака-отшельника и актинии — мягкого коралла (Astiniaria) (рис. 4.1.25).

Несмотря на то что рак-отшельник в качестве укрытия использует раковину моллюска, он нуждается в дополнительной защите.



Рисунок 4.1.25 — Рак-отшельник и актиния

Это связано с тем, что некоторые хищники, например осьминог, могут извлечь его даже из такого надежного убежища. Поэтому рак сажает себе на раковину актинию, иногда даже несколько. Актинии (морские анемоны) благодаря наличию стрекательных клеток на своих щупальцах обеспечивают раку надежную защиту от хищников. В свою очередь рак играет для этих малоподвижных животных роль транспортного средства, обеспечивая им постоянную смену воды, увеличивая их шансы на поимку различных мелких животных, а также способствует их расселению в период размножения. Кроме этого, актинии питаются остатками пищи рака-отшельника. Рак, как заботливый хозяин, даже делится пищей со своими сторожами, подавая клешнями им кусочки добычи.

В подобные взаимоотношения вступают рыбы-клоуны (*Amphiprion*) и актинии. Кишечнополостные, благодаря своим стрекательным клеткам, обеспечивают рыбам надежную защиту от врагов. В свою очередь рыбы-клоуны способствуют аэрации актиний и являются «провокаторами» для многих рыб — обитателей кораллового рифа. В момент появления хищника на рифе рыбы-клоуны укрываются среди щупалец морских анемонов. Поддаваясь «стайному эффекту» туда же пытаются спрятаться и другие рыбы, которые сразу же гибнут под ударами «стрекательных батарей» актиний и становятся их пищей. Клоуны выполняют роль приманки для хищных рыб, которые в погоне за добычей также могут стать жертвами актиний. В благодарность за надежную защиту рыбы-клоуны даже делятся пищей со своими телохранителями. Подобное взаимодействие является обязательным для рыб, но не обязательным для морских анемонов.

Ленточная коралловая креветка, обитатель гротов и коралловых рифов, своими длинными белыми антеннами дает сигнал мурене, которая позволяет рачку залезть в рот и очистить ротовую полость от остатков пищи и паразитов. Оба вида извлекают пользу из этих взаимоотношений, но если для креветки они являются обязательным условием существования, то мурена может обойтись и без этих услуг.

Такая же ситуация наблюдается и в случае взаимоотношений между губанами-чистильщиками и крупными хищными рыбами, например морскими окунями (групперами) или акулами, которые могут достигать нескольких метров в длину. Рыбки-губаны, длина которых составляет всего несколько сантиметров, без боязни со-

вершают осмотр поверхности тела, ротовой и жаберных полостей крупных рыб, удаляя паразитов, водоросли, другие организмы, отмирающие участки тканей, т. е., оказывают полный набор санитарных услуг. Предварительно губаны исполняют своеобразный танец, который предупреждает хищников о том, что перед ними рыба-чистильщик. Есть сведения, что, если с какого-либо участка рифа губаны переселяются на другой, за ними следуют и их постоянные клиенты. В данном случае такое взаимодействие является обязательным для рыб-чистильщиков, так как без него они не могут обеспечить себя пищей и вообще существовать.

Довольно интересными являются взаимоотношения между различными видами муравьев и мирмекофильными растениями (рис. 4.1.26).



- 1 — стебель и лист *Endospermum formicarum* с гнездом *Camponotus quadriceps*, видны нектарники при основании листа и камеры в мягкой сердцевине вскрытого стебля;
 2 — стебель *Cecropia adenopus* с нектарниками и входами в гнездо муравья *Azteca muelleri*; 3 — разрезанный стебель того же растения, в перегородках между полостями видны отверстия, сделанные муравьями; 4 — эпифит *Myrmecodia pentasperma*, вскрыта ложная луковица с гнездом *Iridomyrmex cordata*

Рисунок 4.1.26 — Мирмекофильные растения [4]

Некоторым видам цекропий свойственна мирмекофилия. Свыше 70 видов этих деревьев распространены главным образом во влажных тропических лесах Центральной и Южной Америки. К числу мирмекофилов принадлежит цекропия щитовидная (*Cecropia peltata*), называемая также трубным деревом, так как индейцы изготавливали из ее полых стеблей свои духовые трубки. Цекропия вступает в сожительство с муравьями из рода *Azteca*. Оплодотворенная самка муравьев (царица) прогрызает у верхушки междоузлия тонкую стенку полого стебля цекропии и выводит свое потомство внутри стебля. Ствол и ветви цекропий внутри полые и разделены перегородками на отдельные камеры, в них и селятся муравьиные семьи. Кроме предоставления растением места обитания, оно еще и обеспечивает ацтеков пищей. Муравьи питаются особыми выростами (мюллеровскими тельцами), которые образуются на внутренней стороне вздутых оснований листовых черешков и включают в себя гликоген — запасной углевод животных и грибов (что само по себе является удивительным фактом).

Помимо мюллеровских телец гликоген у цекропий образуется еще в жемчужных железках, иногда возникающих на черешках и нижней поверхности листьев. Как показали исследования с помощью электронного микроскопа, на ранних стадиях развития мюллеровских телец в них еще нет гликогена. Только в процессе формирования тельца его хлоропласты преобразуются в специфические пропласты, которые затем превращаются в гликогеновые пластиды. Мюллеровские тельца и жемчужные железки становятся основным кормом для заселяющих дерево муравьев-ацтеков. После того как одно из телец съедено, рядом тут же начинает формироваться другое. За один день цекропия может синтезировать в этих образованиях до 100 мг питательной ткани. Как подобные удивительные органы возникли в процессе эволюции, сказать трудно, но факт остается фактом — в угоду насекомым растение вырабатывает совершенно не свойственное ему органическое вещество. Интересно, что населены муравьями и образуют мюллеровские тельца не все цекропии, а только те, которые растут во влажных местах. Деревья, произрастающие на более сухих местах, например в горах, как правило, не заселены муравьями, и мюллеровские тельца у них не образуются.

У цекропии *Cecropia adenopus* на стебле у основания листьев для привлечения муравьев имеются нектарники. Такие образования имеются и у других видов мирмекофильных растений.

В свою очередь муравьи-ацтеки защищают цекропию от ее врагов, например, от муравьев-листорезов (*Atta*, *Aeromyrmex*). Они отпугивают и убивают насекомых и других животных, которые пытаются обосноваться на дереве или найти на нем пищу. Они следят также, чтобы растения-эпифиты и растения-паразиты, которые пытаются взобраться на их дерево, не зацепились своими вьющимися побегами за ветви цекропии. Муравьи попросту откусывают верхушки побегов таких непрошенных гостей. Они уничтожают всходы других растений, растущих слишком близко от ствола дерева, буквально пропалывая почву под кроной цекропии. Муравьи даже способствуют расселению цекропии, перенося проросшие семена на соседние свободные участки и высаживая их там.

Второй вариант симбиоза между растениями и муравьями также можно встретить в Амазонии. Там растут деревья из семейства меластомовых (*Melastomataceae*). На верхней поверхности листьев многих видов этих деревьев, на их листовых черешках или на стебле под черешком можно увидеть крупные вздутия — двойные, разделенные продольной перегородкой пузыри, открывающиеся наружу небольшими отверстиями. В этих полых вздутиях, получивших название формикариев (от латинского слова «*formica*» — муравей), поселяются мелкие, но больно кусающиеся муравьи, которые в благодарность за предоставленный дом охраняют растение от различных вредителей, главным образом, от муравьев-листорезов, способных для своих «сельскохозяйственных» нужд за короткий срок полностью лишиться листьев большое дерево. Местные жители также избегают прикасаться к растениям, носящим на себе «муравьиные сумки», так как стоит лишь слегка потрясти их, как возмущенные насекомые выбираются из своих убежищ и атакуют нарушителей спокойствия.

Протокооперативные взаимодействия характерны для различных видов муравьев и тлей (*Aphidodea*) (рис. 4.1.27). Муравьи обеспечивают этим малоподвижным насекомым защиту от хищников. В свою очередь тли, выделяя сладкий «сироп» — падь, предоставляют муравьям дополнительный энергетически очень ценный продукт питания. Муравьи не только защищают тлей, но и обеспечивают им расселение, перенося своих «дойных коров» в челюстях на новые, здоровые растения. Некоторые виды муравьев на зиму забирают часть тлей в муравейник, где те переживают холодное время.

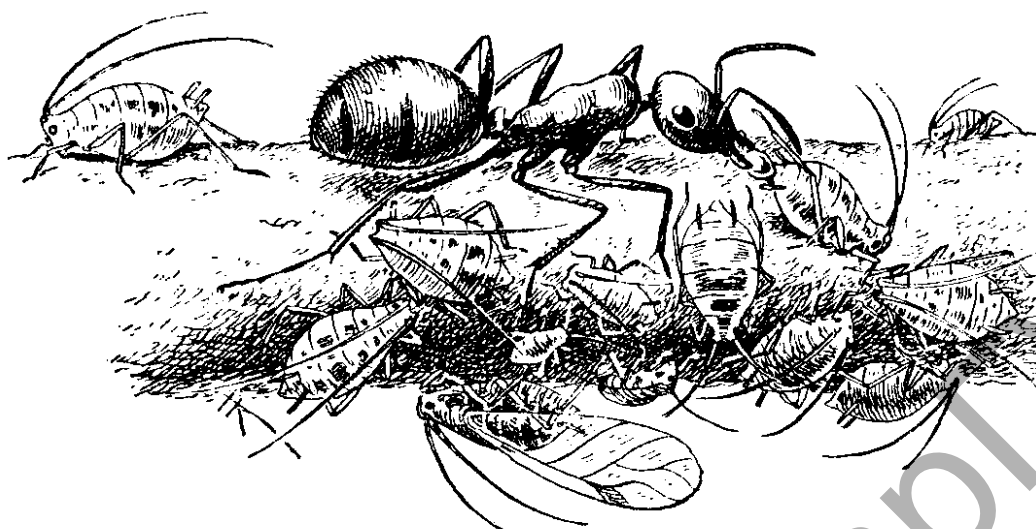


Рисунок 4.1.27 — Рыжий лесной муравей в колонии тлей [4]

Протокооперативными являются отношения между многими цветковыми растениями и животными-опылителями (насекомыми, птицами, летучими мышами и др.). Животные получают от растений пищу (нектар и пыльцу) и одновременно выполняют перекрестное опыление. Большинство опылителей не являются специализированными видами и способны опылять довольно большой спектр видов цветковых. Некоторые растения, например клевер или львиный зев, приспособлены к опылению только шмелями, которые, в принципе, не являются их специализированными опылителями. Но строение цветков этих растений не позволяет другим насекомым, кроме шмелей, опылять их.

У многих всеядных термитов в гнездах разводятся грибы, растущие на скоплениях специально откладываемых экскрементов и кусочках древесины, — в основном представители обычных плесневых грибов. Для термитов грибы выступают в качестве источника пищи. Для грибов это взаимоотношение хоть и полезно, так как способствует их расселению, но не обязательно.

В случае крайней специализации растения и опылителя имеет место другая форма симбиоза — мутуализм.

Мутуализм — обоюдовыгодное сожительство двух разных видов, являющееся обязательным для обоих видов.

Некоторые термиты (*Termitomyces*) в гнездах разводят грибы, которые не встречаются ни в окружающей почве, ни в телах термитов (в основном они используются в качестве корма для молодых личинок).

Многие термиты питаются древесиной (иногда они потребляют сухую древесину и даже чистую клетчатку). В переваривании клетчатки участвуют жгутиковые (*Trichonympha* и др.). Простейшие, обитающие в кишечном тракте термитов, которые не имеют собственных ферментов, разрушающих целлюлозу (целлюлазу), помогают им переваривать растительные корма. Без симбионтов термиты погибли бы от голода. Они используют своих кишечных симбионтов и как источник белка. Кроме того, источниками белкового азота для термитов являются и симбиотические бактерии, обнаруженные у этих насекомых.

Жгутиковые, переваривающие растительные корма, встречаются в кишечниках у разрушающих древесину тараканов (*Cryptocercus*), что может служить биологическим подтверждением представлений о близости термитов к тараканам, прослеживаемой при сравнении многих признаков организации насекомых этих отрядов.

Кишечные симбионты, участвующие в переработке грубых растительных кормов, обнаружены у многих животных: млекопитающих (парнокопытные, грызуны), насекомых (жуки, тараканы и др.).

В кишечнике гладких китов американским ученым М. Крейтом среди большого числа бактерий-симбионтов были найдены бактерии, способные разрушать вещества (нафталин, антрацен), присутствующие в нефтепродуктах. Другой вид бактерий может легко разрушать весьма стойкие канцерогенные полихлорированные бифенилы, превращая их в безвредные вещества. Эти микроорганизмы-симбионты позволяют гладким китам переносить значительные концентрации нефтепродуктов в морской воде.

У бактерий может возникать прочная связь с корнями растений. Бактерии, питаясь органическими веществами корневых выделений растения-хозяина, отдают ему свои продукты жизнедеятельности (минеральные и органические соединения, витамины). Часто бактерии проникают в клетки корня. Так, некоторые виды растений (бобовые, злаковые) на своих корнях образуют особые вздутия — клубеньки, в которых поселяются азотфиксирующие бактерии (*Rhizobium* и др.). Микроорганизмы, фиксируя атмосферный азот, снабжают им растения. Взамен они получают из растений углеводы и гарантированное место жительства. Такая форма совместного существования благоприятна для роста и выживания обоих видов.

Очень интересные взаимоотношения возникают между бактериями и животными — обитателями глубинных участков океана. На больших глубинах, от сотен до тысяч метров, организмы вынуждены существовать в абсолютной темноте. Многие животные используют *биолюминесценцию* — способность испускать свет. Так, на верхней стороне головы рыбы-удильщика (*Lophiiformes*), близ огромного рта, располагается длинный вырост (у некоторых видов он достигает метра в длину) — «удочка» (рис. 4.1.28). На конце вырост расширяется, образуя овальное вздутие. В этом вздутии живут бактерии-симбионты, обладающие способностью светиться. Покачивая «удочкой», хищник имитирует живое светящееся существо. Обманутые этим светопредставлением, глубоководные креветки, кальмары и рыбы становятся жертвами удильщика. Бактерии получают от удильщика место жительства и стабильное обеспечение питательными веществами.

Микориза также может выступать в качестве примера мутуализма (рис. 4.1.29). При микоризе возникают столь тесные связи партнеров, что они не могут существовать друг без друга. Орхидные (*Orchidaceae*), вересковые (*Ericaceae*), грушанковые (*Rubrolaceae*) и другие микотрофы способны нормально развиваться только при наличии микоризных грибов.

Классическим примером взаимодействия растения и гриба служат лишайники, представляющие собой тесное сожительство гриба и водоросли (рис. 4.1.30). Гриб защищает водоросль, обеспечивает ее водой и минеральными веществами, а последняя ему поставляет углеводы.

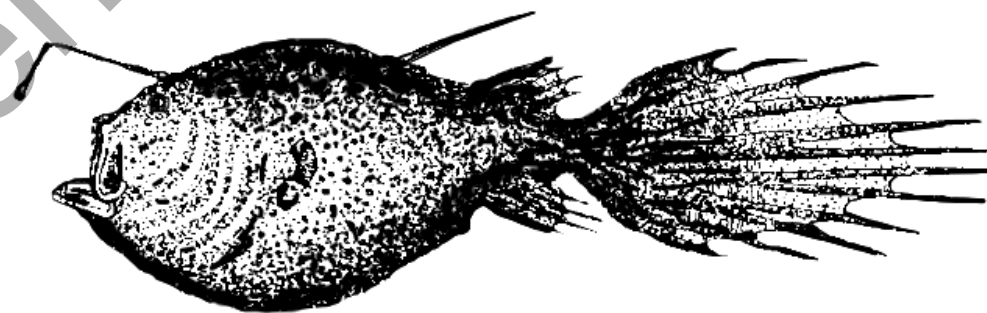


Рисунок 4.1.28 — Рыба-удильщик



Рисунок 4.1.29 — Микориза



Рисунок 4.1.30 — Лишайник

Как мутуалистические следует рассматривать случаи взаимных приспособлений цветковых растений и животных-опылителей. При таких взаимоотношениях определенный вид растения может опылять только определенный вид животного. Взаимодействие растений с неспециализированным опылителем не дает 100% гарантии

перекрестного опыления. Специализация при опылении позволяет растениям не тратить зря энергию на производство дополнительного количества нектара и пыльцы, которые могут быть использованы неспециализированным опылителем. Нектар и пыльца при мутуалистическом опылении используется только по назначению, для конкретного вида животного. Для того чтобы в цветок не проник «чужой» опылитель, растения используют различные приспособления: особенности строения венчика цветка, клейкие ловушки, защитные волоски и т. д.

Например, только юкковая моль пронуба (*Pronuba*) может с успехом опылять цветки североамериканской юкки (*Yucca*) (рис. 4.1.31). Цветки юкки открываются ночью и выделяют приятный аромат. Самка пронубы приступает к сбору пыльцы, которая очень клейкая и напоминает замазку. Бабочка скатывает пыльцу в комочек и благодаря зубоподобному цепкому и колючему придатку переносит ее к другому цветку. Здесь бабочка вдавливая пыльцу в рыльце пестика, а затем откладывает в завязь цветка свои личинки. В результате семязачатки оплодотворяются, а гусеницы питаются развивающимися семенами. Семян у юкки так много, что их хватает и для личинок бабочки, и для воспроизведения растения.

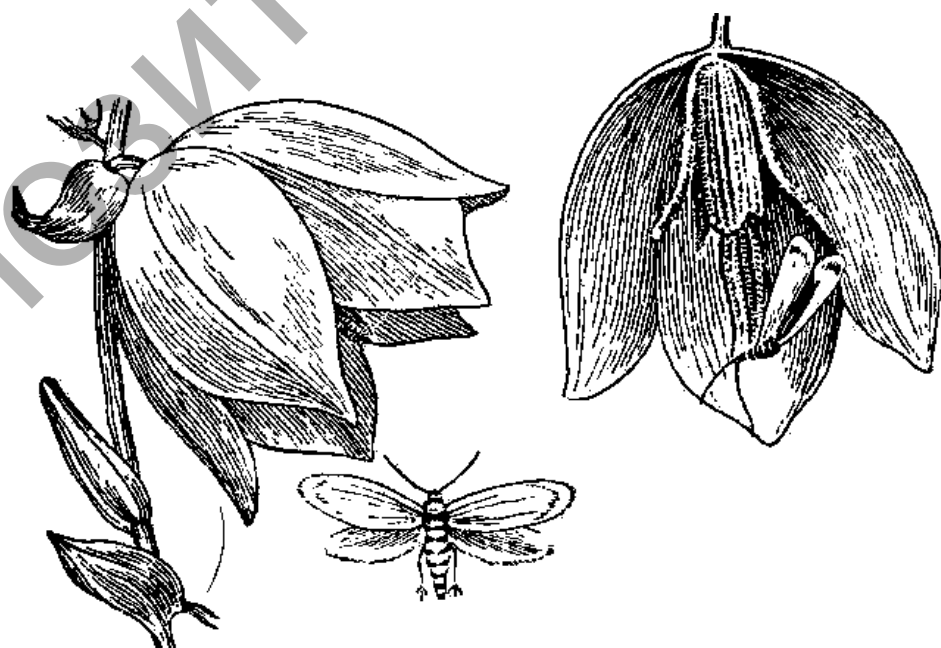


Рисунок 4.1.31 — Цветок юкки и юкковая моль [4]

Инжир, или смоковница, (*Ficus carica*) вступает в тесные взаимоотношения с мелкими осами длиной 1-2 мм. Его очень мелкие цветки располагаются внутри самих смокв (сикониев). Смоква — это соплодие, представляющее собой разросшееся цветоложе. В одних из них находятся мужские, в других — женские цветки. У культурных смоковниц мужские и женские сиконии находятся на одном и том же дереве, а у диких — на разных. Мужские сиконии мельче по размеру женских и всегда остаются твердыми. В них образуется пыльца и проходит личиночная стадия инжирных ос-бластофагов (*Blastophaga psenes*), которые являются специализированными опылителями инжира. Личинки ос развиваются внутри специальных мелких галловых цветков, не нанося вреда мужским. Когда из куколок выходят взрослые осы-самки, они пытаются выбраться наружу, измазываются пылью мужских цветков. Покинув сиконий, осы ищут место для откладки яиц. Однако самки не могут различить мужские и женские соплодия. Они проникают в женские сиконии (фиги), прогрызая стенку. Внутри смоквы самки опыляют женские цветки, но отложить яйца не могут, так как этому препятствует их короткий яйцеклад, приспособленный для откладки яиц только в галловые цветки мужских сикониев, а также длина столбиков пестиков женских цветков. Ни с чем осы улетают в поисках мужских сикониев. Таким образом, бластофаги получают кров и пищу, а инжир — гарантированное перекрестное опыление.

Другим интересным примером является опыление африканского фикуса сикомора (*Ficus sycomora*), у которого в каждом сиконии находятся все три типа цветков (мужские, галловые и женские (плодущие)), но мужских цветков и пыльцы немного. В соответствии с этим генерация ос-опылителей (*Agaonidae*), развивающихся внутри сикония, активно заготавливает пыльцу: самцы срезают пыльники, а самки при помощи специальных щеточек на ножках счищают пыльцу в специальный кармашек, расположенный на теле. Только после этого насекомые выходят наружу, прогрызая туннель в стенке сикония, так как его входное отверстие к этому времени полностью зарастает. Выйдя из сикония, самка проникает в молодые соцветия, в которых откладывает яйца и опыляет цветки. Пыльца из кармашка высыпается в тот момент, когда оса, отложив очередное яйцо, вытягивает яйцеклад. Отделение пыльцы небольшими порциями обеспечивает опыление множества цветков.

К мутуалистическим отношениям следует отнести ряд примеров партнерства растений и муравьев, в результате которого у растений наблюдается видоизменение органов для привлечения муравьев, насекомые же селятся исключительно на этих растениях, обеспечивая им защиту. Очень забавные убежища предоставляют муравьям растения из семейства мареновых — мирмекодия (*Myrmecodia*) и гиднофитум (*Hydnophytum*). Стебли этих эпифитов (из тропических лесов Юго-Восточной Азии) образуют крупные вздутия — «клубни» или «луковицы», пронизанные галереями и извилистыми ходами, в которых и поселяются муравьи. В ложных луковицах *Myrmecodia pentasperma* обитают муравьи *Iridomyrmex cordata* (см. рис 4.1.26).

Симбиотические отношения играют важную роль в биоценозах, так как позволяют видам-симбионтам поддерживать довольно постоянную численность, снижая прессинг хищников, паразитов и видов-конкурентов, более эффективно противостоять негативному воздействию неблагоприятных абиотических факторов, что способствует стабильности видовой структуры сообщества и стабильности экосистемы в целом.

Рабовладельчество — взаимодействие двух разных видов, при котором один вид (рабовладелец) извлекает выгоду, используя другой вид (раба) для обеспечения своего существования и нанося ему ущерб.

Данный тип биотических взаимоотношений возник на основе хищничества и представляет собой пример «социального паразитизма». С научной точки зрения предпосылкой возникновения этого типа биотических взаимоотношений явился доведенный до крайности материнский инстинкт при хищническом нападении. Рабовладельчество встречается только у одной группы животных — муравьев.

Характерным примером вида-рабовладельца является муравей-амазонка (*Polyergus rufescens*). Семья амазонок основывается оплодотворенной самкой, которая, проникнув в гнездо муравьев-рабов, убивает царицу-хозяйку и откладывает яйца. Впоследствии за ними и за личинками амазонок ухаживают рабочие-рабы. Они также кормят солдат муравья-амазонки, утративших, благодаря сабле-видным жвалам, способность самостоятельно питаться. У этого вида муравьев вообще нет собственных рабочих особей. Все работы в гнездах этих муравьев выполняют рабочие других видов из рода *Formica* (*Formica fusca*, *F. cinerea*, *F. rufibarbis*, *F. cunicularia*), чаще всего — бурого лесного муравья (*Formica fusca*). Основной функцией солдат-амазонок является пополнение гнезда куколками

муравьев-рабов по мере их отмирания. Они отправляются в поход к гнездам потенциальных рабов за куколками и взрослыми личинками. Число солдат может достигать 2 000 особей, а длина колонны составлять свыше 10 м. Обнаружив гнездо бурого лесного муравья, амазонки устремляются внутрь и начинают вытаскивать куколок и взрослых личинок, взрослые муравьи другого вида безжалостно уничтожаются. Захватив достаточное количество куколок, вся колонна возвращается в родной муравейник, где из куколок станут выведены рабочие муравьи, которые будут выполнять ту же работу, что и в родном гнезде. Муравей-амазонка является очень редким видом и занесен в Красную книгу Беларуси.

В целом, муравьи-«рабовладельцы» известны и в других родах муравьев, обитают они только в странах северного полушария с умеренным климатом.

Антибиоз — биотические отношения, при которых наблюдается невозможность совместного обитания двух разных видов без видимых причин для конкуренции.

Этот тип отношений близок к конкуренции. При конкуренции очевидно, что виды соперничают и воздействуют друг на друга отрицательно в борьбе за определенные необходимые элементы среды (пищу, пространство, свет и т. д.). При антибиозе отрицательно воздействуют друг на друга организмы, занимающие разные, даже не близкие экологические ниши.

Известно, что корневые выделения пырея (*Agropyron repens*) и ко-стра (*Bromus inermis*) негативно воздействуют на растущие вблизи с ними другие травянистые растения. Это типичный пример конкуренции за жизненное пространство с видами сходных жизненных форм. Факт же негативного воздействия выделений пырея на деревья и кустарники является примером антибиоза, так как последние представляют собой другие жизненные формы, занимающие отличные от пырея экологические ниши и не являющимся прямыми конкурентами для него.

Антибиотические отношения характерны для сосны и туберкулезной палочки, которую губят фитонциды этого дерева.

Классическим примером антибиоза является подавление размножение и гибель многих видов бактерий под воздействием антибиотиков зеленой плесени пеницилла (*Penicillium*).

Некоторые ученые выделяют еще один тип взаимоотношений — нейтрализм [10, 14].

Нейтрализм — сожительство двух популяций, когда ни одна из них не испытывает влияния другой.

Например, обитание в одном биоценозе видов растительных и хищных насекомых, не связанных друг с другом пищевым взаимодействием. При нейтрализме виды не связаны друг с другом непосредственно, но порой могут зависеть от состояния данного биоценоза в целом. Другими словами, взаимоотношения носят косвенный характер. Иногда в качестве примера нейтрализма приводят «взаимоотношения» видов из разных сообществ. Например, прямого взаимодействия между васильком, растущим в биоценозе поля, и кислицей из елового леса не существует, тогда этот тип взаимоотношений можно определить как нейтрализм [10].

На наш взгляд, выделение такого типа взаимодействия нецелесообразно, так как в принципе нейтрализм не предполагает прямого взаимодействия видов, а вышеобозначенная классификация касается именно прямых биотических взаимоотношений. Как можно в данном случае говорить о типе взаимоотношений, если таковых нет вообще! От состояния же биоценоза зависят абсолютно все виды, составляющие его на протяжении всего времени существования биоценоза. Ведь, по большому счету, все живые организмы зависят косвенно или прямо друг от друга, даже если находятся на разных сторонах Земли. Они входят в единую глобальную экосистему — биосферу, которая состоит из взаимосвязанных и взаимозависимых компонентов.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют биоценозом?
2. Кто является автором термина «биоценоз»?
3. Раскройте содержания понятия «биотоп»?
4. Приведите примеры биоценозов.
5. Какие функциональные компоненты биоценоза вам известны?
6. Кто такие продуценты, консументы и редуценты? Приведите примеры организмов, относящихся к этим группам.
7. Что называют видовой структурой биоценоза?
8. Что такое обилие и относительное обилие?
9. Какие организмы в биоценозе относятся к доминантам и редким видам. Приведите примеры.
10. Приведите примеры характерных видов.
11. Что такое экологическая структура биоценоза?

12. По каким критериям выделяют экологические группировки организмов?
13. Раскройте содержание понятия «экологическая ниша». Приведите примеры.
14. Что называют структурой биоценоза?
15. Что такое ярусность и для чего она нужна?
16. Какими бывают биотические отношения, и какой характер они могут носить?
17. Дайте определение и приведите примеры различных типов и форм межвидовых биотических отношений (конкуренции, хищничества, фитофагии, паразитизма и т. д.).
18. Какое функциональное значение имеют в сообществе различные типы биотических отношений?

4.2 Экосистема

4.2.1 Понятие экосистемы и ее компоненты

Понятие «экосистема» было введено английским ботаником Артуром Тенсли в 1935 г., который обозначил этим термином любую совокупность совместно обитающих организмов и окружающую их среду.

Экосистема, как основная структурная единица биосферы, — это взаимосвязанная единая функциональная совокупность живых организмов и среды их обитания, или уравновешенное сообщество организмов и окружающей неживой природы.

Экосистема — совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых компонентов живой и неживой природы, объединенных общими процессами саморегуляции и круговорота веществ.

Примерами экосистем являются экосистемы леса, болота, саванны, горы, пруда и т. п.

В состав любой экосистемы входят:

- компоненты живой природы (популяции животных, растений, грибов и микроорганизмов, т. е. функциональные компоненты биоценоза — продуценты, консументы и редуценты);
- компоненты неживой природы (вода, воздух, почва, грунт и т. п.).

В определении подчеркнуто наличие взаимоотношений, взаимозависимости, причинно-следственных связей между биологическим сообществом и абиотической средой, объединенных в функциональное целое.

Любая экосистема — это не просто сумма биоценоза и биотопа, а целостная система, существование отдельных составляющих которой не возможно друг без друга, без кардинальных изменений их

современных параметров. Например, если погибнет лесной биоценоз, биотоп претерпит серьезные изменения: изменится химический состав и структура грунта, гидрологические условия, химический состав воздуха и т. д.

Большинство экосистем нашей планеты сформировались в ходе длительной эволюции и являются результатом совместного приспособления организмов к условиям окружающей среды.

Экосистемы обладают способностью к саморегуляции и способностью в определенной мере противостоять изменениям условий окружающей среды.

Экосистема — это не закрытая система. Она существует в тесном контакте с другими экосистемами в составе биосферы. Между разными экосистемами происходит постоянный обмен энергией и веществом (атмосферными газами, водой, минеральными и органическими веществами, живыми организмами). В противном случае, биосфера не могла бы представлять собой единую и целостную биологическую систему.

4.2.2 Классификация экосистем

Масштабы экосистем различны, поэтому, исходя из их размеров, различают:

- *микрэкосистемы* (болотная кочка, нора, пещера, холм, лужа и т. п.);
- *мезоэкосистемы* (река, озеро, болото, лес, луг и т. п.);
- *макрэкосистемы* (остров, континент, океан и т. п.).

По расположению в пространстве все экосистемы можно разделить на *водные* и *наземные*.

Водные экосистемы делятся на пресноводные и морские.

Морские экосистемы включают в себя крупные экосистемы морей и океанов, а также экосистемы отдельных морских заливов, лагун, коралловых рифов, подводных горных хребтов и вулканов и т. п.

К пресноводным экосистемам относятся экосистемы водотоков и водоемов.

Водотоки — это ручьи, родники, реки, каналы (мелиоративные, сбросные, судоходные и др.).

К водотоком относятся: родники, старицы рек (старичные озера), озера, временные водоемы (лужи), водохранилища, пруды, отстойники.

Промежуточное положение между морскими и пресноводными экосистемами занимают лиманы с солоноватой водой, соленые внутриматериковые озера (например, Каспийское море, Мертвое море), соленые временные водоемы на побережье морей и океанов, солоноводные болота.

К наземным экосистемам относятся:

- лесные экосистемы (хвойные леса, мелколиственные и широколиственные леса умеренного климата, субтропические и тропические леса и т. д.);
- луговые экосистемы (низинные, пойменные и суходольные луга, альпийские горные луга и т. д.);
- саванны;
- степные экосистемы;
- тундры;
- арктические и антарктические ледяные пустыни;
- пустыни умеренного климата, субтропические и тропические пустыни (песчаные, каменистые пустыни и т. д.);
- экосистемы морских побережий;
- агроценозы (поля, пастбища, огороды и т. д.);
- парки;
- экосистемы населенных пунктов и др.

Между типично водными и наземными экосистемами имеется ряд переходных форм, например болотные экосистемы. Эти экосистемы иногда рассматривают как водные экосистемы, но в этом случае речь идет только о болотных озерах — «окнах» на низинных, переходных и верховых болотах. Если болото принимается как наземная экосистема, тогда рассматривается только его наземная составляющая — территория, покрытая болотной растительностью, заселенная соответствующим сообществом организмов.

Промежуточное положение между водными и наземными экосистемами занимают также заливные участки пойменных террас и участки морских побережий, подвергающихся воздействию приливов и отливов.

По происхождению экосистемы делятся на *естественные* и *антропогенные*.

В ряде случаев антропогенные экосистемы в литературе называют искусственными экосистемами, не разводя эти понятия. Некоторые авторы делят антропогенные экосистемы на *природные*

антропогенные (пруд, водохранилище, канал, парк, лесопарк, сад, поле, огород, пастбище и т. д.) и *искусственные* (аквариум, теплица, парник и т. д.). Некоторые природные антропогенные экосистемы (например, пруд, водохранилище, канал, парк, лесопарк, сад) могут существовать длительное время без поддержки человека, хотя в этом случае их структура может сильно измениться. Другие экосистемы этого типа (например, поле, огород) без участия человека буквально в течение нескольких лет превращаются в экосистему другого типа, т. к. на их месте возникают экосистемы естественного происхождения (лес, луг и др.). Искусственные экосистемы поддерживают свое существование только благодаря человеку, и без него почти сразу погибают.

Между естественными и антропогенными экосистемами наряду со сходством существуют и различия, которые важно учитывать в хозяйственной деятельности человека. Естественные экосистемы обычно имеют в своем составе большое число видов, как например в экосистемах тропического леса, дубравы, низинного болота. Это экологические системы, которые складываются в природе под действием естественного отбора, в результате которого образуется сложная, относительно устойчивая биологическая система, способная к саморегуляции.

В естественных экосистемах осуществляется цикл обмена веществ, начиная с образования первичного органического вещества и заканчивая разложением мертвого органического вещества на неорганические составляющие. Кроме того, естественные экосистемы обладают способностью к самовосстановлению.

Антропогенные экосистемы (агроценозы, каналы и др.) отличаются бедным видовым составом, достаточным однообразием абиотических условий, отсутствием процесса саморегуляции и круговорота веществ. Наиболее ярко эти отличия проявляются в агроэкосистемах (поля, пастбища, огороды и т. д.). Основным регулятором экологических условий в них выступает человек. Ежегодно происходит внесение минеральных и органических удобрений, посевного материала (семена, саженцы и т. д.), сбор и изъятие органического вещества (сбор урожая). Значительная часть питательных веществ выносятся с урожаем из системы. Эти действия делают невозможным естественный круговорот веществ. Изъятие основной массы биологической продукции влечет необходимость последующего

введения в систему органических и неорганических веществ для обеспечения функционирования продуцентов в следующем году.

Агроценозы существуют и имеют высокую биологическую продуктивность благодаря непрерывному вмешательству и поддержке человека, без участия которого они существовать не могут. Ориентируя агроценозы на производство одного или нескольких видов сельскохозяйственной продукции, человек создает их на основе одного, реже нескольких, видов растений-продуцентов. Для получения максимального числа необходимой продукции человек стремится оградить этот вид от негативного воздействия видов-конкурентов (сорняков) или видов-потребителей (вредителей), ограничивая их численность. Такое вмешательство в биологические процессы и приводит к нарушению процесса саморегуляции. В антропогенных экосистемах основным фактором регуляции численности отдельных организмов и двигателем обмена веществ в экосистеме выступает человек. Иначе цель, поставленная человеком перед собой при создании агроценоза, а именно обеспечение себя необходимым количеством органической продукции, не будет достигнута. В связи с вышесказанным, человек, опираясь на экологические знания о функционировании экосистем, должен внимательно относиться ко всем составляющим экосистем, которые он использует в своих целях.

В агроценозах между компонентами, так же как и в естественных экосистемах, складываются разнообразные, хотя и неустойчивые связи, и возникает определенная взаимозависимость. Не может существовать экосистема, в которой будет присутствовать только один вид растений (например, гречиха). Это растение не выживет без насекомых-опылителей, почвенных грибов, микроорганизмов, насекомых-сапрофагов, которые обеспечивают необходимый химический состав почвы, без хищных насекомых и паразитов, сокращающих численность вредителей, без насекомых-фитофагов, питающихся сорными растениями и многих других. Но человек, непродуманно используя ядохимикаты, научно необоснованные технологии обработки почвы, губит эти необходимые компоненты агроценозов, что приводит к сильной дестабилизации и без того неустойчивых антропогенных экосистем.

Наиболее устойчивыми во времени среди этой категории экосистем выступают водные экосистемы (пруды и водохранилища) и некоторые наземные (старые парки и сады). Их относительная устой-

чивость обеспечивается большим разнообразием видов, входящих в экосистему, по сравнению с другими антропогенными экосистемами. Обычно воздействие человека на эти экосистемы минимально, и по своим экологическим характеристикам они приближаются к естественным экосистемам. В них могут идти процессы саморегуляции и круговорота веществ. Большинство же антропогенных экосистем подвергается постоянному воздействию со стороны человека, который использует их в различных хозяйственных целях (сельскохозяйственных, рекреационных, промышленных и др.).

4.2.3 Пищевые (трофические) цепи

Между организмами в экосистеме, как говорилось выше, устанавливаются взаимоотношения самого разного характера. Самыми прочными из них являются пищевые взаимоотношения, в результате которых возникают цепи питания (пищевые или трофические). Эти объединения прямо или косвенно связывают большую группу организмов в единый комплекс.

Пищевая (трофическая) цепь — последовательность организмов и их производных, в которой один организм использует предыдущий в качестве пищи.

Цепь питания обычно состоит из трех основных компонентов. Этими компонентами выступают продуценты, консументы и редуценты. Однако звеньев пищевой цепи обычно значительно больше. Это число увеличивается за счет консументов.

Все звенья пищевой цепи взаимосвязаны и взаимозависимы. Между ними от первого к последнему звену осуществляется передача вещества и энергии. При передаче энергии с одного трофического уровня на другой происходит ее потеря. В результате цепь питания не может быть длинной. Обычно в состав пищевой цепи входят четыре-восемь звеньев. Например: дуб → дубовая тля → божья коровка семиточечная → травяная лягушка → уж → ястреб-тетеревятник → гнилостные бактерии.

Дуб является продуцентом, преобразующим неорганические вещества в органические, запасая в них энергию солнечного света, поступающего в экосистему дубравы. Дубовая тля является консументом первого порядка и потребляет первичное органическое вещество

продуцента. В свою очередь это насекомое-фитофаг является пищей консументу второго порядка — божьей коровке — и т. п. Ястреб-тетеревятник (консумент пятого порядка) после смерти является источником пищи для редуцентов — гнилостных бактерий.

В состав пищевой цепи могут не входить консументы. Примером может служить следующая последовательность: *дуб (опавшая листва) → сапротрофные бактерии*.

Опавшая листва дуба в данном случае не потребляется консументами (фитофагами), а отмирает и перерабатывается редуцентами (бактериями).

Пищевые цепи являются очень важными для обеспечения стабильности и динамики экосистемы, так как любая из них выполняет свою функциональную роль.

4.2.4 Функциональное значение пищевых цепей

Функциональное значение пищевых цепей заключается в трех основных аспектах:

- обеспечение процесса саморегуляции и, соответственно, устойчивости экосистемы;
- перенос вещества и энергии;
- обеспечение круговорота веществ в экосистеме.

4.2.5 Саморегуляция в экосистеме

Саморегуляция численности отдельных популяций в составе экосистемы осуществляется благодаря пищевым взаимоотношениям в трофических цепях. В них каждое последующее звено регулирует численность предыдущего. Саморегуляция на уровне биоценоза-экосистемы является следующим уровнем после саморегуляции популяции. Гомеостаз экосистем (биоценозов) основан на межвидовых трофических отношениях. Так, консументы первого порядка регулируют численность продуцентов, не позволяя одному виду, продуцирующему первичное органическое вещество, захватить все жизненное пространство в экосистеме, что негативно отразится на устойчивости последней. Численность консументов первого порядка регулирует

ют консументы второго порядка и т. д. Например, если резко возрастает численность дубовой тли, это создает угрозу популяции дуба и всей экосистеме дубравы, так как дуб в этом случае — эдификатор сообщества. Увеличение численности тлей влечет за собой увеличение численности божьих коровок, которые гасят вспышку численности этого насекомого.

Редуценты в пищевых цепях не являются регуляторами численности. Численность крупных хищников, находящихся в конце пищевых цепей, регулируется паразитами (рис. 4.2.1).

Одни и те же виды могут быть одновременно в разных пищевых цепях. Это происходит потому, что *монофагов*, которые питаются одним видом пищевых объектов, в природе немного, чаще встречаются *олигофаги*, использующие в пищу несколько близкородственных видов, и *полифаги*, имеющие широкую пищевую специализацию. Например, дуб, как первое звено пищевой цепи, является пищей не одному, а многим видам животных. Следующим звеном в цепи будут животные-фитофаги. Листьями дуба питается не только дубовая тля, но и гусеницы бабочек дубовой листовертки и непарного шелкопряда, его плодами питаются кабан и белка, сойка и мышевидные грызуны, побегами — лось и благородный олень, древесиной — дубовый усач. Следовательно, дуб выступает основным звеном не одной, а многих цепей, поскольку от последующего звена (тли, гусениц, белки, оленя и т. п.) могут тянуться другие цепи. При этом каждый организм, питающийся дубом, одновременно может быть



Рисунок 4.2.1 — Схема пищевых цепей [16]

составной частью не одной, а нескольких цепей. Кроме того, многие фитофаги могут питаться несколькими видами продуцентов. Так, благородный олень и лось используют также в пищу побеги многих лиственных деревьев и кустарников (липы, березы, осины, клена и др.). Хищники могут регулировать численность не одного, а нескольких видов животных, используя их в пищу. Например, численность гусениц непарного шелкопряда регулируют кукушка, жуки-красотелы (*Calosoma*), паразитоидные наездники.

Полифагия является эффективным приспособлением организмов, позволяющим избежать недостатка корма и в случае уменьшения численности или исчезновения из экосистемы какого-либо вида пищевого объекта быстро перейти на питание другим, более многочисленным видом. Поэтому хищники также являются звеньями многих цепей. Один вид, входя во многие пищевые цепи, выступает в качестве общего звена для подобных трофических объединений.

Подобные общие звенья связывают цепи питания в сложную систему, состоящую из сотен и тысяч цепей. В каждой экосистеме исторически формируются комплексы цепей питания, так называемые циклы, или сети, питания.

Пищевая сеть — комплекс пищевых цепей экосистемы (биоценоза), объединенных общими звеньями.

Нужно принять во внимание, что это очень сложный комплекс, включающий продуцентов и растительноядных животных, хищников, мицетофагов и бактериофагов. А если учесть, что практически каждый организм в цепи питания выступает в роли хозяина нескольких паразитов, составляющих в свою очередь звенья других цепей, сложно представить всю структуру этих циклов. До сих пор ученые не смогли составить схемы таких сетей даже для небольших экосистем. Как правило, экологи могут представить только отдельные составляющие этих сложных пищевых связей.

Примером пищевой сети может служить достаточно обобщенная схема пищевых связей позвоночных в экосистеме арктической тундры (рис. 4.2.2).

Наличие общих звеньев обеспечивает взаимозаменяемость отдельных звеньев цепи. Например, если из дубравы исчезнут все кукушки, численность гусениц непарного шелкопряда будут регулировать жуки-красотелы и паразитоидные наездники.

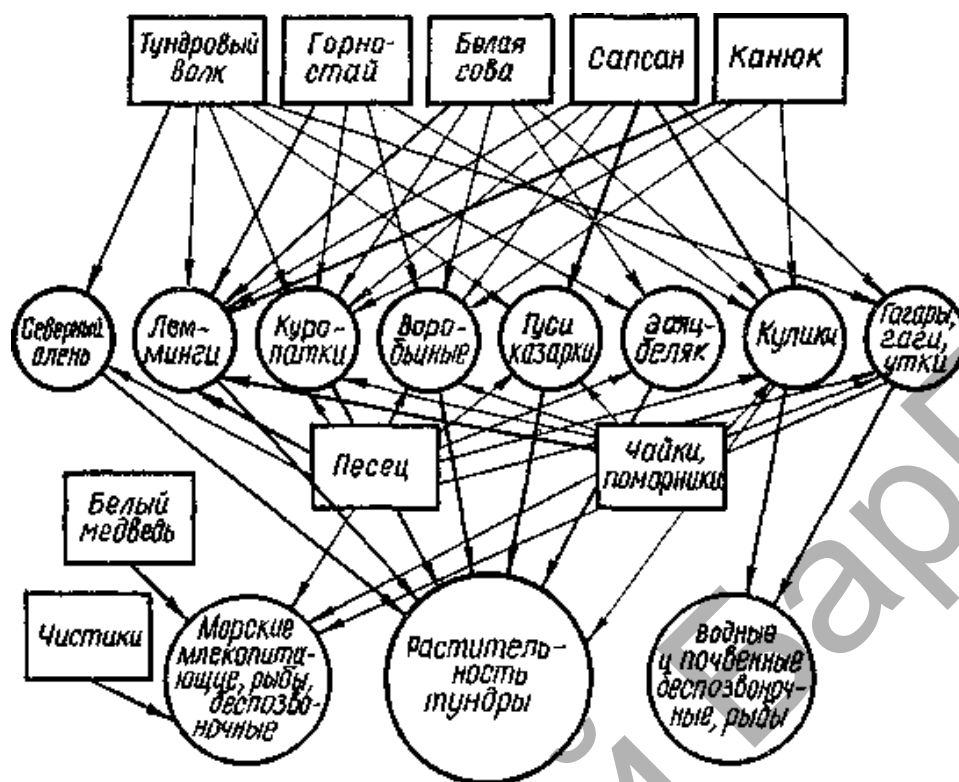


Рисунок 4.2.2 — Пищевые связи в биоценозе арктических тундр летом (по В. М. Сдобникову [16])

Взаимозаменяемость отдельных звеньев пищевых цепей позволяет избежать экосистеме серьезных экологических потрясений, а в некоторых случаях и гибели.

Разнообразие пищевых цепей, составляющих пищевую сеть, определяется числом видов в экосистеме, т. е. ее биоразнообразием. Биоразнообразие — это обязательное условие устойчивости экосистем. Чем оно больше, чем эффективнее процесс взаимозаменяемости в пищевых сетях экосистемы, тем устойчивее экосистема. Сложные экосистемы (биоценозы), которые имеют большое разнообразие, наиболее устойчивы к неблагоприятным воздействиям. Даже исчезновение отдельных видов, которые не являются видами-эдификаторами, может существенно не отразиться на судьбе таких биоценозов. Произойдет незначительная перестройка их организации, и благодаря взаимозаменяемости видов равновесие снова восстановится.

4.2.6 Передача веществ и энергии в пищевых цепях

В каждой пищевой цепи формируются определенные трофические уровни, характеризующиеся различной интенсивностью протекания потока веществ и энергии. Зеленые растения — создатели первичного органического вещества — первый трофический уровень, животные-фитофаги — второй, хищные животные — третий и т. п.

В любой цепи питания не вся пища используется на рост особи, т. е. на накопление биомассы. Значительная ее часть расходуется на удовлетворение энергетических затрат организма (дыхание, движение, размножение, поддержание температуры тела и т. п.).

Биомасса одного звена не может быть переработана последующим полностью. В противном случае исчезли бы ресурсы для развития живой материи. В каждом последующем звене пищевой цепи происходит уменьшение биомассы по сравнению с предыдущим в связи с потерей вещества при переходе с одного уровня на другой. Обычно чем больше масса начального звена пищевой цепи, тем она больше в последующих звеньях. Это положение сохраняется и для численности особей, и для количества энергии на разных трофических уровнях.

Если количество особей, биомассы и энергии представить графически, например в виде прямоугольников, и расположить их соответственно от большего к меньшему друг на друге, получится своеобразная пирамида.

Экологическая пирамида — графическое изображение количества биомассы, особей и энергии на разных уровнях пищевой цепи (рис. 4.2.3).



Рисунок 4.2.3 — Экологическая (трофическая) пирамида

Экологическую пирамиду иногда называют трофической. Различают следующие: *пирамиду численности (особей)*, *биомассы* и *энергии*.

Основание пирамиды образуют зеленые растения или другие продуценты (рис. 4.2.4). Над ними располагаются консументы первого порядка, обычно это фитофаги. Следующее звено представлено консументами второго порядка и так далее до вершины пирамиды, которую венчает наиболее крупный хищник.

Редуцентов на вершине, что, в принципе, логично было бы сделать, не размещают. Подобное отсутствие не оказывает существенного влияния на понимание процесса переноса вещества и энергии по пищевым цепям.

Высота пирамиды обычно соответствует длине пищевой цепи. Поскольку на верхние уровни пирамиды энергия доходит в очень малых количествах, цепь редко состоит более чем из четырех-восьми звеньев.

Энергия Солнца, потребленная растениями, превращается в потенциальную энергию химических связей органических соединений, из которых строится тело растений. Более половины энергии, связанной при фотосинтезе, расходуется на дыхание продуцентов, в основном это зеленые растения, а остальная энергия поступает в пищевые цепи [16].

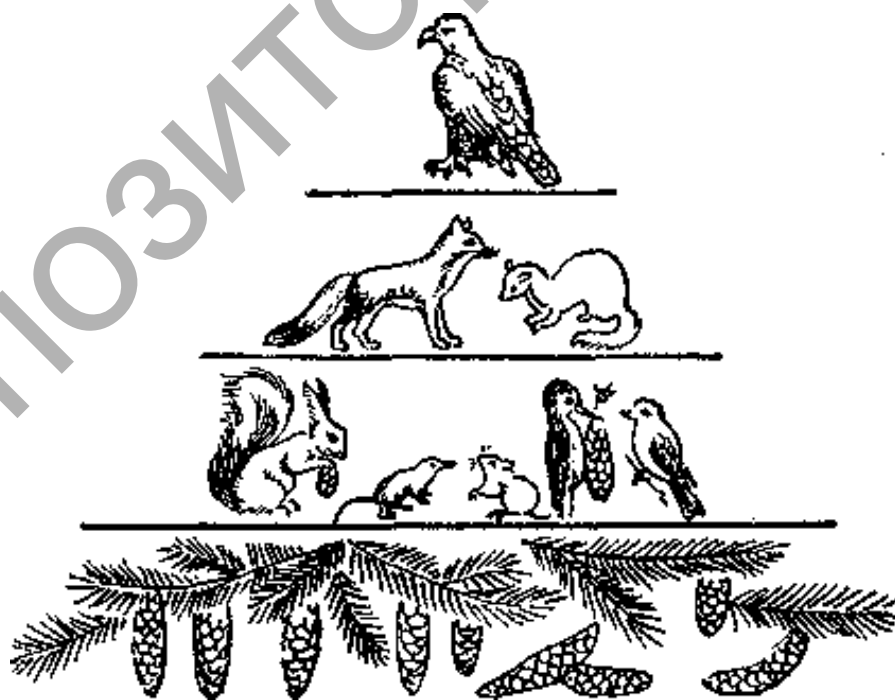


Рисунок 4.2.4 — Упрощенная схема экологической пирамиды (по Г. А. Новикову [16])

В организме фитофага органические вещества окисляются с выделением такого количества энергии, которое было затрачено на их синтез растением. Часть этой энергии используется для роста организма и построения его тела, остальная часть, как говорилось выше, идет на обеспечение жизненных процессов животного (дыхание, движение, размножение и др.) и согласно второму закону термодинамики (переход энергии из одной формы в другую сопровождается снижением количества полезной энергии) превращается в тепло и рассеивается в пространстве (энтропия), т. е. уходит из экосистемы.

Поток энергии в экосистеме может быть проиллюстрирован схемой простой цепи питания (рис. 4.2.5) [16].

Солнечная энергия, полученная растением, лишь частично используется в процессе фотосинтеза углеводов. Фиксированная в углеводах энергия представляет собой валовую продукцию экосистемы (Π_B). Углеводы идут на построение тела и рост растений, причем часть их энергии затрачивается на дыхание (D_1). В результате чистая продукция ($\Pi_ч$) определяется по формуле

$$\Pi_ч = \Pi_B - D_1.$$

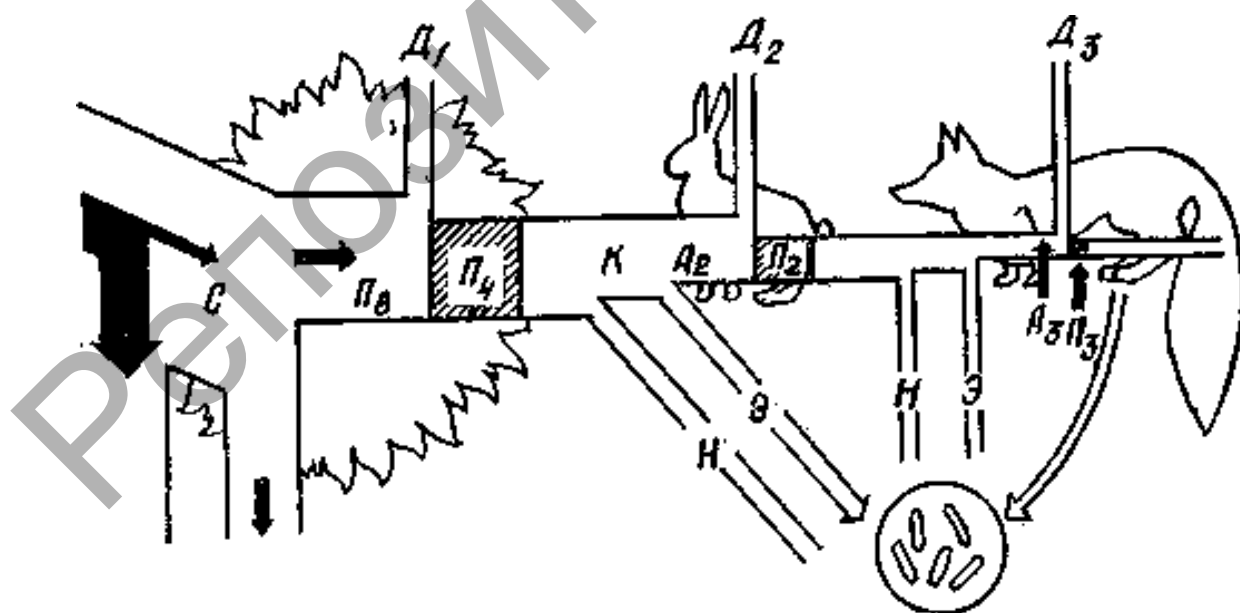


Рисунок 4.2.5 — Поток энергии через три уровня простой пищевой цепи (по П. Дювиньо [16])

Таким образом, поток энергии, проходящий через уровень продуцентов, т. е. валовую продукцию, можно представить так:

$$П_в = П_ч + Д_1.$$

Определенное количество созданных продуцентами веществ служит кормом (К) фитофагам, остальное в конце концов отмирает и перерабатывается редуцентами (Н). Корм, ассимилированный фитофагами (A_2), лишь частично используется для образования их биомассы (Y_2). В основном он растрачивается на обеспечение энергией процессов дыхания (D_2) и в некоторой степени выводится из организма в виде выделений и экскрементов (Э). Поток энергии, проходящий через второй трофический уровень, выражается следующим образом:

$$A_2 = П_2 + Д_2.$$

Консументы второго порядка (хищники) не истребляют всю биомассу своих жертв, но и из того количества ее, которое они уничтожают, лишь часть используется на создание биомассы их собственного трофического уровня. Остальная же часть в основном затрачивается на энергию дыхания, а также выделяется с экскрементами и экскрементами. Поток энергии, проходящий через уровень консументов второго порядка (хищники), выражается формулой

$$A_3 = П_3 + Д_3.$$

Анализируемая схема наглядно показывает, что поток энергии, который выражается количеством ассимилированного вещества, на каждом трофическом уровне уменьшается, т. е. $П_ч > П_2 > П_3$ и т. д.

Таким образом, поскольку определенное количество вещества может быть использовано каждым биоценозом неоднократно, а порция энергии лишь один раз, правильнее говорить, что в экосистеме происходит перенос энергии и круговорот веществ.

4.2.7 Круговорот веществ и поток энергии в экосистеме

Источником энергии для подавляющего большинства экосистем нашей планеты является Солнце. Именно солнечная радиация — та энергетическая субстанция, которая запускает процесс круговорота веществ. Благодаря энергии и энергетическим процессам существует все живое.

Общеизвестно, что **энергия** — это способность производить работу.

Это греческое слово (*energeia*), которое обозначает «действие», «деятельность». Основные свойства энергии описываются первым и вторым законами термодинамики.

Первый закон термодинамики (закон сохранения энергии) гласит: энергия может переходить из одной формы в другую, но она не исчезает и не создается заново. Например, энергию света можно превратить в тепло или потенциальную энергию пищи. Энергия при этом не пропадает.

Второй закон термодинамики (закон энтропии) гласит: процессы, связанные с превращением энергии, могут происходить самопроизвольно только при условии, что энергия переходит из концентрированной формы в рассеянную (деградирует). Например, тепло более нагретого тела рассеивается в более холодной среде. Согласно этого закона, некоторая часть энергии всегда рассеивается в виде недоступной для использования тепловой энергии. Эффективность самопроизвольного превращения кинетической энергии в потенциальную всегда меньше 100%. По второму закону термодинамики любой вид энергии в конечном счете переходит в форму, наименее пригодную для использования и наиболее легко рассеивающуюся.

Энтропия (от греч. *entropia* — поворот, превращение) — мера количества связанной энергии, которая становится недоступной для использования.

Данный термин часто используется и как мера изменения упорядоченности, которая происходит при деградации энергии.

Важнейшей термодинамической характеристикой отдельных организмов, экосистем и биосферы как глобальной экосистемы считается способность создавать и поддерживать высокую степень внутренней упорядоченности, т. е. состояние с низкой энтропией. Низкая энтропия достигается постоянным и эффективным рассея-

нием используемой энергии. Это своего рода удаление из системы «неупорядоченности». Следовательно, биологические системы, в том числе и экосистемы, представляют собой открытые неравновесные термодинамические системы, постоянно обменивающиеся с внешней средой веществом и энергией, уменьшая при этом энтропию внутри себя, но увеличивая ее вовне в соответствии с законами термодинамики.

Любые жизненные процессы сопровождаются превращениями энергии (химической в тепловую и т. д.), которая в этом случае не создается и не уничтожается. Энергия, которую получает Земля в виде света, уравнивается энергией, излучаемой с ее поверхности в форме невидимого теплового излучения. При потере способности добывать и хранить достаточное количество энергии любая биологическая система стала бы закрытой системой и, в соответствии со вторым законом термодинамики, утратило бы упорядоченность. Подобная ситуация привела бы к дестабилизации и гибели системы.

Все жизненные процессы в экосистемах управляются потоком энергии, превращающейся из ее концентрированных форм в рассеянные. Биологические (живые системы) в отличие от неживых (например, машин), используя часть имеющейся внутри них доступной энергии, способны самовосстанавливаться и выводить из себя «неупорядоченность» — энтропию.

Основное количество солнечной энергии, попадающей в экосистемы Земли, превращается в тепло и уходит за пределы биосферы, лишь незначительная ее часть превращается в потенциальную энергию химических связей. Консументы и редуценты получают потенциальную химическую энергию, созданную продуцентами в процессе фото- и хемосинтеза. На каждом этапе передачи энергии от одного организма к другому значительная ее часть рассеивается в виде тепла. Передача же энергии в экосистемах происходит в процессе круговорота веществ.

Круговорот веществ в экосистеме представляет собой циклический процесс преобразования организмами неорганических веществ в органические, последующего перераспределения их между звеньями пищевых цепей, разрушения мертвой органики до неорганических соединений и возврата последних в окружающую среду.

Схема круговорота веществ и потока энергии в экосистеме представлена на рисунке 4.2.6.

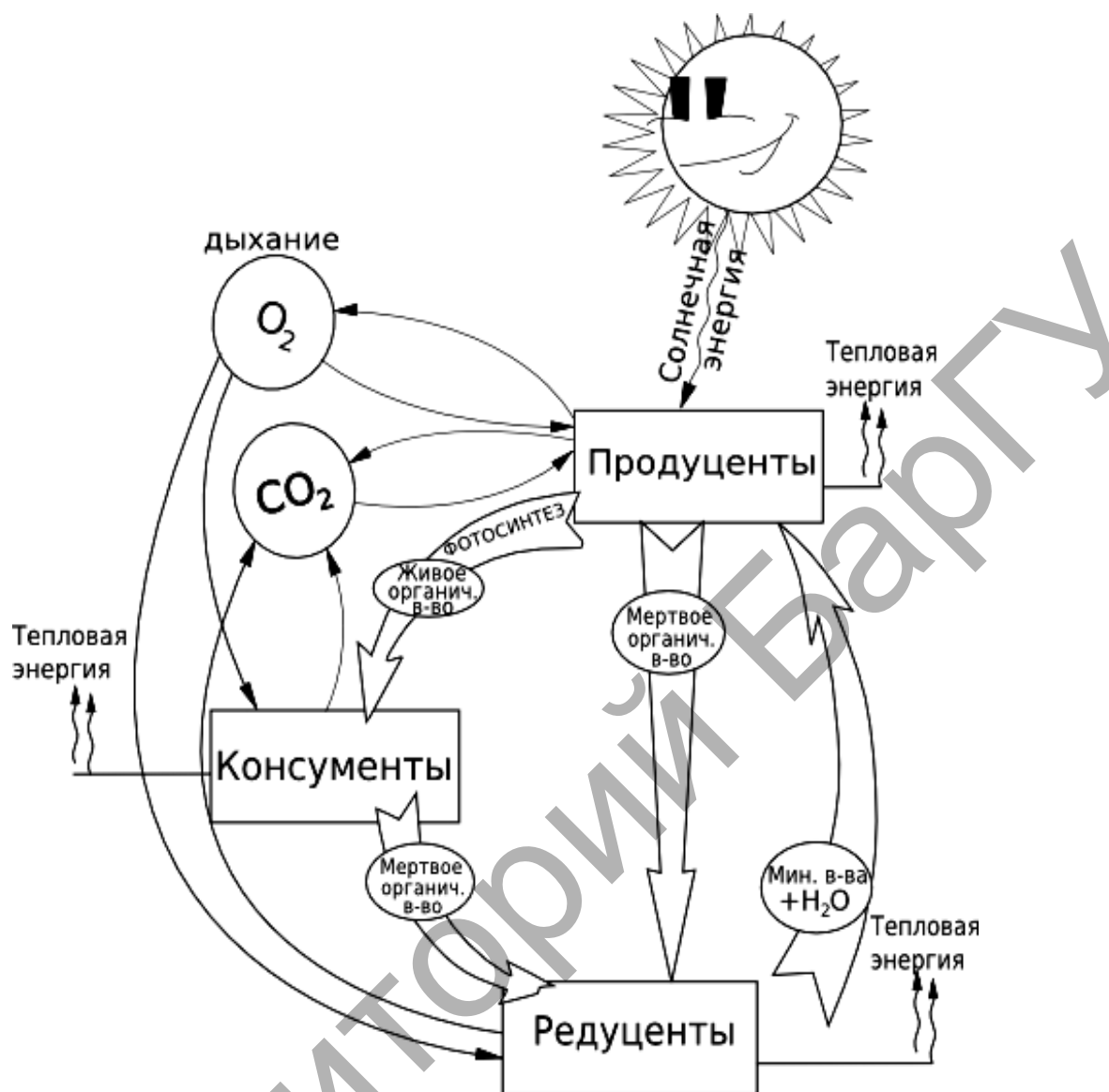


Рисунок 4.2.6 — Круговорот веществ и поток энергии в экосистеме

Как видно из этой схемы, продуценты потребляют энергию Солнца, поглощают из окружающей среды углекислый газ, воду и растворенные в ней минеральные вещества. В процессе фотосинтеза образуется первичное органическое вещество, в котором запасется солнечная энергия. Неорганические соединения, в первую очередь углекислый газ, идут на построение молекул органического вещества. Затем продуценты передают органическое вещество консументам, другими словами, консументы поедают продуцентов и перераспределяют органическое вещество между собой. После смерти консументов мертвое органическое вещество потребляется редуцентами, которые минерализуют (разрушают до неорганиче-

ских составляющих) его. При минерализации мертвой органики выделяется углекислый газ и неорганические вещества.

Эти неорганические вещества опять в свою очередь потребляются продуцентами. Последние могут передавать мертвое органическое вещество непосредственно редуцентам, минуя консументов. Что мы наблюдаем, например, в процессе листопада осенью, когда листья не поедаются фитофагами.

Таким образом, основная последовательность круговорота веществ замыкается. Кроме того, следует заметить, что в процессе дыхания все функциональные компоненты экосистемы потребляют кислород и выделяют углекислый газ. Углекислый газ в окружающую среду выделяется также и продуцентами, и консументами в процессе дыхания, как продукт окисления органических веществ. Энергия, высвобождаемая при окислении органических веществ, используется организмами для обеспечения своей жизнедеятельности, и после преобразования выделяется в окружающую среду в виде тепла.

В пределах экосистемы и биосферы можно говорить только о потоке энергии, но не о круговороте энергии. Круговорот энергии в этих случаях не идет, так как происходит постоянное поступление энергии из космоса, от Солнца и рассеивание тепловой энергии, уходящей в космическое пространство.

Круговорот веществ в отдельной экосистеме не абсолютен. Между экосистемами происходит постоянный обмен веществом и энергией. В этом обмене активную роль играют живые организмы наряду с абиотическими обменными процессами в биосфере.

4.2.8 Динамика и стабильность экосистем

Для экосистемы, как и для любой биологической системы, свойственна динамика. Различают суточную и сезонную динамику экосистем. Суточную динамику экосистемы обеспечивают в первую очередь животные, как наиболее динамичная ее часть. Большое значение в динамике экосистем играют суточные миграции животных. Они зависят от изменений в характере действия различных факторов в течение суток.

Типичными являются суточные миграции морского планктона и обитателей почвы, которые днем держатся на глубине, а ночью поднимаются в поверхностные слои. Для животных свойственны

миграции из одной экосистемы в другую на протяжении суток (см. п. 3.1.6 Динамика популяций во времени и пространстве).

У растений в течение суток также изменяются интенсивность и характер физиологических процессов. Так, в ночные часы не происходит фотосинтез, в результате чего может меняться (хотя бы и незначительно) состав воздуха в экосистеме. У большинства растений опыление осуществляется в светлое время суток, у некоторых цветы раскрываются только ночью и опыляются ночными животными.

Могут происходить в экосистеме и непериодические колебания численности отдельных видов либо изменяться их активность под воздействием различных экологических факторов. Например, при обилии осадков летом активизируются слизевики (*Mухomicota*, *Ас-rastomycota*), разрушающие мертвую древесину в лесных экосистемах. А с понижением влажности воздуха и почвы, слизевики резко снижают свою активность, соответственно снижается и скорость утилизации мертвой древесины в экосистеме, что оказывает прямое влияние на скорость круговорота веществ в экосистеме.

Более существенные изменения происходят в экосистемах в результате сезонной динамики. Они обусловлены биологическими циклами организмов, зависящими от сезонной цикличности природных явлений. Смена времен года оказывает значительное влияние на жизнедеятельность организмов, стимулирует смену фаз активности как у растений (периоды покоя и активного роста, цветения, плодоношения, листопада и т. д.), так и у животных (период размножения, спячка, зимний сон, диапауза и т. д.). На видовую структуру, биомассу, количество мертвого органического вещества и обмен веществ в экосистеме оказывают влияние и сезонные миграции животных, которые также имеют ритмичный характер (перелеты птиц, летучих мышей, нерестовые миграции рыб и др.).

В связи с тем, что характер суточных и сезонных изменений условий обитания более или менее постоянен в течение длительного времени, в экосистемах исторически сформировались механизмы, приводящие сообщество организмов в соответствие с динамикой окружающей среды. Биологические ритмы возникли как приспособление к ритмичности в неживой природе. Они позволяют экосистемам находиться в состоянии динамического равновесия и вести стабильное существование, несмотря на некоторые изменения структуры и интенсивности экосистемных процессов.

В процессе суточной и сезонной динамики целостность экосистем обычно не нарушается. Экосистема испытывает лишь периодические колебания своих качественных и количественных характеристик. Но экосистема может подвергаться воздействию факторов, которые существенно изменяют или полностью разрушают ее. Такой процесс связан с изменением условий существования.

В подобных случаях развивается другая, более приспособленная к новым условиям экосистема. Этот процесс называется экологической сукцессией.

Экологическая сукцессия (*succession* — последовательность, смена) — это последовательная смена одной экосистемы (биоценоза) другой.

Цепь сменяющих друг друга экосистем (биоценозов) называется **сукцессионным рядом** или **серией** (**этапами** или **стадиями**).

В сукцессионном ряду каждая экосистема (биоценоз) представляет собой определенную стадию формирования конечной, завершающей или климаксий экологической системы (климаксииого сообщества). Живые организмы в этой последовательной смене играют основную роль, определяя структуру экосистемы, находящуюся в прямой зависимости от условий обитания биоценоза. При переходе к новой стадии экологической сукцессии необязательно, чтобы на данной территории исчезали бы все или большинство видов. Виды более ранних стадий сохраняются при наличии определенных условий. Например, светолюбивые травянистые растения могут хорошо себя чувствовать и в климаксном лесу, произрастая на опушке, полянах или других открытых участках.

При усложнении сообщества усложняются и связи между компонентами экосистемы. Менее приспособленные к новым условиям замещаются более приспособленными, и так до тех пор, пока не появятся виды, для которых условия среды являются полностью приемлемыми. В этих условиях они уже не замещаются другими видами и формируют устойчивое сообщество, имеющее свои защитные механизмы против разных неблагоприятных воздействий извне, например от видов-конкурентов. В результате сообщество становится стабильным и достигает своей завершающей стадии, т. е. становится климаксным.

Классическим примером экологической сукцессии является формирование экосистемы елового леса на брошенных старопашотных землях (рис. 4.2.7) [16].

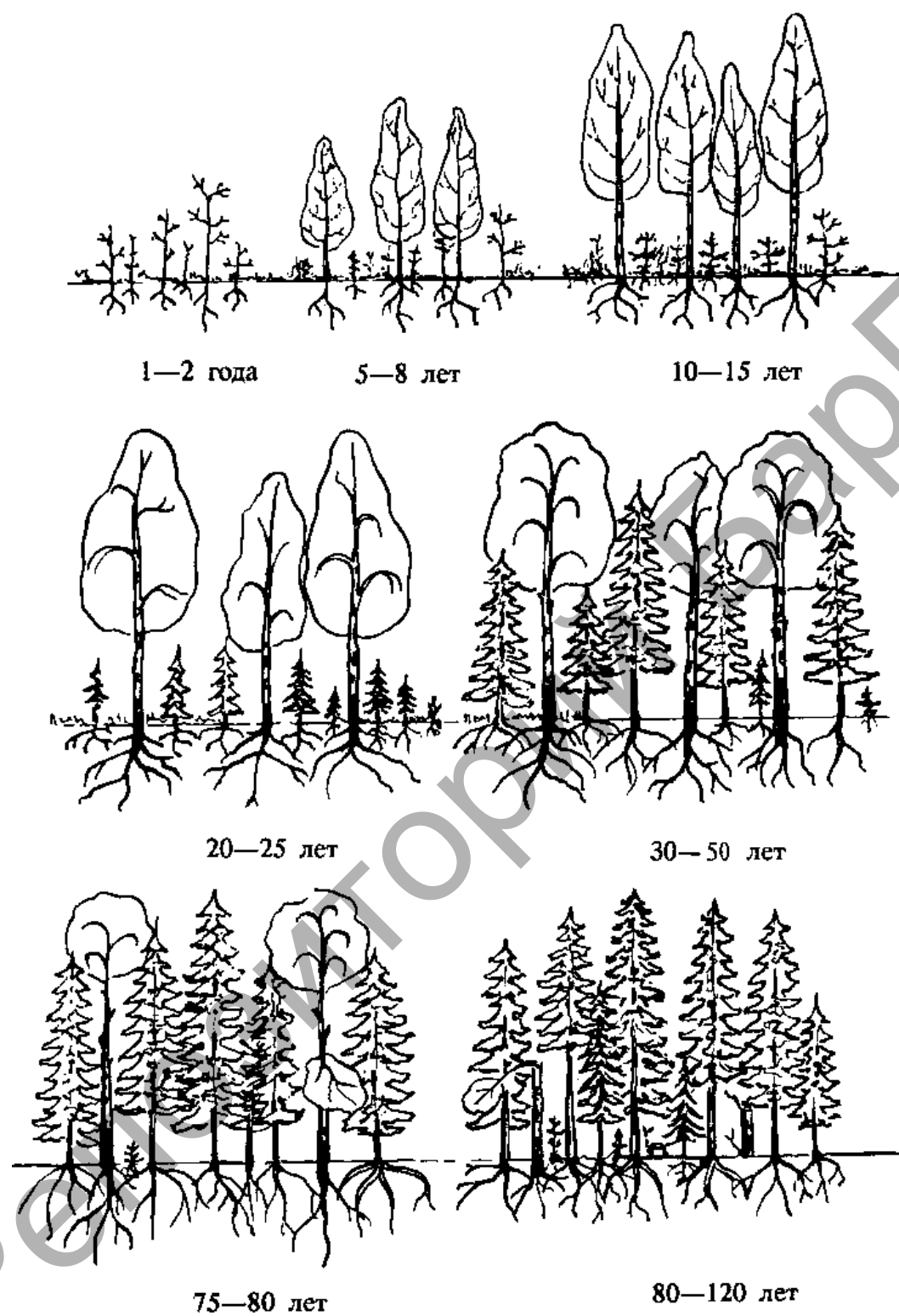


Рисунок 4.2.7 — Формирование экосистемы елового леса на брошенных старопахотных землях (по И. Н. Пономаревой, 1975) [16]

Еловый лес в своем развитии проходит несколько стадий:

1. Первыми на брошенных пахотных землях из древесных растений появляются, в зависимости от характера почвы, степени увлажнения и других факторов, береза, осина и ольха. Семена этих деревьев легко разносятся ветром. Их называют «пионерами». Попав на слабо задернованную почву, они прорастают.

2. На второй стадии лиственные деревья образуют довольно густую поросль. Среди травянистых растений в зарождающейся экосистеме лиственного леса присутствуют и светолюбивые виды, характерные для открытых пространств. Появляются и теневыносливые виды.

3. Постепенно в течение 10—15 лет формируется экосистема лиственного леса (березняка, осинника или ольшанника). Высота деревьев достигает более 10 м. Их кроны смыкаются. «Деревья-пионеры» заселяют заброшенную территорию и постепенно изменяют среду, создавая новые условия обитания не только для себя, но и для других организмов. Из травяного яруса исчезают светолюбивые растения, им на смену приходят теневыносливые и тенелюбивые растения.

4. В подросте начинают преобладать молодые ели. Со временем условия становятся более пригодными для этих деревьев, хотя они и растут медленнее «пионеров». Однако ели являются теневыносливыми и могут развиваться под пологом лиственных пород. Подрост лиственных деревьев находится в угнетенном состоянии из-за недостатка света.

5. Ели достигают размеров лиственных пород. Постепенно формируется смешанный лес. Он существует сравнительно недолго, так как светолюбивые березы или другие породы не переносят затенения и под пологом елей не происходит их возобновления. Ели становятся постепенно доминирующим видом древесных растений в экосистеме. Эта стадия наступает через 30—50 лет с момента начала сукцессии.

6. На данной стадии происходит вытеснение лиственных пород, которые лишены возможности восстанавливать свою численность в условиях сильного затенения елями.

7. Через 80—120 лет после первых всходов березы (ольхи, осины) на заброшенной пахне формируется устойчивая экосистема елового леса.

В процессе развития лиственного, смешанного и елового леса в экосистему включаются все новые виды растений, животных и других организмов. Одновременно происходит и замещение одних видов другими. По мере того как увеличивается число видов в сообществе, возникают и заполняются новые экологические ниши. Изменяется не только видовая, но и экологическая, и пространственная структура биоценоза (экосистемы). Эти изменения влекут за собой и смену параметров биотопа, который находится постоянно под влиянием биоценоза. В итоге сукцессии формируется климаксное сообщество елового леса. Живая составляющая экосистемы — биоценоз — приобретает относительную устойчивость.

Для климаксных сообществ характерно динамическое равновесие, обеспеченное сбалансированностью отдельных компонентов в сообществе. Но такое климаксное состояние биоценоза не бывает навсегда установившимся.

Эта стадия экологической сукцессии обладает относительной устойчивостью. Поэтому термин «климаксное сообщество (экосистема)» можно использовать лишь условно, в смысле приобретения биоценозом (экосистемой) определенной замедленности в развитии, поскольку даже при кажущейся неизменности в биоценозе все-таки протекают процессы, подготавливающие его к сукцессии. Появление в еловом лесу достаточного количества дубов может привести к замене ельника на дубраву, хотя на это понадобится от 400 до 600 лет.

Климаксные экосистемы могут существовать тысячи и даже сотни тысяч лет, но изменение климата, геологические процессы (землетрясения, извержения вулканов и др.), пожары, хозяйственная деятельность человека могут разрушить климаксную экосистему в течении довольно короткого промежутка времени.

Так, пожар может очень быстро уничтожить сложившийся на протяжении тысячелетий устойчивый биоценоз леса. На пожарище начинает довольно быстро возникать новое сообщество. При этом будет наблюдаться частая смена ряда экосистем. В конечном итоге устойчиво восстанавливается экосистема (биоценоз) исходного типа (или же экосистема будет незначительно отличаться от первоначальной).

В случае формирования экосистемы елового леса на брошенных старопахотных землях сукцессия протекает как медленное и в какой-то степени случайное замещение одних популяций другими в

структуре экосистемы, а не путем резкой, скачкообразной смены сообществ. Примерами подобных последовательных смен экосистем могут выступать превращение озера в болото, процесс пересыхания пруда, превращение низинного болота в верховое и др.

Историю развития биосферы на Земле, сопровождающуюся сменой фауны и флоры в разные геологические периоды, когда кардинально менялся облик целых континентов, нужно рассматривать как смену экосистем, т. е. экологическую сукцессию. Эти сукцессии тесно связаны как с геологическими и климатическими изменениями планетарного масштаба, так и с эволюцией видов.

Сукцессионные процессы характерны для экосистем разных уровней. Они происходят не только в мезоэкосистемах и макроэкосистемах, о которых говорилось выше, но и в микроэкосистемах. В таких экосистемах происходят так называемые быстрые сукцессии. Примерами таких сукцессий являются изменение состава сообществ организмов в дуплах деревьев. Эти экосистемы обладают сравнительно устойчивым микроклиматом. В прямой зависимости от вида дерева, размеров дупла, толщины его стенок, состояния древесины и других показателей в дупле складываются условия, благоприятствующие заселению его теми или иными видами организмов. Дупло может заселить птица (дятел, синица, сова и т. д.) или млекопитающее (белка, соня, летучая мышь и т. д.). У каждого вида свой «эскорт» сопутствующих видов. К ним относятся и паразиты, и квартиранты, симбионты, хищники, охотящиеся на паразитов и т. д. Постепенно, по мере появления все новых и новых видов, в дупле формируется своеобразный биоценоз, обитающий в специфических условиях. В результате на какой-то период образуется своеобразное климаксное сообщество. Но стоит хозяину дупла по каким-то причинам покинуть его, происходит коренная смена видового состава живущих в дупле организмов. Если на место дятла в дупле поселятся летучие мыши, в результате замены паразитов, квартирантов и других организмов, связанных с основным видом, произойдет достаточно быстрая сукцессия на уровне микроэкосистемы.

Различают сукцессии первичные и вторичные. Сукцессия, которая начинается на абсолютно лишенном жизни месте, называется первичной. При первичных сукцессиях скорость изменения экосистем (биоценозов), как правило, невелика. Сукцессионные ряды, последовательно сменяющие друг друга, удерживаются значительный промежуток времени, а достижение экосистемой климаксного состояния затягивается иногда на столетия или тысячелетия. К первичным сукцессиям форми-

рование лесных и других экосистем на лавовом потоке, в послеледниковый период, на участках суши после поднятия из моря и т. д.

Если сообщество развивается на месте, где ранее существовал хорошо развитый биоценоз, то сукцессия называется вторичной. В таких местах обычно сохраняются довольно богатые жизненные ресурсы, в первую очередь за счет близлежащих экосистем такого же типа, как и утраченная экосистема. Они выступают в роли резерватов биоразнообразия, из которых происходит распространение организмов. Кроме того, на месте погибшей экосистемы обычно сохраняются покоящиеся стадии (семена, споры и др.) ряда видов, входящих в климаксное сообщество. Поэтому вторичные сукцессии приводят к образованию климаксного сообщества значительно быстрее, чем первичные. В современных условиях вторичные сукцессии наблюдаются повсеместно. Они обусловлены в первую очередь антропогенными последствиями: пожарами, распахкой лугов и степей, вырубкой лесов, осушение болот и т. п.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют экосистемой?
2. Кто является автором термина «экосистема»?
3. Что входит в состав экосистемы?
4. Приведите примеры экосистем.
5. Какие экосистемы различают исходя из их размеров?
6. Какие экосистемы различают по расположению в пространстве?
7. Какие экосистемы различают по происхождению?
8. В чем отличия естественных экосистем от антропогенных?
9. Что такое пищевая цепь?
10. Из каких компонентов состоит пищевая цепь?
11. Приведите пример пищевой цепи.
12. В чем заключается функциональное значение пищевых цепей?
13. Как осуществляется саморегуляция в экосистеме?
14. Что называют пищевой сетью?
15. В чем биологический смысл существования пищевых сетей?
16. Как осуществляется передача вещества и энергии в пищевых цепях?
17. Существует ли в экосистеме круговорот веществ и энергии?
18. Что такое пищевая пирамида?
19. Нарисуйте схему круговорота веществ в экосистеме.
20. В чем заключается суточная и сезонная динамика экосистем?
21. Дайте определение и приведите пример экологической сукцессии.
22. Что такое сукцессионный ряд?

Раздел 5

ЭКОЛОГИЯ БИОСФЕРЫ

5.1 Биосфера и ее строение

5.1.1 Понятие биосферы, ее состав и строение

Термин «биосфера», как «область жизни», впервые употребил французский биолог Жан-Батист Ламарк в начале XIX в. В геологию это понятие впервые ввел австрийский ученый Э. Зюсс в 1875 г. Он понимал ее как тонкую пленку жизни на поверхности планеты, которая определяет так называемый «лик земли».

В XX в. понятие «биосфера» получает совершенно новое понимание и рассматривается как планетарное явление. Это связано с возникновением учения о биосфере, автором которого является Владимир Иванович Вернадский.

В. И. Вернадский назвал биосферой ту оболочку Земли, в формировании которой живые организмы играли и играют основную роль.

«Жизнь захватывает значительную часть атомов, составляющих материю земной поверхности, — писал Вернадский. — Под ее влиянием эти атомы находятся в непрерывном интенсивном движении. Из них все время создаются миллионы разнообразнейших соединений. И этот процесс длится без перерыва десятки миллионов лет, от древнейших археозойских эр до нашего времени. *На земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом*» (курсив наш. — С. Р.) [16].

На первый взгляд, ни один организм не может сравниться с могучими геологическими факторами неживой природы (землетрясение, вулканическая активность, смерч, наводнение и т. п.). Но в историческом аспекте данные факторы действуют значительно меньший временной промежуток, чем живые организмы. Именно постоянством воздействия объясняется мощное влияние живых организмов и на химический состав, и на климат, и на физические параметры поверхности нашей планеты. Живые организмы обла-

дают способностью не только приспосабливаться к внешним условиям среды, но и приспосабливать, изменять эти условия в ходе своей жизни под свои потребности. Это утверждение касается не только человека, а всех организмов, начиная от бактерий и заканчивая млекопитающими. В ходе постоянной деятельности живых организмов изменялся и изменяется лик Земли. Так, благодаря живым организмам стал другим состав атмосферы (она насытилась кислородом), на планете появилась и существует почва. Организмы активно влияют на химический состав всех сред жизни в биосфере, на климат (это в особенности касается человека) и т. п.

Вернадский понимал под биосферой все части земной коры, которые подвергались в течение геологической истории влиянию организмов. Некоторые ученые вкладывают в это понятие несколько иной смысл, сужая представление о биосфере и рассматривая ее лишь как ту часть поверхности Земли, которая находится под влиянием деятельности живых организмов в настоящее время. Однако это неверная точка зрения, поскольку состав, структура и энергетика современной биосферы в существенных чертах обусловлены не только настоящей, но и прошлой деятельностью живых организмов [16].

Биосфера — живая оболочка Земли, включающая верхнюю часть литосферы, всю гидросферу, нижнюю часть атмосферы, в формировании которой живые организмы играли и играют основную роль, представляет собой совокупность всех экосистем планеты.

Биосфера является областью существования живого вещества

В. И. Вернадский выделил в ней три главных компонента:

- живые организмы (вся их совокупность, так называемое живое вещество);
- минеральные вещества, включенные живым веществом в биогенный круговорот;
- продукты деятельности живого вещества, временно не участвующие в биогенном круговороте.

Таким образом, биосфера состоит из компонентов живой (живые организмы) и неживой (верхняя часть литосферы, гидросфера, нижняя часть атмосферы) природы. Элементарной единицей биосферы выступает экосистема.

Обозначения границ биосферы, как глобальной экосистемы, в разных литературных источниках иногда значительно разнятся.

Большинство ученых сходятся во мнении, что верхним пределом биосферы является озоновый экран Земли, т. е. биосфера простирается на высоту 22—25 км. На этой высоте еще были отмечены споры грибов и бактерий. Гидросфера заселена организмами полностью. Нижним пределом биосферы принято считать в гидросфере дно океана, а именно самую глубокую его точку — 11 045 м, а в литосфере — верхнюю ее часть, ограничиваемую изотермой 100°C (на глубине 5 000—6 000 м, где еще встречаются следы жизнедеятельности организмов).

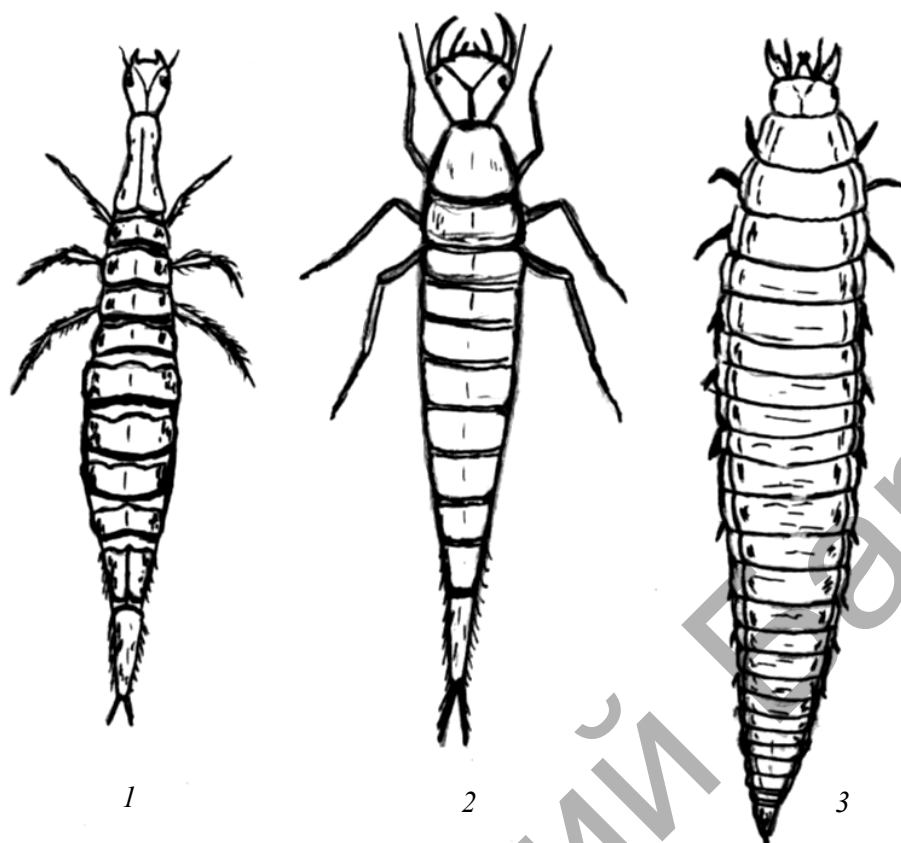
5.1.2 Основные среды жизни в биосфере

Основными средами жизни в биосфере выступают литосфера, гидросфера и наземно-воздушная среда (атмосфера).

Кроме того, в качестве среды жизни рассматривают и живых организмов. Использование живых организмов как среды обитания широко распространено в природе и базируется на явлениях паразитизма, квартиранства и симбиоза.

Основные среды жизни отличаются масштабностью и косвенно выступают средами обитания организмов, являющихся симбионтами, квартирантами или паразитами других видов. Так, ленточные черви — внутренние паразиты рыб — не смогут существовать вне гидросферы, хотя непосредственно не контактируют с ней, так как отсутствие воды приведет к гибели рыбы — их непосредственной среды обитания.

В каждой из сред жизни имеются свои специфические обитатели — *монобионты*, т. е. организмы, обитающие в одной среде жизни. К таким видам относятся, например, рыбы, обитающие только в воде или дождевые черви, практически не покидающие верхний плодородный слой литосферы. Но есть организмы, которые на разных стадиях развития обитают в двух (*дибионты*) и даже в трех (*полибионты*) средах. Так, водные жуки водолюбы (*Hydrophilidae*), плавунцы (*Dytiscidae*) (рис. 5.1.1) и другие на стадии яйца и личинки живут в воде, окукливаются обычно в грунте. Взрослые жуки основное время жизни проводят в толще или на поверхности воды, но могут хорошо летать, передвигаться довольно быстро по поверхности земли и даже в почве. Они могут зарываться в землю для переживания неблагоприятных условий (засуха, зима).



1 — плавунец-полоскун *Acilius*; 2 — плавунец *Dytiscus*; 3 — большой водолюб *Hydrophilus aterrimus*

Рисунок 5.1.1 — Личинки водных жуков

Многие организмы существуют одновременно в двух и даже трех средах: наземные растения — воздух и почва, прибрежные макрофиты (частуха, рогоз, аир) — воздух, вода и грунт.

Литосфера — твердая оболочка Земли. Толщина этой оболочки составляет около 200 км, включает в себя земную кору и верхнюю часть мантии. Толщина земной коры различна на разных участках. Так, в районе континентальных плит она составляет до 35—40 км, в некоторых горных регионах — до 70 км, а в районе океанических впадин — всего 3—5 км. Жизнь в литосфере сконцентрирована в поверхностном слое земной коры. Живые организмы могут жить и в песчаном, и в каменистом грунте, но наиболее благоприятной средой является почва.

Почва обладает целым рядом физических, химических и биологических особенностей. Она характеризуется плотностью и представляет трех-

фазную систему. Твердая фаза состоит из различных по величине твердых частиц. Жидкая фаза представлена почвенной влагой, а газообразная — почвенным воздухом. В целом для почвы свойственна рыхлая структура, определенная водопроницаемость и аэрируемость.

Большую роль в формировании почвы играет рельеф. В пределах почвенных зон (тундровые почвы, подзолистые почвы лесной зоны, каштановые почвы типчаково-полынных степей и т. п.) формируются специфичные группировки организмов, приуроченных к определенному типу почв.

Свойства почвы во многом зависят не только от климатических факторов, но и от жизнедеятельности почвенных организмов, которые механически перемешивают ее, влияют на физическую структуру и аэрацию, изменяют или поддерживают химический состав почвы, адаптируя среду обитания под необходимые для себя экологические требования. При участии организмов в почве происходит постоянный круговорот веществ и миграция энергии.

Биологические особенности почвы обусловлены тесной связью с жизнедеятельностью организмов. Эта субстанция появилась только благодаря деятельности микроорганизмов, грибов, растений и животных. Неудивительно, что она достаточно плотно заселена. Ее верхние слои содержат массу корней растений. В процессе роста, отмирания и разложения они разрыхляют почву и формируют ее структуру, а вместе с тем и условия для жизни других организмов. Почвенные животные перемешивают почвенную массу, прокладывая в ней ходы, потребляют растительную пищу и мертвую органику, а после смерти становятся источником органического вещества для грибов и микроорганизмов.

Организмы, обитающие в почве, вынуждены преодолевать ряд трудностей, вызванных свойствами данной среды обитания, в частности сильное механическое сопротивление ее твердой фазы. Они существуют в темноте, за исключением самого поверхностного слоя. Кроме того, обитатели почвы испытывают недостаток воздуха, некоторые колебания температуры, влияние солей почвенных растворов и воздействие других экологических факторов.

Организмы, которые являются постоянными обитателями грунта, в том числе и почвы, называются *геобионтами*. Весь цикл их развития протекает в литосфере. К ним относятся дождевые черви (Lumbricidae), многие первичнобескрылые насекомые (Apterygota).

Все геобионты выработали в ходе эволюции целый ряд специальных адаптаций к существованию в почве. Среди них и копательные конечности, хорошо развитые органы обоняния и осязания, способность переносить недостаток воздуха и т. д.

Среди животных также еще выделяют две основные экологические группы обитателей грунта, в том числе и почвы, по степени связи со средой обитания.

Геофилы — животные, часть цикла развития которых обязательно проходит в почве. К ним принадлежит большинство насекомых: саранчовые (Acrididea), ряд видов жуков, таких как жужелицы (Carabidae), пластинчатоусые (Scarabaeidae), стафилины (Staphylinidae), щелкуны (Elateridae), комары-долгоножки (Tipulidae). Их личинки развиваются в почве, а во взрослом состоянии это в основном обитатели наземно-воздушной среды. К геофилам принадлежат и такие насекомые, которые в почве находятся в фазе куколок. Среди них много бабочек, мух и жуков.

Геоксены — животные, иногда посещающие почву для временного укрытия или убежища. К этой группе относятся таракановые (Blattidea), некоторые клопы (Hemiptera) и жуки (например, листоеды (Chrysomelidae), а также земноводные (жабы, саламандры), рептилии (ящерицы, черепахи, змеи), млекопитающие (грызуны, зайцеобразные, хищные, рукокрылые) и даже птицы (ласточки-береговушки, зимородки, совы), живущие в норах и пещерах.

Гидросфера — это жидкая, водная оболочка Земли.

Мощность (глубина) водной оболочки различна: от нескольких миллиметров во временных водоемах до 11 км в Мировом океане. Гидросфера включает в себя поверхностные и подземные (грунтовые) воды. Гидросфера занимает почти 71% площади земного шара.

Данная планетарная сфера полностью заселена организмами. Вместе с тем условия жизни в воде весьма специфичны. Для гидросферы как среды обитания свойственны определенные характеристики. Вода обладает значительной плотностью, вязкостью и в то же время подвижностью, теплопроводностью. Она расширяется при замерзании, является хорошим растворителем, характеризуется разнообразием газового и солевого состава.

Одной из основных особенностей воды является ее способность растворять кислород и обеспечивать определенный кислородный

режим водного объекта. Содержание в воде кислорода является необходимым условием жизни многих обитателей водной среды. Этот показатель зависит от глубины, скорости течения, количества и скорости (интенсивности) разложения мертвой органики, от количества фотосинтезирующих бактерий и растений.

В воде растворяются различные минеральные вещества. Они распадаются на ионы, которые определяют активную реакцию среды (рН). По солевому режиму гидросфера разделяется на две основные среды: морские воды и континентальные (пресные и солоноватые). Средняя соленость вод Мирового океана достигает 35‰.

Характерной экологической особенностью водной среды является также то, что организмы могут существовать во всей ее толще — от поверхностной пленки до огромных глубин и дна океана. В различных горизонтах гидросферы отмечается разный световой режим и неодинаковое давление, поэтому среди ее обитателей есть глубоководные и живущие в поверхностных слоях виды.

Гидробионты (организмы, которые на протяжении всего жизненного цикла или его основной части связаны с водой) по ряду признаков существенно отличаются от всех других обитателей биосферы. Многие из них обладают специальными органами дыхания — жабрами, которые позволяют им дышать растворенным в воде кислородом (черви, моллюски, членистоногие, рыбы, земноводные). Другие потребляют растворенный кислород через кожные покровы (кишечнополостные, некоторые виды червей и земноводных), третьи вынуждены подниматься за воздухом к поверхности воды и дышать атмосферным воздухом (взрослые насекомые, моллюски, китообразные). Гидробионты могут активно плавать или удерживаться (парить) в определенных слоях воды. В соответствии с этим выделяют три основные экологические группы гидробионтов: нектон, планктон и бентос.

Нектон — совокупность активно передвигающихся водных организмов, обитающих в толще воды и не имеющих непосредственной связи с дном.

Для нектонных животных характерна обтекаемая форма тела и хорошо развитые органы движения: плавники у рыб и млекопитающих (ластоногие, китообразные), сифоны у головоногих моллюсков для передвижения реактивным способом, плавательные конечности водных жуков.

Планктон — совокупность водных организмов, не обладающих способностью к быстрым активным передвижениям, обитающих в толще воды.

Планктонные организмы не могут противостоять течениям. В основном это мелкие животные — зоопланктон (одноклеточные, личинки различных беспозвоночных, ракообразные, кишечнополостные, гребневики) — и растения — фитопланктон (одноклеточные и нитчатые водоросли).

Планктонные организмы плавают либо на поверхности воды, либо в толще или даже в придонном слое.

Бентос — совокупность водных организмов, обитающих на дне (на грунте и в грунте).

Эта группа подразделяется на фитобентос (водоросли, водяные мхи, высшие растения) и зообентос. Бентосные организмы различаются по образу жизни — подвижные, малоподвижные и неподвижные. В основном бентос представлен прикрепленными или медленно передвигающимися по дну и роющими в грунте животными. В мелководных экосистемах он состоит из организмов, синтезирующих первичное органическое вещество (фитобентос — продуценты), потребляющих (консументы) и разрушающих (редуценты) мертвую органику. На больших глубинах, куда не проникает свет, фитобентос (продуценты) отсутствует.

Все организмы, обитающие в морской воде, приспособлены к жизни при сравнительно высоких концентрациях солей. Их важной особенностью является постоянство внутренней среды. Типично пресноводные организмы же не переносят повышенной солености. Следовательно, фауна и флора морских и пресных водных экосистем очень сильно различаются.

Высокой спецификой обладает пищевой режим водной среды. Многие водные организмы питаются как фильтраторы (губки, кишечнополостные, черви, моллюски), поглощая органические взвеси. Никакие другие среды, кроме почвы, таких условий для питания предоставить не могут. Не менее важен для жизни в гидросфере и своеобразный температурный режим. Многие из гидробионтов довольно чувствительны к температуре воды, например кораллы, многие ракообразные, целый ряд тропических и полярных видов рыб.

Атмосфера — газообразная, воздушная оболочка Земли.

Это самая мощная оболочка планеты, ее толщина составляет около 3 000 км. Следы газов обнаруживают на высотах 10 000—20 000 км. Ат-

мосфера на разных высотах имеет разный химический состав, неодинаковы и физические свойства разных высотных слоев атмосферы. Исходя из этих показателей атмосферу делят на тропосферу (до 18 км в высоту), стратосферу (до высоты 50 км), мезосферу (до 80 км), ионосферу (термосферу) (до 1 000 км) и экзосферу.

До 80% воздуха сосредоточено в тропосфере — приземном слое атмосферы. Его толщина, как и других слоев, изменчива в разных областях земного шара. Так, на полюсах она составляет 8—10 км, а над экватором — 16—18 км.

Основу воздушной смеси в нижних слоях атмосферы составляет азот (78,08% от общего объема). В атмосфере содержится около 21% кислорода, 0,93% аргона, 0,03% углекислого газа, остальные газы составляют намного меньшие доли. Кроме того, в воздухе всегда присутствуют водяные пары и пылевые частицы.

Жизнь в атмосфере сконцентрирована только в самом нижнем ее слое. Это связано и с содержанием кислорода, и с температурой, понижающейся с высотой, и с увеличением интенсивности УФ-излучения Солнца. Так называемые *атмобионты* (*аэробиионты*), жизнь которых была бы связана в течение длительного времени исключительно с газообразной средой, не существуют. Вероятно, таких организмов и быть не может, поскольку живая материя тяжелее воздуха, да и влаги, без которой жизнь невозможна, в воздухе недостаточно.

Собственно атмосфера не заселена специфичными воздушными организмами, хотя кислород, необходимый для дыхания, растения, животные и другие организмы берут из воздушной среды, вступая с ней в непосредственный контакт. Временными обитателями воздушной среды считаются, прежде всего, животные, приспособившиеся к активному полету (насекомые, птицы, рукокрылые). Кроме животных, в воздухе в определенные периоды жизни могут находиться семена, плоды, споры и пыльца растений, бактерии, споры грибов, а также цисты простейших. Все эти активно и пассивно перемещающиеся организмы обычно не поднимаются выше 50—100 м над поверхностью Земли и лишь иногда могут оказаться на большой высоте.

Более рационально рассматривать как среду жизни не отдельно атмосферу, а *наземно-воздушную среду*.

Особенностью наземно-воздушной среды жизни является то, что организмы, обитающие здесь, окружены воздухом — газообразной средой, характеризующейся определенной влажностью, плотностью

и давлением, а также высоким содержанием кислорода. Абсолютное большинство животных в этой среде передвигаются по твердому субстрату — грунту, а растения и грибы закрепляются в ней.

Данная среда имеет свои специфические особенности. Свет в наземно-воздушной среде в сравнении с другими средами интенсивнее, температура претерпевает более сильные колебания. Наземно-воздушная среда характеризуется значительными изменениями влажности в зависимости от географического положения, сезона и даже времени суток. На обитателей этой среды (*наземных организмов*), сильно влияет движение воздушных масс — ветер.

У обитателей наземно-воздушной среды в процессе эволюции выработались специфические анатомо-морфологические, физиологические, поведенческие и другие адаптации: у них появились органы, обеспечивающие непосредственное усвоение атмосферного кислорода в процессе дыхания (устьица растений, легкие и трахеи животных); сильное развитие получили скелетные образования, поддерживающие тело в условиях незначительной плотности среды (механические и опорные ткани растений, скелет животных); образовались сложные приспособления для защиты от неблагоприятных факторов (периодичность и ритмика жизненных циклов, сложное строение покровов, механизмы терморегуляции и др.); установилась тесная связь с почвой (корни растений, конечности животных). Многие организмы приобрели способность свободно передвигаться в наземно-воздушной среде, в том числе споры, плоды, семена, пыльца растений, споры грибов [16].

В целом, при учете заселенности всех трех основных сред жизни, мощность «жизненного пласта» в биосфере не превышает 30—40 км. Распространение жизни в пределах биосферы неоднородно, кроме того, в различных частях биосферы плотность живых организмов неодинакова. Это связано с особенностями сред обитания организмов.

Наиболее высокая плотность жизни — в морских мелководных экосистемах, в умеренных, субтропических и тропических поясах на суше, а наименьшая плотность — в холодных полярных и субполярных областях суши, в засушливых местах и пустынях, на высокогорьях, в глубоководных морских экосистемах. Это связано с тем, что фотосинтезирующие продуценты — основная часть живых сообществ предъявляют определенные требования к наличию влаги, к температуре среды и, в первую очередь, к свету. Фотосинтезирующие организмы (зеленые и пурпурные

бактерии, цианобактерии и зеленые растения) могут обитать лишь в тех частях биосферы, куда проникает достаточное количество солнечной энергии. Такими местами являются атмосфера (наземно-воздушная среда), верхний слой почвы толщиной в несколько миллиметров, хорошо освещаемые верхние слои водной среды, достигающие толщины от нескольких десятков сантиметров в быстро текущих реках до 1 км и более в прозрачных водах Мирового океана. Таким образом, распространение зеленых растений и других фотосинтезирующих организмов в биосфере зависит от степени влияния солнечной энергии.

Зеленые растения не поднимаются в горы выше чем на 6 200 м из-за того, что там низкое давление углекислого газа и отсутствует жидкая вода. Однако отсутствие растений на большой высоте не является препятствием для существования некоторых организмов. Так, выше зоны существования растений при отсутствии непосредственного контакта с продуцентами на высокогорье встречаются пауки (*Aranei*), клещи (*Acariformes*, *Parasitiformes*), ногохвостки (*Collembola*), жуки-жужелицы (*Carabidae*), которые питаются органическими частицами, заносимыми туда ветром, или ведут хищный образ жизни. В пустынях Африки и Южной Америки, на лишенных растительности барханах, живут жуки-чернотелки (*Tenebrionidae*), которые также питаются только мертвой органикой, заносимой туда ветром, а воду получают, путем конденсации в утренние часы на поверхности своего тела, а также благодаря распаду липидов.

На больших глубинах в абсолютной темноте живут хемосинтезирующие и сапротрофные бактерии, беспозвоночные животные, такие как кишечнополостные (морские перья (*Umbellula*)), различные кольчатые черви (*Annelida*) и др. Большинство из них питаются мертвым органическим веществом, попадающим из верхних, освещенных слоев гидросферы (мертвые организмы, продукты жизнедеятельности живых организмов и т. д.).

Очевидно, что организмы имеют высокую адаптивную способность. В процессе эволюции они приспособились к таким условиям, в которых, на первый взгляд, жить невозможно. Экологическая пластичность некоторых видов по отношению к ряду экологических факторов поражает. Так, споры и мицелий некоторых грибов не теряют жизнеспособности даже в условиях высокого вакуума (10^{-13} — 10^{-11} мм рт. ст.). Космический вакуум достигает 10^{-16} мм рт. ст.

Отдельные виды бактерий выдерживают облучение в 2—3 млн рад.

Нескорые виды бактерий переносили температуру жидкого гелия, водорода и азота. Многие более высокоразвитые организмы выдерживают полное замораживание (растения, грибы, насекомые, рыбы, земноводные). А некоторые высшие растения и насекомые могут выжить при температурах, приближающихся к абсолютному нулю (-273°C) [16]. В противоположность этому некоторые споры грибов и бактерий переносят высокие температуры, например температуру кипения воды.

Существуют микроорганизмы, живущие в сильно концентрированных соляных растворах (250 мг / л).

Уникальны приспособления глубоководных животных, организм которых успешно противостоит давлению многокилометровой толщи воды.

Именно благодаря этим и многим другим приспособлениям живые организмы смогли заселить такие разные по своим характеристикам среды жизни и стать могучим геохимическим фактором — живым веществом биосферы.

5.1.3 Живое вещество биосферы

В основу учения В. И. Вернадского о биосфере положено представление о планетарной геохимической роли живого вещества в образовании биосферы как продукта длительного превращения веществ и энергии в ходе геологического развития Земли.

Живое вещество — это совокупность существующих (или существовавших в определенный отрезок времени) живых организмов, являющихся мощным геологическим фактором.

В пределах биосферы везде встречается либо само живое вещество, либо следы его деятельности: атмосферные и некоторые гидросферные газы, нефть, каменный уголь, известняк, сланцы, торф и др.

В отличие от живых существ на всех уровнях их организации живое вещество, как биогеохимический фактор, в понимании В. И. Вернадского характеризуется элементарным химическим составом, массой и энергией. Оно трансформирует солнечную энергию и вовлекает неорганическую материю в непрерывный круговорот. Кроме того, в понятие живого вещества входят организмы, существовавшие ранее и оставившие следы своей жизнедеятельности, но до сих пор не потерявшие значение как геохимических фактор.

Одновременно функционирующая масса живого вещества сравнительно невелика — около $1 / 6 \cdot 10^{-6}$ массы Земли. Это составляет около 0,01% массы всей биосферы. Несмотря на небольшую относительную массу, живое вещество, как говорилось выше, является мощным геологическим фактором. Как указывал В. И. Вернадский, за время существования жизни все наружные слои земного шара переработаны организмами на 99%! Данный факт является еще одним подтверждением эффективности и значимости этого фактора в истории Земли.

Через живое вещество многократно прошли атомы почти всех химических элементов. В конечном итоге живое вещество определило состав атмосферы, гидросферы, почв, большинства осадочных пород.

Наряду с понятием «живое вещество» В. И. Вернадский ввел понятия «косное вещество» и «биокосное вещество».

Косное вещество — твердое, жидкое и газообразное вещество, образующееся без участия живых организмов, в совокупности с живым и биокосным веществом формирует биосферу.

Примерами являются вещества, образующиеся при извержении вулканов, газ радон, многие горные породы.

Биокосное вещество — косное вещество, преобразованное живыми организмами (вода, почва, ил и т. п.).

Между живым и косным веществом существует непрерывная связь во время дыхания, питания, размножения живого вещества, т. е. миграция атомов из косных тел биосферы в живые.

Живое вещество биосферы химически и геологически очень активно, как говорилось выше. При его участии образуются *биогенные* (каменный уголь, нефть, известняк и др.), а также *биокосные вещества* (почти вся вода биосферы, почва, кора выветривания и т. д.).

5.1.4 Функции живого вещества

Различают пять главных функций живого вещества в биосфере: энергетическую, газовую, концентрационную, окислительно-восстано-вительную и деструкционную. В ряде литературных источников эти функции называют функциями биосферы.

Энергетическая функция — обеспечение потока энергии через живые организмы, в основном за счет связи биосферно-планетарных явлений с космическим излучением (солнечной радиацией).

В основе этой функции лежит фотосинтетическая деятельность растений и фотосинтезирующих бактерий, в процессе которой происходит аккумуляция солнечной энергии и ее перераспределение между отдельными компонентами биосферы (рис. 5.1.2). За счет накопленной солнечной энергии протекают практически все жизненные явления на Земле.

В некоторых глубоководных морских экосистемах используется не солнечная энергия, поскольку солнечный свет туда попросту не доходит. Такие экосистемы (например, экосистемы, существующие на склонах подводных вулканов) функционируют за счет энергии химических превращений соединений серы. В качестве продуцентов в этих сообществах выступают хемосинтезирующие бактерии.

Некоторые бактерии независимы в обеспечении себя органическим веществом от солнечных лучей. Они используют для жизнедеятельности химическую энергию некоторых химических соединений, например минералов, богатых кислородом.

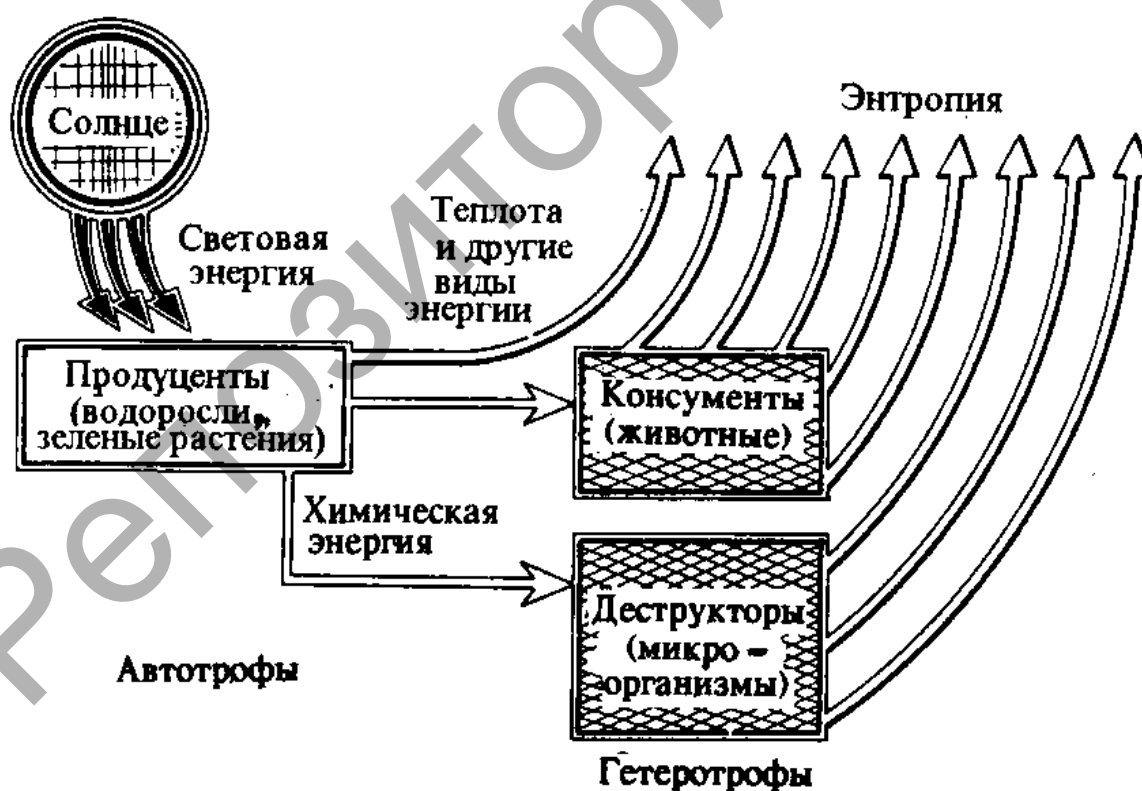


Рисунок 5.1.2 — Поток энергии в биосфере (по Ф. Рамонду, 1981 [16])

Конечно, число таких видов бактерий небольшое, но эти организмы имеют значительный потенциал размножения. Так, одна бактерия может произвести за одни сутки несколько триллионов особей. Поэтому нельзя недооценивать их роль в энергетическом обмене в биосфере. Хемотрофные бактерии играют заметную роль в геохимии серы, железа, азота. Они обитают в земле, морской и пресной воде, донных отложениях и т. п.

Газовая функция — осуществление миграции газов и их превращения, обеспечение газового состава биосферы.

В процессе функционирования живого вещества создается основная масса газов в биосфере. Биогенное происхождение имеют азот, кислород, углекислый газ, сероводород, метан и др.

Реализация газовой функции живого вещества указывает на его могущество как геохимического фактора. Ведь именно живые организмы изменили химический состав атмосферы Земли, насытив ее кислородом, содержание которого в настоящее время составляет в среднем около 21%. До появления жизни доля кислорода в атмосфере составляла всего лишь десятитысячные процента.

Концентрационная функция — извлечение и накопление живыми организмами биогенных элементов окружающей среды. Состав живого вещества существенно отличается от состава косного вещества планеты. В живом веществе преобладают атомы водорода, углерода, азота, кислорода, натрия, калия, кальция, магния, алюминия, кремния, серы, хлора и т. п. Они входят, к примеру, в состав клеточных мембран и цитоплазмы, ферментов и гормонов, различных пигментов, например хлорофилла (магний), гемоглобина (железо), скелетных образований (кальций, кремний). Концентрация этих элементов в теле живых организмов в сотни, а иногда и в тысячи раз выше, чем во внешней среде. Этим объясняется неоднородность химического состава биосферы.

Окислительно-восстановительная функция — химическое превращение веществ, содержащих атомы с переменной степенью окисления (соединения железа, марганца и др.). Благодаря данной функции происходит превращение большинства химических соединений. На поверхности Земли преобладают биогенные процессы окисления и восстановления, которые происходят либо при участии организмов, либо внутри них.

Деструкционная функция обуславливается разложением организмов после их смерти и минерализацией органического вещества.

В результате образуются биогенное и биокосное вещества биосферы. Другими словами, благодаря этой функции в биосфере существует круговорот веществ.

Для существования и развития (эволюции) жизни на планете крайне важно, чтобы происходил круговорот биологически важных веществ, т. е. после использования они должны вновь переходить в окружающую среду, а затем снова усваиваться организмами. Этот переход может осуществляться только при определенных затратах энергии. Источником этой энергии в основном является Солнце. Благодаря ему в биосфере протекают процессы, которые воздействуют на развитие биосферы и эволюцию ее составляющих. Этими процессами являются геологический и биологический круговороты веществ.

5.1.5 Геологический круговорот веществ в биосфере

Геологический (абиотический, большой) круговорот веществ возник задолго до появления жизни на Земле.

Геологический круговорот веществ — процесс циркуляции воды, минеральных веществ и газов между сушей, атмосферой и Мировым океаном.

В процессе геологического круговорота с одного места в другое в масштабе всей Земли перемещаются минеральные соединения, вода, газы, а также изменяется агрегатное состояние воды (жидкая; твердая — снег, лед; газообразная — пар). В основе этого круговорота лежит абиотический круговорот воды, который происходит без участия живых организмов. Наиболее интенсивно вода циркулирует в газообразном состоянии.

Источником энергии для большого круговорота выступает Солнце. Геологический круговорот очень энергоемкий процесс. На Землю ежегодно поступает примерно $21 \cdot 10^{20}$ кДж солнечной энергии. Около половины ее расходуется на испарение воды. До 30% солнечной энергии отражается облаками и поверхностью Земли, около 20% поглощается в верхних слоях атмосферы облаками и пылевыми частицами, содержащимися в воздухе.

Солнце нагревает поверхность Мирового океана, и вода испаряется. В процессе этого она меняет свое агрегатное состояние, т. е. из

жидкого состояния переходит в газообразное — пар (рис. 5.1.3). В атмосфере водяной пар конденсируется в мельчайшие капельки воды, из которых состоят облака. Затем вода выпадает в виде осадков (дождь, град, снег) на землю. Испарение воды происходит и с поверхности суши, хотя и в значительно меньших количествах, чем с поверхности океана. Круговорот воды в биосфере основан на том, что ее суммарное испарение с поверхности Земли компенсируется выпадением осадков. При этом из океана испаряется воды больше (что объясняется большей площадью), чем возвращается с осадками. На суше, наоборот, больше выпадает осадков, чем испаряется воды. Излишки ее стекают в водоемы и водотоки, а оттуда снова попадают в океан.

Вместе с водой в биосфере осуществляется интенсивная миграция газов. Благодаря круговороту воды с суши в Мировой океан в растворенном виде попадает масса минеральных веществ. В обратном направлении минеральные вещества из океана мигрируют на сушу в результате приливов.

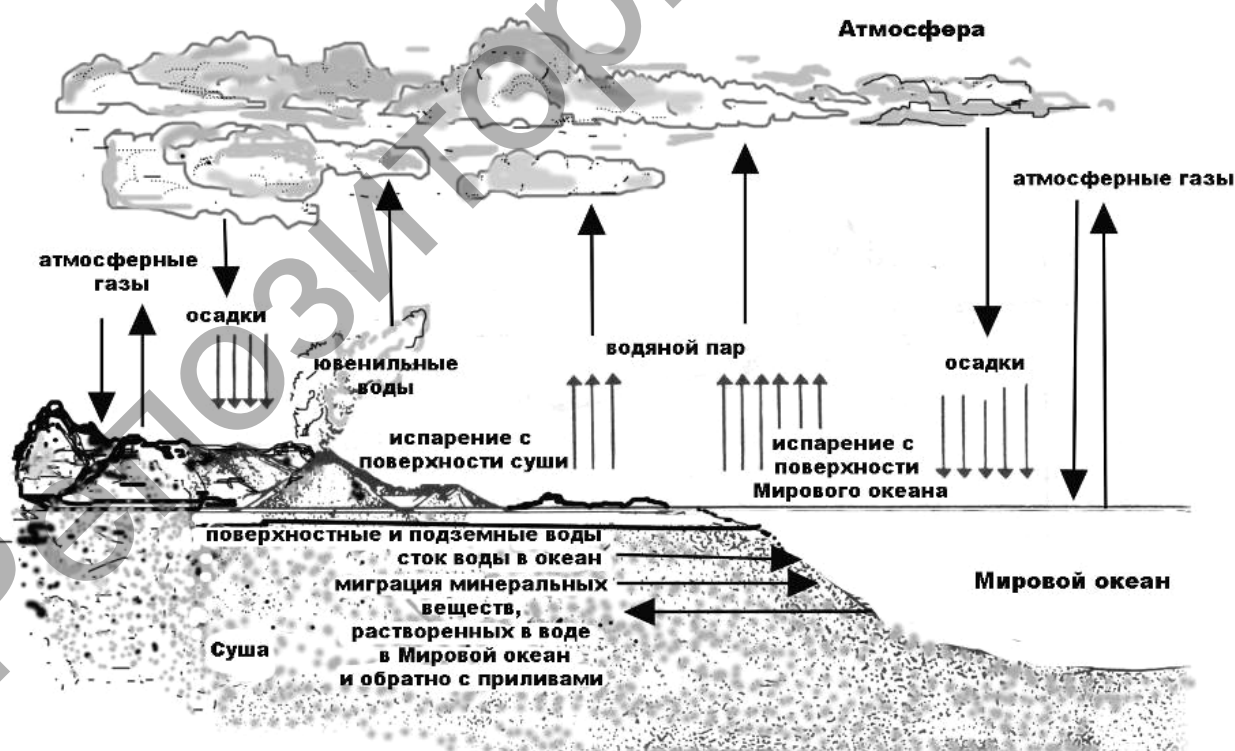


Рисунок 5.1.3 — Схема геологического круговорота веществ в биосфере

5.1.6 Биологический круговорот веществ в биосфере

Биологический круговорот веществ (биотический, малый) возник на основе геологического в период зарождения жизни на Земле.

Биологический круговорот веществ — процесс циркуляции биологически важных химических соединений между живыми организмами и окружающей средой в пределах экосистем и биосферы.

В биологическом круговороте самыми важными моментами являются синтез и разрушение органических веществ. Эти два процесса находятся в определенном сбалансированном отношении. Баланс между образованием и минерализацией органических веществ относителен. Это своеобразный фактор, обуславливающий разнообразие живого вещества биосферы. Увеличение количества первичного органического вещества способствует увеличению разнообразия живых организмов и, соответственно, темпов эволюции.

В противоположность геологическому, биологический круговорот не является энергоемким процессом. На создание первичного органического вещества затрачивается всего 0,1—0,2% падающей на Землю солнечной энергии. Больше половины аккумулированной в процессе фотосинтеза энергии расходуется продуцентами на дыхание и другие жизненные процессы, а остальная часть поступает в пищевые цепи.

Малый круговорот в биосфере представляет собой комплекс биогеохимических циклов (круговороты углерода, азота, кислорода, фосфора, серы и т. п.).

Процессы перехода различных химических элементов в биосфере протекают с разной скоростью. Так, кислород, содержащийся в атмосфере, поступает в организмы и обратно в окружающую среду, связываясь с углеродом при дыхании и высвобождаясь при фотосинтезе, за 2 000 лет. Углекислый газ совершает круговорот в обратном направлении за 300 лет, а вода разлагается и воссоздается путем фотосинтеза и дыхания за 2 000 000 лет (рис. 5.1.4).

Миграцию веществ в биогеохимических циклах можно рассмотреть на примере круговорота углерода и азота.

В атмосфере углерод содержится в виде углекислого газа. Круговорот углерода начинается с фиксации углекислого газа фотосинтезирующими растениями, зелеными и пурпурными бактериями, а также цианобактериями в процессе фотосинтеза.

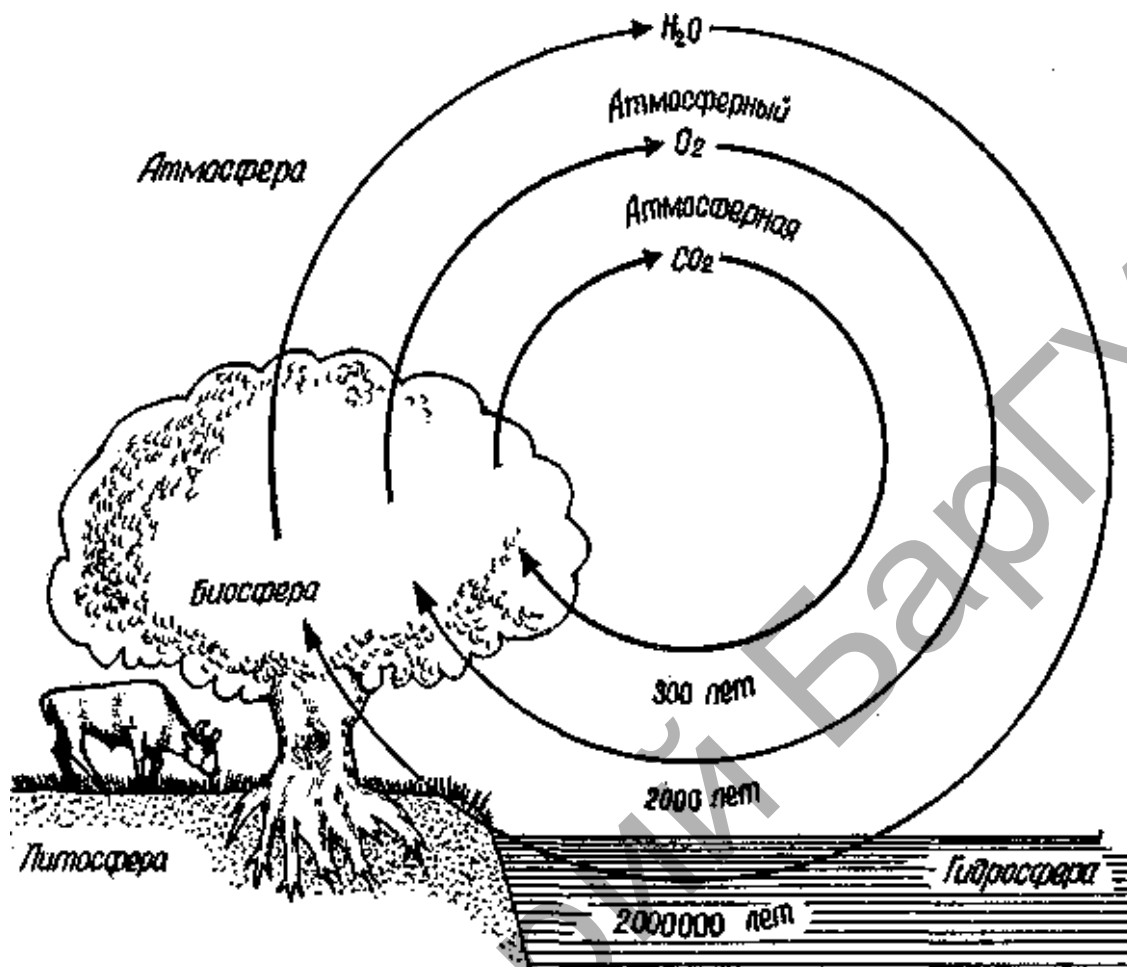


Рисунок 5.1.4 — Круговорот воды, кислорода и углекислого газа (по П. Клауду и А. Джибору [16])

Углерод, входящий в состав молекул углекислого газа, идет на построение молекул первичного органического вещества продуцентов, при этом высвобождается кислород. Частично, в виде углекислого газа, углерод выделяется из организма продуцентов во время дыхания растений. Фиксированный в молекулах органического вещества продуцентов углерод потребляется консументами, которые в ходе миграции веществ по пищевым цепям перераспределяют это вещество между собой. Консументы при дыхании также выделяют углекислый газ. Умершие продуценты и консументы разлагаются редуцентами, в результате чего углерод мертвого органического вещества окисляется до углекислого газа и снова попадает в атмосферу. Подобный круговорот углерода совершается и на суше (рис. 5.1.5), и в водной среде.

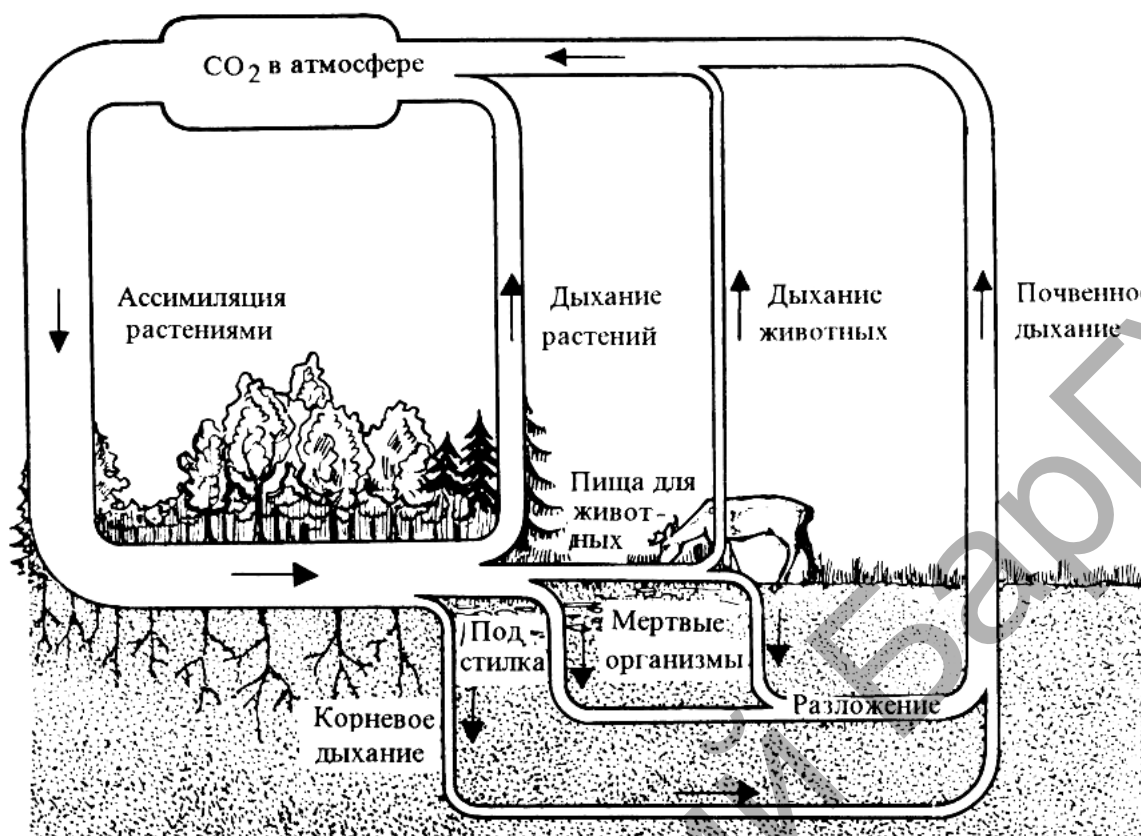
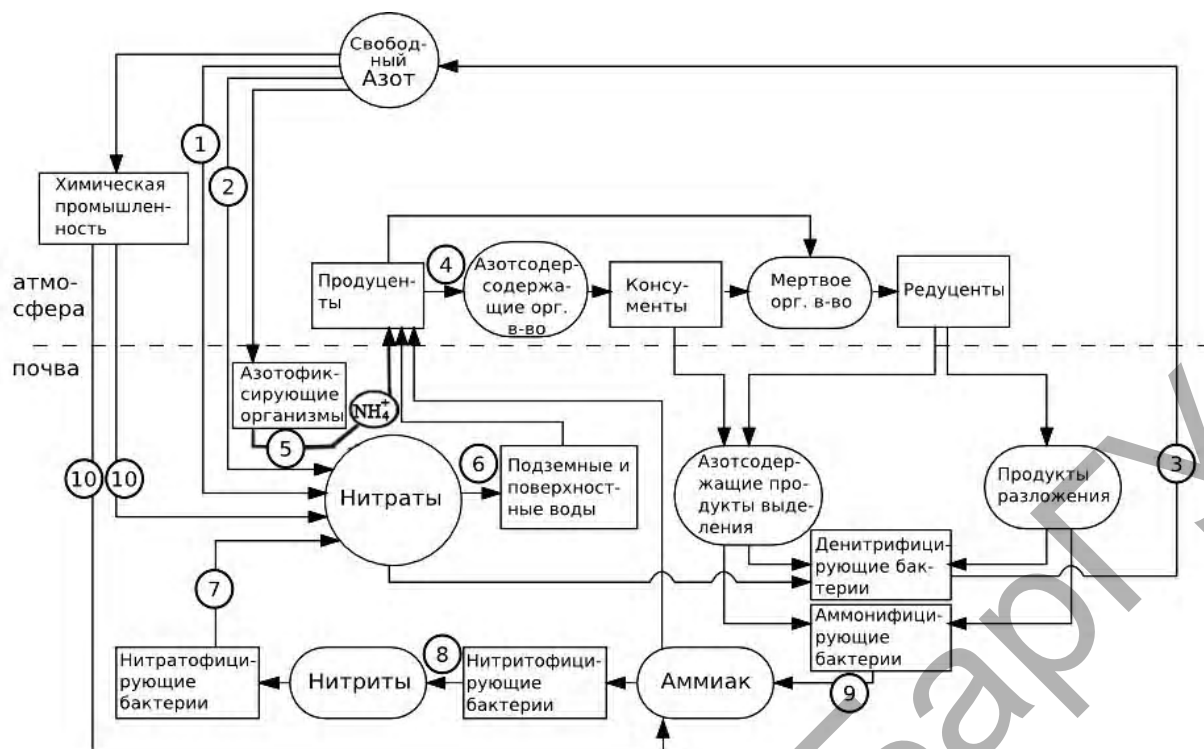


Рисунок 5.1.5 — Круговорот углерода в наземных экосистемах [16])

Круговорот азота, как и другие биогеохимические циклы, охватывает все среды жизни в биосфере. Наиболее интенсивно он идет в наземных экосистемах. В круговорот азота вовлечены и водные экосистемы. Азот, которого очень много в атмосфере, усваивается растениями лишь после соединения его с водородом или кислородом (рис. 5.1.6).

Существует ювенильная фиксация азота в процессе извержения вулканов, а также фотохимическая и электрохимическая фиксация молекулярного азота под действием солнечной радиации и атмосферных процессов. Это — абиотическая фиксация. Кроме этого, в биосфере происходит и биотическая фиксация (благодаря живым организмам).

Фиксировать свободный азот могут свободно живущие азотфиксирующие бактерии (*Azotobacter*, *Clostridium*), клубеньковые бактерии, которые являются симбионтами ряда растений, и цианобактерии (*Nostoc*, *Anabaena* и др.). Способностью фиксировать



1 — фотохимическая и электрохимическая атмосферная фиксация; 2 — ювенильная фиксация; 3 — денитрификация;
 4 — синтез белков и других органических веществ; 5 — биологическая фиксация азота; 6 — вымывание; 7 — нитратификация;
 8 — нитритификация; 9 — аммонификация; 10 — промышленная фиксация

Рисунок 5.1.6 —Круговорот азота

азот обладают пурпурные бактерии *Rhodospirillum*, другие представители фотосинтезирующих бактерий, а также некоторые почвенные бактерии. Актиномицеты (особые бактерии, способные к формированию на некоторых стадиях развития ветвящегося мицелия) в корневых клубеньках ольхи (*Alnus*) и некоторых других древесных растений фиксируют азот не менее эффективно, чем клубеньковые бактерии *Rhizobium* в клубеньках бобовых [13]. Эти актиноризные клубеньки устроены проще и эволюционно менее совершенны. В отличие от бобовых, которые имеют в основном тропическое происхождение, эти фиксаторы азота появились в умеренной зоне. Большинство этих видов приспособлено к бедным песчаным или болотным почвам, где доступного для растений азота очень мало. Поэтому ольха может увеличивать продукцию лесов, насыщая почву азотом, если ее сажать вместе с деловыми породами.

После химических преобразований азот в виде ионов аммония (NH_4^+) используется продуцентами для построения молекул белков и других азотсодержащих органических веществ. Продуцентов потребляют консументы. Азотсодержащие вещества активно выделяются организмами (животными и грибами) в окружающую среду в качестве продуктов жизнедеятельности (аммиак, мочевины, мочевая кислота). После смерти консументов и продуцентов мертвое органическое вещество, а также азотсодержащие продукты их жизнедеятельности перерабатываются редуцентами (гнилостными бактериями), которые расщепляют их до аммиака. Этот процесс называется *аммонификацией*.

Часть аммиака нейтрализуется органическими и минеральными кислотами с образованием аммонийных солей, которые могут поглощаться растениями, а часть аммиака вымывается из почвы. Очень важной составляющей круговорота азота является процесс *нитрификации*, который состоит из двух частей: *нитритификации* и *нитратификации*. В процессе нитрификации оставшийся аммиак окисляется специализированными нитрифицирующими бактериями вначале до нитритов, а затем до нитратов, которые могут опять потребляться продуцентами.

Различные формы азотистых соединений из почвы и водной среды могут восстанавливаться определенными видами бактерий (денитрифицирующие бактерии) до оксидов азота и молекулярного

азота, которые опять возвращаются в атмосферу. Так, эти бактерии при недостаточном доступе воздуха в почву могут отнимать кислород от нитратов, разрушая их с выделением свободного азота. Деятельность таких бактерий приводит к тому, что часть соединений азота из доступной для зеленых растений формы (нитраты) переходит в недоступную форму (свободный азот). Этот процесс называется *денитрификацией*. Благодаря данному процессу не весь азот, входящий в состав мертвого органического вещества, попадает в почву или воду, часть его постепенно возвращается в атмосферу.

В настоящее время в круговороте азота активно участвует человек. Интенсивно осуществляется промышленная фиксация атмосферного азота, в первую очередь для нужд сельского хозяйства.

Считается, что сельское хозяйство, путем выращивания бобовых и злаковых растений, и промышленность, путем производства азотных удобрений, дают почти на 60% больше фиксированного азота, чем все естественные наземные экосистемы вместе взятые [16].

Таким образом, круговорот любого химического элемента является частью общего биологического круговорота на Земле. Все эти процессы тесно связаны между собой.

Основными звеньями любого биогеохимического цикла выступают живые организмы. Многообразие форм организмов (биоразнообразие) обуславливает интенсивность протекания круговоротов и вовлечение в них практически всех химических элементов.

5.1.7 Эволюция биосферы

Биосфера в своем развитии прошла несколько этапов (рис. 5.1.7) [16].

Первым этапом было зарождение жизни на Земле и собственно биосферы, что сопровождалось возникновением биологического круговорота веществ (Б), в том числе и процесса фотосинтеза внутри абиотического процесса (А). Второй этап представлял собой расширение пределов живой оболочки планеты. В этот период возникли многоклеточные организмы, животные и растения вышли на сушу, значительно возросли по сравнению с начальным этапом темпы эволюции. Третий этап характеризовался появлением в составе биосферы человека (Ч) и становлением человеческого общества.

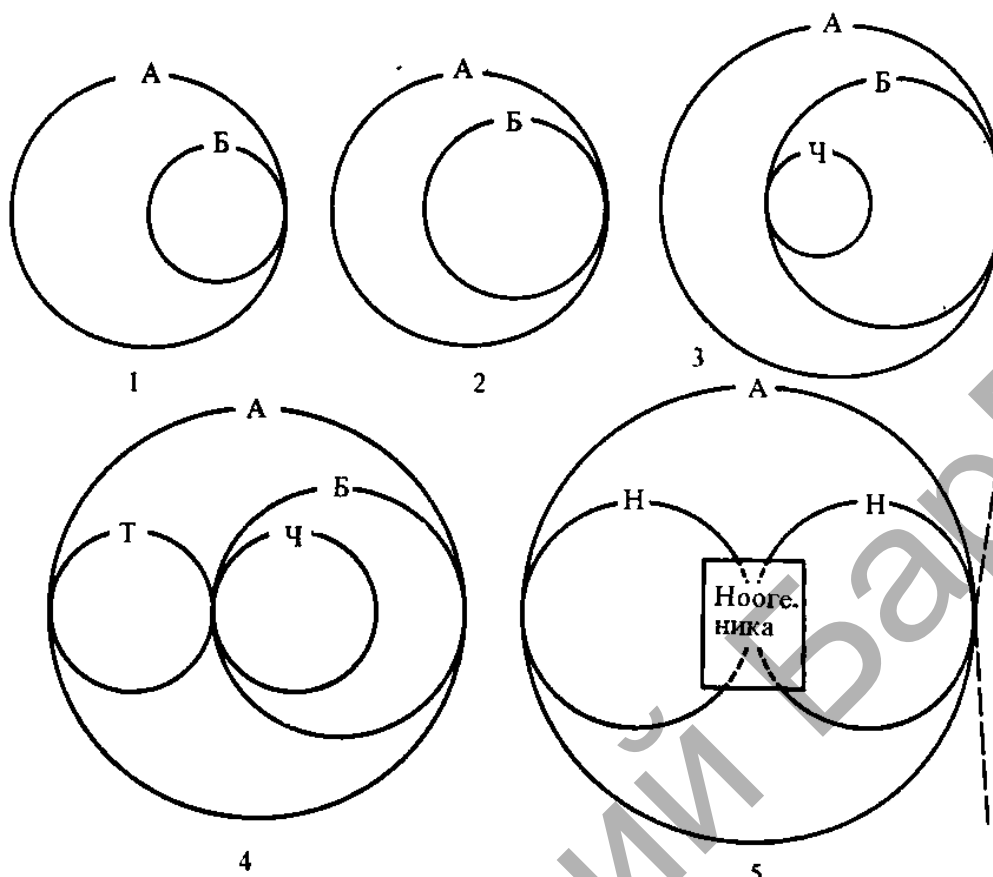


Рисунок 5.1.7 — Этапы эволюции биосферы
(по М. М. Камшилову, 1974 [16])

Основные биологические события выше обозначенных этапов отражены в таблице 5.1.1.

На четвертом этапе эволюции биосферы человеческое общество благодаря возникновению техносферы (Т) участвует не только в биологическом круговороте, но и активно потребляет абиотические природные ресурсы, влияя на геологический круговорот.

Техносфера — часть биосферы, преобразованная человеком при помощи технических средств с целью удовлетворения социально-экономических потребностей.

Техносфера представляет собой сферу бытия человеческого общества, где главенствующую роль играют не естественные биосферные законы, а техника как характерный компонент.

Существование техносферы основано на потреблении различных ресурсов, в первую очередь полезных ископаемых. Создание техносферы позволило человеку в определенной мере не зависеть

Т а б л и ц а 5.1.1 — Краткая история развития жизни на Земле

Название периода (время начала, млн лет назад)	Основные биологические события
<i>Докембрийская эра</i>	
Азозойский (4 600)	Жизни нет
Археозойский (3 500)	Около 3,5 млрд лет назад появились первые одноклеточные организмы. Примерно 2,8 млрд лет назад, возникли первые фотосинтезирующие организмы — строматолиты. Содержание кислорода в атмосфере Земли начало постепенно повышаться
Протерозойский (1 650)	Первые многоклеточные организмы появились около 1,4 млрд лет назад. В позднем докембрии возникли первые кишечнополостные, черви и иглокожие. Первое массовое вымирание первобытных животных
<i>Палеозойская эра</i>	
Кембрий (570)	В ходе грандиозного эволюционного взрыва возникло большинство современных типов животных. В тропических регионах археоциаты возводили громадные рифовые сооружения. В морях господствовали трилобиты и брахиоподы (плеченогие). Возникли первые хордовые. Позднее появились головоногие моллюски и примитивные рыбы. В морях господствовали примитивные водоросли
Ордовик (500)	Расцвет мшанок, морских лилий, плеченогих, двустворчатых моллюсков и граптолитов. Археоциаты вымерли, но рифообразованием занимались строматопороидеи и первые кораллы. Увеличилось число головоногих моллюсков, появились бесчелюстные панцирные рыбы. В воде господствовали различные виды водорослей. В позднем ордовике растения (псилофиты и риниофиты) вышли на сушу
Силур (438)	В морях процветали брахиоподы, трилобиты, иглокожие и головоногие моллюски — наутилоидеи. В соленой воде обитали ракоскорпионы (эвриптериды). Появились первые челюстные рыбы — акантоды. Рыбы осваивали и пресноводные экосистемы. В конце силура скорпионы, пауки и многоножки начали осваивать сушу. Растения заселили берега водных экосистем
Девон (408)	В начале появились челюстноротые панцирные рыбы, вытеснившие бесчелюстных панцирных рыб. Произошла стремительная эволюция рыб, как хрящевых, так и костных, включая двоякодышащих и кистеперых. В морях увеличилось число головоногих моллюсков — аммонитов. В позднем девоне многие группы древних рыб, а также кораллов, плеченогих и аммонитов вымерли. Суша подверглась нашествию множества членистоногих, в том числе клещей, пауков и примитивных бескрылых насекомых. В позднем девоне позвоночные вышли на сушу, появились первые земноводные. Возросло число разнообразных сосудистых растений, предками которых явились псилофиты. Появились споровые папоротники, плауны и хвощи, в том числе и древовидные. Растения стали активно расселяться по суше, обширные районы покрылись густыми первобытными лесами
Карбон (360)	Трилобиты, а также некоторые мшанки, морские лилии и моллюски многие другие беспозвоночные вымерли. На суше господствовали земноводные и насекомые. В позднем карбоне появились и первые рептилии.

Продолжение табл. 5.1.1

Название периода (время начала, млн лет назад)	Основные биологические события
Пермь (286)	Суша во многих местах напоминала гигантское болото. Берега рек, озер и обширных болот поросли густыми лесами из гигантских плаунов, хвощей, древовидных папоротников. В карбоне появились папоротники, размножающиеся семенами. Неразложившиеся останки этой растительности со временем превратились в каменный уголь В морях в изобилии встречались аммониты, в рифообразовании основную роль стали играть современные кораллы. Бурно эволюционировали двустворчатые моллюски. В ранней перми в пресных водоемах господствовали земноводные. Появились и водные рептилии, в том числе мезозавры. В ходе великого вымирания в конце пермского периода полностью исчезли многие земноводные, аммониты и трилобиты. Климат постепенно стал более сухим и холодным, что привело к широкому распространению пресмыкающихся. На южных массивах суши распространились леса крупных семенных папоротников — глоссоптерисов. Появились первые хвойные, в последствии из-за климатических изменений быстро заселившие внутриматериковые области и высокогорья <i>Мезозойская эра</i>
Триас (248)	Рептилии, среди которых и динозавры, стали доминирующей группой наземных позвоночных. Появились первые лягушки, а чуть позже сухопутные и морские черепахи и крокодилы. Возникли и первые млекопитающие. Появилось много новых форм кораллов, моллюсков и ракообразных. К концу периода вымерли почти все аммониты. В морях распространились морские рептилии, такие, как ихтиозавры и плезиозавры. Появились первые летающие рептилии — птерозавры. Возросло разнообразие голосеменных растений, образовавших обширные леса саговников, араукарий, гинкго и хвойных деревьев
Юра (213)	В морях более многочисленными стали кораллы-рифостроители, широко распространились морские ежи и различные моллюски, в том числе многие двустворчатые моллюски. Все еще были многочисленны аммониты. Увеличились численность и разнообразие морских черепах, крокодилов, плезиозавров и ихтиозавров. На суше процветали насекомые. Появилась первые птицы. Среди позвоночных господствовали динозавры. Климат стал более влажным, и вся суша поросла обильной растительностью. Впервые появились гинговые — голосеменные широколиственные древесные растения. В лесах доминировали саговники и хвойные деревья, появились предшественники нынешних кипарисов, сосен и мамонтовых деревьев
Мел (144)	В морях возросло количество белемнитов. В океанах господствовали гигантские морские черепахи и хищные морские рептилии. На суше появились змеи, возникли новые разновидности динозавров. Увеличилось разнообразие насекомых, появились бабочки. В конце периода произошло очередное массовое вымирание. Оно привело к исчезновению аммонитов, ихтиозавров и многих других групп морских животных. На суше вымерли все динозавры, птерозавры, первые млекопитающие, многие насекомые и другие животные. Появились первые цветковые (покрытосеменные) растения. Они стали быстро распространиться по всей суше, сменяя голосеменные. Это способствовало бурной эволюции насекомых

Продолжение табл. 5.1.1

Название периода (время начала, млн лет назад)	Основные биологические события
<i>Кайнозойская эра</i>	
Палеоген (56):	
Палеоценовая эпоха (65)	В морях на смену морским рептилиям пришли новые виды хищных костных рыб и акул. На суше начался «век млекопитающих». Появились грызуны, насекомоядные и приматы. Увеличилось разнообразие насекомых. Продолжали распространяться все новые виды цветковых растений
Эоценовая эпоха (55)	Увеличилось число видов пресноводных костных рыб. На суше появились летучие мыши, первые лемуры и долгопяты; предки слонов, лошадей, коров, свиней, тапиров, носорогов и оленей. Некоторые млекопитающие (предки современных китов и сирен) вернулись в водную среду. Продолжалась эволюция разных отрядов млекопитающих: насекомоядных, зайцеобразных, грызунов, верблюдов, хищных и др. Появились гигантские нелетающие птицы. Во многих частях света произрастали леса с пышной растительностью
Олигоценная эпоха (38)	Тропические леса уменьшились в размерах и начали уступать место лесам умеренного пояса, появились и обширные степи. Быстро эволюционировали травянистые растения. С распространением степей начался расцвет травоядных млекопитающих. Появились гигантские ленивцы, новые виды зайцеобразных, носорогов и других копытных. Появились первые жвачные
Нооген (25):	
Миоценовая эпоха (25)	Происходила массовая миграция животных с материка на материк по новообразовавшимся сухопутным мостам, что резко ускорило эволюционные процессы. Слоны из Африки перебрались в Евразию, а кошки, жирафы, свиньи и другие парнокопытные двигались в обратном направлении. Появились саблезубые кошки и обезьяны, в том числе человекообразные. В изолированной Австралии продолжали развиваться однопроходные и сумчатые. Внутриматериковые области становились все холоднее и засушливее, и в них все больше распространялись степи
Плиоценовая эпоха (5)	Степи увеличили свою площадь, в связи с охлаждением климата. Леса сильно сократили свою площадь. Травоядные млекопитающие продолжали бурно эволюционировать. Ближе к концу периода сухопутный мост связал Южную и Северную Америку, что привело к грандиозному «обмену» животными между двумя материками. В Австралию проникли крысы. Обострившаяся межвидовая конкуренция вызвала вымирание многих древних животных. В Африке более 3,5 млн лет назад появились первые австралопитеки. Там же около 3—2 млн лет назад появился человек умелый (<i>Homo habilis</i>)

Окончание табл. 5.1.1

Название периода (время начала, млн лет назад)	Основные биологические события
Антропоген (2): Плейстоценовая эпоха (2) Голоценовая эпоха (0,01)	С полюсов постепенно наплзали льды, и хвойные леса уступали место тундрам. От края ледников лиственные леса сменялись хвойными. В более теплых областях суши раскинулись обширные степи. Появились шерстистые носороги и мамонты, саблезубые кошки и пещерные львы. В Австралии появились гигантские сумчатые. В южном полушарии возникли громадные нелетающие птицы типа моа или эпиорнисов. Многие крупные млекопитающие начали исчезать с лица Земли. Около 1,75 млн лет назад, скорее всего в Африке, появился и человек прямоходящий (<i>Homo erectus</i>). Он довольно быстро заселил Средиземноморье, Центральную, Южную и Восточную Азию. Среди этого вида выделяют много подвидов. Вымер человек прямоходящий около 140 тыс лет назад. В конце эпохи (примерно около 250 тыс лет назад) появился неандерталец (<i>Homo sapiens neanderthalensis</i>) В начале периода многие виды животных вымерли, в основном из-за общего потепления климата. Некоторые виды были уничтожены первобытными людьми. Неандертальцы широко расселились по территории Африки, Европы и Азии. Около 20—10 тыс лет назад вымерли неандертальцы. Около 50—30 тыс лет назад появился человек современного типа (<i>Homo sapiens sapiens</i>). Его родиной называют и Африку, и Восточное Средиземноморье. Около 10 тыс. лет назад человек стал приручать животных и окультуривать растения. С возникновением земледелия ландшафт планеты стал приобретать антропогенные черты. Человеческая цивилизация стала более развитой и распространилась по всему свету

от процессов, протекающих в биосфере естественным путем. Техника вошла в жизнь человеческой цивилизации несколько тысячелетий назад, но развитие техносферы связывают в основном с научно-техническим прогрессом, который начался по оценкам ученых в XVI—XVIII вв. А научно-техническая революция середины XX в. позволила приобрести человеку, благодаря техносфере, определенную власть над природой.

Пятым этапом эволюции биосферы считается возникновение ноосферы (Н). На стадии ноосферы биосфера развивается под контролем разумной деятельности человека (ноогенеза). Управление отношениями человеческого общества и природы осуществляется под управлением новой отрасли научных знаний — ноогеники. На этой стадии

общество вовлекает в сферу общественно-производственной деятельности большее количество вещества абиотической среды. Ноогенез позволяет ноосфере выйти за пределы Земли (пунктирная линия).

5.1.8 Ноосфера

В 1927 г. французские ученые Э. Леруа и Т. де Шарден ввели понятие «ноосфера» — сфера разума. Считая разум абстрактной субстанцией, они рассматривали ноосферу как некий «надбиосферный мыслительный пласт», окутывающий Землю, область материального проявления деятельности человека. Де Шарден в своих работах сочетал христианское мировоззрение с научными обобщениями. Леруа и де Шарден считали, что духовное объединение человечества — вот движущая сила ноосферы. Но ноосфера не завершение, а лишь ступень в развитии планеты. Любовь к Богу и порожденная ею любовь к людям и всему сущему приведут к новому этапу эволюции ноосферы, когда совершится ее вхождение в мир Божественного совершенства. Эту фазу эволюции де Шарден назвал «точкой Омега».

В. И. Вернадский придал несколько другой смысл этому понятию. Обсуждая роль человеческого разума как геологического фактора, в ряде работ он развил представление о ноосфере как о новом состоянии биосферы, в котором проходящие в ней процессы будут не только осмысливаться, но и управляться человеческим разумом. Он писал: «Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. Перед ним, перед его мыслью и трудом становится вопрос о перестройке биосферы в интересах свободного мыслящего человечества как единого целого. Это новое состояние биосферы, к которому мы, не замечая этого, приближаемся, и есть ноосфера» [1].

В. И. Вернадский в своей статье «Несколько слов о ноосфере» писал: «Ноосфера — последнее из многих состояний эволюции биосферы в геологической истории — состояние наших дней. Сейчас мы переживаем новое геологическое эволюционное изменение биосферы. Мы входим в ноосферу. Мы вступаем в нее — в новый стихийный геологический процесс...» [1].

В настоящее время существует биологическое и философское толкование понятия ноосферы.

В философии **ноосфера** понимается как сфера разума, создаваемая ростом науки и социальным трудом.

С точки зрения экологии **ноосфера** — новое состояние биосферы, когда разумная деятельность человека становится главным фактором, определяющим ее существование и дальнейшее развитие.

Ни в коем случае нельзя считать ноосферу особой оболочкой Земли и отделять это понятие от понятия «биосфера».

В ученом мире сохраняются две точки зрения на современное состояние биосферы в аспекте ее эволюции и возникновение ноосферы как нового состояния биосферы. Часть ученых считает, что сам факт сильного влияния разумной деятельности человека на биосферные процессы позволяет говорить о том, что биосфера уже перешла в состояние ноосферы.

Вторая точка зрения, являющаяся результатом последовательного развития концепции В. И. Вернадского, указывает на то, что биосфера в своей эволюции только подходит к стадии ноосферы, но никак не стала таковой. В настоящий момент непродуманная деятельность человека поставила биосферу на грань глобального кризиса и более того — гибели. Сегодня, к сожалению, человеческий разум играет главным образом деструктивную роль в биосферных процессах. В лучшем случае можно говорить о стадии технобиосферы как о стадии ноогенеза, т. е. о зарождении ноосферы, но еще не о существовании ее. Ведь не выполнено главное условие перерождения биосферы в ноосферу — рациональное использование природных ресурсов, что обеспечит будущее биосферы.

Нельзя забывать и об этимологии термина «ноосфера». В переводе с греческого «ноос» означает «высший, божественный разум», а слово «рацио» — «земной, человеческий разум». Когда человеческий разум взойдет на более высокую ступень своего развития, чему будет предшествовать рациональное (разумное) отношение к биосфере и всей планете, только тогда можно будет говорить о переходе биосферы в ноосферу и возможности разумного управления биосферными процессами.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение биосферы.
2. Кто является автором термина «биосфера»?
3. Кто является автором учения о биосфере?
4. Что входит в состав биосферы?
5. Каковы границы биосферы?
6. Что является основными средами жизни в биосфере?

7. Дайте краткую характеристику основных сред жизни в биосфере и их типичных обитателей.

8. Чем обусловлена возможность и необходимость организмов обитать в нескольких средах жизни?

9. Что такое живое вещество?

10. В чем отличие живого вещества от живого существа?

11. Каковы функции живого вещества?

12. Дайте определение и нарисуйте схему геологического круговорота веществ в биосфере.

13. Что такое биологический круговорот в биосфере? Из чего он состоит?

14. Нарисуйте схему круговорота углерода в биосфере.

15. Нарисуйте схему круговорота азота в биосфере.

16. Каковы этапы эволюции биосферы?

17. Когда возникла техносфера? Какова ее роль в жизни человека и биосферы?

18. Дайте определение ноосферы.

19. В чем отличие толкования понятия «ноосфера» В. И. Вернадского и де Шардена?

20. Что является условием перехода биосферы в состояние ноосферы?

Раздел 6

ЧЕЛОВЕК И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

6.1 Воздействие антрополических факторов на природу

6.1.1 Воздействие промышленности на природу и здоровье человека

Негативное воздействие промышленности (включая энергетику) на природу заключается в трансформации природных ландшафтов и загрязнении окружающей среды.

Трансформация природных ландшафтов является серьезной проблемой, нарушающей стабильность как отдельных природных комплексов, так и всей биосферы. Этот процесс проявляется в:

- уничтожении естественных экосистем в результате техно-сферного преобразования ландшафта;
- трансформации природных экосистем под воздействием промышленных производств;
- нарушении рельефа и почвенного покрова.

Наибольший ущерб природе в этом направлении наносят горнодобывающие предприятия, работы на которых ведутся открытым способом. При открытой разработке большая часть угодий занята под карьеры, глубина которых может достигать 400—500 м. Значительное количество породы после выборки руды или других ископаемых идет в отвалы. Это негативно влияет на рельеф, уровень залегания грунтовых вод, почвенный покров, растительный и животный мир и даже климат.

В результате добычи полезных ископаемых происходят коренные изменения ландшафта, абиотических и биотических процессов, возникает новый техногенный рельеф. Это зачастую способствует сдвигу геологических пластов, что вызывает локальные землетрясения, провалы земли, изменение русел рек, снижение уровня грунтовых вод и пр. Геологические изменения отрицательно сказываются на естественной среде, вызывая перестройку структуры

сообществ организмов, способствуют резкому снижению биоразнообразия региона. Интенсивная деятельность по добыче полезных ископаемых может привести к снижению продуктивности близлежащих сельскохозяйственных и лесных угодий, а иногда и к гибели лесных и водных экосистем. Подобная ситуация наблюдается в районах добычи полезных ископаемых в Андах, на Урале, в Южной Африке и других регионах Земли. В нашей стране вызывает опасения состояние природных комплексов в районе г. Солигорска, где уже зафиксирована негативная тенденция обеднения фауны и флоры в результате добычи калийной соли.

Трансформация ландшафта — неотъемлемая составляющая строительства и работы гидроэлектростанций. Она включает в себя изменение русел рек, строительство водохранилищ, плотин для регулирования стока воды, в результате чего затопляется большое число наземных экосистем. Изменение гидрологического режима реки негативно сказывается на речной фауне и флоре, зачастую выше по течению от плотин уничтожаются места нереста рыб. Плотина является непреодолимым препятствием для идущих на нерест рыб, если не построены обходные каналы. Все это снижает продуктивность рыбных запасов региона. Подобные проблемы касаются строительства и эксплуатации ГЭС не только на крупных реках, предполагающих значительное изменение ландшафта. Неоднозначно как экологически безопасное можно оценить строительство ГЭС на малых реках.

Среди всех видов хозяйственной деятельности промышленность в наибольшей степени загрязняет окружающую среду. Главными источниками промышленного загрязнения являются предприятия:

- теплоэнергетики;
- тяжелой промышленности, в основном металлургические производства;
- химической промышленности;
- нефтеперерабатывающей промышленности;
- добывающей промышленности, в основном горнодобывающей и нефтедобывающей.

К основным веществам-загрязнителям промышленного происхождения относятся:

- оксиды углерода как продукты сжигания углеродного топлива;

- оксиды азота и серы в качестве выбросов предприятий химической промышленности и теплоэнергетики;
- соединения тяжелых металлов (ртути, кадмия, мышьяка и др.) в качестве выбросов предприятий энергетики, тяжелой, химической промышленности;
- радиоактивные вещества в качестве выбросов предприятий теплоэнергетики, атомной энергетики, тяжелой и химической промышленности;
- нефтепродукты в качестве выбросов предприятий теплоэнергетики, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности;
- синтетические моющие средства;
- твердые синтетические полимерные материалы (пластмассы) как отходы химической промышленности;
- фтористые и хлористые соединения в качестве выбросов предприятий химической промышленности;
- промышленная пыль;
- сажа.

В числе основных источников загрязнения атмосферы выступают предприятия энергетики. Лидирующие позиции здесь занимают предприятия теплоэнергетики, на которых ежегодно сжигаются различные виды углеродного топлива (нефти, газа, угля и т. д.). Производство электрической и тепловой энергии сопряжено с выбросами таких серьезных загрязнителей, как оксидов углерода, азота и серы. Выброс в атмосферу CO_2 в результате сжигания на предприятиях углеродного топлива способствует образованию парникового слоя (см. разд. 7 Экологические проблемы современности). Так, на ТЭС мощностью 1 000 МВт при сжигании мазута в год образуется 11 700 т оксида азота, а при использовании в качестве топлива угля — 20 880 т [21]. При сжигании на теплоэлектростанции 5 000 т угля в атмосферу выбрасывается до 5 т золы и более 3 т SO_2 , из которого при благоприятных условиях в атмосфере может образоваться до 5 т серной кислоты. В результате деятельности предприятий теплоэнергетики в окружающую среду попадают соединения тяжелых металлов, фтора, нефтепродукты, сажа и другие виды загрязнителей.

Сжигание твердого углеродного топлива сопровождается повышением радиационного фона, так как при сгорании, например, каменного угля, в атмосферу выбрасываются радиоактивные веще-

ства, которые затем попадают в водные и наземные экосистемы. Потенциальную угрозу окружающей среде представляют атомные электростанции, на которых даже при исключении утечки радиоактивных веществ сохраняется проблема хранения и утилизации радиоактивных отходов.

С работой теплоэлектростанций связано и тепловое загрязнение окружающей среды. Особенно страдают от него водные экосистемы. Круглогодичный сброс теплых вод ведет к нарушению теплового баланса водного объекта, изменению видовой структуры биоценоза, нарушению экосистемных процессов. Примером такого негативного изменения является озеро Белое в Брестской области, которое, по сути, превращено в водоем-отстойник, куда сбрасываются воды с теплоэлектростанции. Озеро по своим гидрологическим показателям приближается к тропическим водоемам, что не может не сказаться на состоянии живой составляющей экосистемы.

Металлургические предприятия входят в число основных загрязнителей окружающей среды. При работе в доменной печи выделяются оксиды углерода, азота и серы, соединения свинца, сурьмы, мышьяка, фосфора, пары ртути, цианистый водород и различные смолы. Высокое содержание в воздухе оксидов серы и азота является причиной выпадения кислотных дождей, приводящих к серьезным нарушениям экологической обстановки в биосфере, особенно страдают от них лесные и водные экосистемы. Так, при выплавке 1 т чугуна в воздух выбрасывается около 3 кг сернистого газа, 0,1—0,6 кг марганца. При агломерационных процессах в воздух попадает пыль, сернистый газ и оксиды углерода. В результате переработки сульфидных руд, содержащих до 10% серы, в атмосферу может выбрасываться до 190 кг сернистого газа на 1 т переработанной руды. В пыли содержатся соединения железа, марганца, кальция, магния, алюминия, титана, ванадия и др. Предприятия цветной металлургии также являются поставщиками твердых частиц, сернистого ангидрида и соединений мышьяка. При использовании несовершенных технологий для получения 1 т алюминия расходуется от 38 до 47 кг фтора, а в атмосферу, в зависимости от мощности электролиза, выбрасывается значительное количество фтора (до 65%).

Все предприятия металлургии являются водоемкими, поэтому потребляют огромное количество воды, которую возвращают в природу не всегда в чистом виде. Отработанная вода металлургии-

ческих производств содержит соединения тяжелых металлов, радиоактивные вещества, целый ряд токсичных соединений (никеля, меди, мышьяка, фтора, цианиды), которые вызывают не только гибель животных, растений и других организмов, но и создают реальную угрозу здоровью человека.

Предприятия химической промышленности выступают в роли поставщиков в окружающую среду оксидов углерода, азота и серы, сернистого ангидрида, аммиака, сероводорода, сероуглерода, соединений тяжелых металлов, синтетических органических веществ (хлорированные алифатические углеводороды, ацетон, смолы и т. д.), промышленной пыли. Влияние химической промышленности на окружающую природу отличается не только значительными масштабами загрязнения, в том числе и токсичными веществами, в процессе производства образуются новые синтетические вещества, не участвующие в круговороте веществ в биосфере.

В результате выбросов продуктов сгорания пластификаторов и других пластмасс образуются стойкие токсичные кислоты. Много вредных веществ выбрасывается в атмосферу при производстве серной и фосфорной кислот, суперфосфата, аммофоса и др. Так, при производстве фосфорной кислоты в газовую фазу переходит 60% фтора (фтор выделяется и при производстве суперфосфата). Соединения фтора являются сильным ядом для всего живого и особенно для растений. В отличие от сернистого газа фтор обладает кумулятивным действием, т. е. способен накапливаться в организме в течение длительного времени [15].

Перед человечеством стоит проблема хранения и утилизации твердых промышленных отходов (пластмасс, металлических порошков, формовочного грунта, содержащего радиоактивные и токсичные вещества и т. п.). Только в Беларуси под объекты с промышленными отходами занято более 2 000 га земель. В Европе суммарная масса промышленных и бытовых отходов приближается к 15 млрд т.

В результате нарушений технологии и экологических требований предприятия нефтеперерабатывающей промышленности также могут наносить значительный вред природе. Так, при производстве искусственного каучука в окружающую среду могут попадать ацетон, который является канцерогеном, стирол, дивинил, толуол, изопрен и другие далеко не безопасные вещества. Серьезной проблемой

остается утечка с подобных производств нефтепродуктов в прилегающие экосистемы. Суммарный результат выбросов на нефтепромыслах, переработке и транспортировке дает в год 1 г нефтепродуктов на каждые 100 м² поверхности вод.

Разрушительное воздействие на природу оказывает добывающая промышленность, которая не только способствует трансформации ландшафта, но поставляет в окружающую среду промышленную пыль, содержащую различные токсичные вещества, включая соединения марганца, мышьяка и др. Ежегодно в атмосферу в результате горных разработок поднимается более 200 000 т пыли. Мировая добыча угля сопровождается ежегодным выбросом 27 млрд м³ метана и 17 млрд м³ углекислого газа, что вносит значительную долю в накопление парниковых газов. Все это приводит к изменению химического состава воды и почвы, что негативно сказывается на жизнедеятельности природных сообществ, в частности на процессе круговорота веществ.

Сильно загрязняют окружающую среду предприятия строительной индустрии (производство цемента, бетона, асбеста, стекла, деревообрабатывающие комбинаты и др.) Промышленная пыль не только содержит вредные для организмов вещества, но при больших количествах вызывает нарушение процесса фотосинтеза у растений, процессов дыхания у животных и человека, повреждая слизистую оболочку дыхательных путей, провоцирует аллергические реакции.

Значительное количество вредных веществ поступает от предприятий целлюлозно-бумажной промышленности (производство целлюлозы, уксусной кислоты, этилацетата, бутилацетата и др.). Так, при выпуске 1 т целлюлозы в окружающую среду попадает до 19,6 кг серы и 38 кг щелочи [15].

Печально известный Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат до недавнего времени (до принятия решения об использовании на нем замкнутых циклов использования воды) ежедневно сбрасывал в воды Байкала около 30 т серной и 60 т соляной кислоты, что приводило к гибели ракообразных, рыб, байкальских нерп и других представителей уникальной фауны озера.

Позитивное воздействие промышленности проявляется только по отношению к отдельным видам и заключается в увеличении численности ряда синантропных видов, приуроченных к предприятиям пищевой (крысы, врановые птицы, тараканы и т. д.), дерево-

обрабатывающей (жуки-усачи, точильщики и др.), легкой (жуки-кожееды, моли и др.) промышленности. Однако положительного воздействия промышленности на отдельные экосистемы и биосферу в целом не существует!

6.1.2 Сельское хозяйство и окружающая среда

Сельское хозяйство, являясь одним из основных видов хозяйственной деятельности человека, возникло еще в период неолита. Его история насчитывает не один десяток тысяч лет. Сельскохозяйственное воздействие на природу достигло значительных масштабов. Его влияние нельзя оценивать как исключительно отрицательное, хотя негативные последствия сельскохозяйственной деятельности значительно превалируют над позитивными.

Негативное воздействие сельского хозяйства на окружающую среду заключается в трансформации природных ландшафтов и загрязнении окружающей среды.

Трансформация природных ландшафтов осуществляется в нескольких направлениях:

- уничтожение естественных экосистем в результате вырубki лесов, распашки лугов, осушения болот под сельскохозяйственные угодья;
- создание антропогенных (искусственных) экосистем — агроэкосистем (экосистем полей, огородов, садов и т. д.);
- трансформация природных экосистем под воздействием выпаса скота, заготовки кормов и т. д.;
- нарушение почвенного покрова, водная и ветровая эрозия.

Разработка новых сельскохозяйственных угодий уже привела к серьезным последствиям в разных регионах Земли. Так, в Китае на сегодняшний день лишь 5% территории занято лесами, а изначально площадь лесов составляла около 90%. На Ближнем Востоке нерегулируемый выпас скота привел к деградации почвенного покрова, гибели лесов и опустыниванию.

Нерациональное земледелие ведет к снижению продуктивности земель. Ежегодно, по данным ЮНЕП, в мире теряется от 5 до 7 млн га плодородных почв. За последние 100 лет эрозии подверглось 480 млн га (27% общей площади обрабатываемых земель). На Мадагаскаре после уничтожения лесов под сельскохозяйственные угодья и с це-

лью заготовки древесины более половины территории подвержено эрозии. Значительные площади земель потеряны для сельскохозяйственного использования в Аргентине, Чили, Бразилии, странах Центральной и Южной Америки, Азии и Африки. В Китае эрозии подвержено около 150 млн га земель, в США — около 120 млн га, во Франции — более 4,5 млн га. За последние 200 лет только в США в категорию бросовых перешла 1/3 всех пахотных земель.

На территории Беларуси водной и ветровой эрозии в разной степени подвержено около 38% всей площади земель. Наибольший удельный вес земель, подверженных водной эрозии, приходится на Витебскую область — 7% от общей площади сельскохозяйственных земель области, наименьший — на Брестскую и Гомельскую области (2,2 и 0,8% соответственно). В Могилевской, Минской и Гродненской областях данный показатель составляет соответственно 6,2, 5,5 и 5,0%.

Удельный вес подверженных ветровой эрозии земель в общей площади сельскохозяйственных земель Беларуси составляет для Гродненской области — 1,7%, Гомельской — 1,6%, Минской — 1,1%. Для Брестской, Витебской и Могилевской областей данный показатель не достигает 1% [19].

Всего же за время своего существования человечество потеряло 2 млрд га плодородных земель.

При ускоренной эрозии плодородный слой гумуса толщиной 20 см, (образуется в течение 5—7 тысяч лет) не защищенный растительным покровом после уборки урожая, может быть разрушен одной пыльной бурей или ливнем за несколько часов. Такое нередко случается на сельскохозяйственных землях в Европе, Азии и Африке, особенно на осушенных торфяниках, в лесостепи и степи. В Беларуси ежегодно в результате смыва с полей и выветривания теряется до 180 кг гумуса на каждом гектаре.

В результате распашки и использования земель под поля, огороды, пастбища и сады происходит замена естественных сообществ искусственными с преобладанием одного или нескольких культурных видов растений и сопутствующих им сорных видов.

Вместе с этим на аграрных территориях в массовом количестве появляются вредители сельского хозяйства (млекопитающие, насекомые). Из-за нарушения процесса саморегуляции, в противоположность естественным сообществам, происходит обеднение фауны агро-

экосистем с доминированием видов-вредителей. Это связано с тем, что множество животных, в том числе и полезных (хищных млекопитающих, птиц и членистоногих, насекомых-паразитов), погибает при распашке земель, уборке урожая, химической обработке.

Ежегодно с биомассой убираемых растений из агроэкосистем удаляется значительное количество питательных веществ, что приводит к снижению естественного плодородия почвы и нарушению круговорота веществ.

Неграмотное ведение сельскохозяйственной деятельности, несоблюдение севооборотов, использование экологически опасных технологий обработки почвы приводит к возникновению эрозии почв, потере их плодородного слоя.

Отрицательное влияние на почвенное плодородие оказывает и сельскохозяйственная техника. При уплотнении почвы нарушается ее структура, резко ухудшаются водно-воздушные условия. Норма давления на почву — $1 \text{ кг} / \text{см}^2$, если же этот показатель составляет $3\text{—}5 \text{ кг} / \text{см}^2$, урожайность снижается на 30% [15].

Сельское хозяйство оказывает значительное влияние и на болотные экосистемы. Многие из них преобразованы в агроценозы и включены в сельскохозяйственный оборот. Общая площадь осушенных сельскохозяйственных угодий в мире составляет свыше 135 млн га. Наибольшие площади таких земель находятся в США — 60 млн га, в ряде европейских стран: Великобритании, Венгрии, Польше, Германии, России и Беларуси. Болота имеют большое гидрологическое, климатологическое и экологическое значение для биосферы. Они являются резерватами биоразнообразия, многие из них рассматриваются как уникальные составляющие в структуре биосферы. Данные экосистемы выступают своеобразными резервуарами пресной воды, разлагающегося органического вещества, поддерживают уровень залегания грунтовых вод на прилегающих ландшафтах.

Непродуманная мелиорация (осушение), нарушения технологий мелиорирования, технические ошибки при эксплуатации осушенных земель часто вызывают самые разные отрицательные экологические последствия:

- снижение уровня залегания грунтовых вод и как следствие этого обмеление и высыхание сопредельных водных объектов;
- снижение продуктивности сельскохозяйственных и лесных угодий;
- усыхание лесов;
- ускоренное разрушение слоя торфа;

- интенсивные эрозионные процессы;
- снижение биоразнообразия целых регионов и т. д.

Орошение засушливых территорий наряду с положительным может оказывать и серьезное отрицательное воздействие. Орошаемое земледелие распространено больше чем в 100 странах мира и занимает 225—250 млн га земель (более 17% пахотных земель). Наибольшее количество таких земель находится в Китае — 49 млн га, в Индии — 40 млн га, в США — 21 млн га.

При продолжительном и избыточном орошении земель может наблюдаться засоление и заболачивание почв. Происходит соединение поливной воды с соленосным слоем, что приводит к образованию на поверхности почвы соляной корки. Подобное явление наблюдается и в случае полива водами, имеющими высокое содержание минеральных веществ.

В последнее время заболачивание и засоление орошаемых земель имеют место во всех странах Ближнего Востока, Средней Азии, а также в Австралии, США, Аргентине и Индии. Эти процессы негативно отражаются не только на состоянии вод и почвы, они сильно влияют на фауну и флору. В результате происходит смена типичных зоо- и фитоценозов, снижается биоразнообразие, гибнут уникальные экосистемы.

Животноводство также оказывает сильное воздействие на природные ландшафты. поголовье только мелкого и крупного рогатого скота к концу прошлого века достигло более двух с половиной миллионов голов.

Нерегулируемый выпас скота приводит к эрозии почвы, особенно на горных склонах, возвышенностях, где выпадает значительное количество осадков.

Иногда вследствие выпаса домашних животных происходят коренные изменения растительности. Особенно это заметно в степных районах, например в Европе, где в результате постоянного воздействия крупного и мелкого рогатого скота изменилась структура луговых и степных биоценозов. Подобные изменения происходят из-за регулярного поедания скотом надземных органов травянистых растений, нарушения корневой системы злаковых, изменения химического состава почвы благодаря продуктам жизнедеятельности (экскременты, моча). Уплотнение почвы и сильное выедание и выбивание растительности при больших пастбищных нагрузках вызывают изменение влажности почвы и характера стока, усиливают эрозию. В таких случаях наблюдается деградация не только растительного

покрова, это влечет за собой и резкое сокращение видового состава животных. Подобная ситуация имеет место на некоторых пойменных лугах реки Припять в окрестностях г. Туров.

Избирательность поедания кормов стимулирует увеличение относительного обилия в фитоценозах несъедобны ядовитых и колючих растений.

При перевыпасе в песчаных пустынях пески приходят в движение, в результате чего гибнут экосистемы оазисов и небольших пустынных водоемов. Так, в Северной Африке опустыниванию подвержено 65 млн га пастбищ.

В некоторых районах высокая концентрация домашних животных содействует поддержанию очаговых инфекций (например, сонной болезни в Африке, энцефалита в Сибири).

Серьезной проблемой выступает загрязнение окружающей среды в результате сельскохозяйственной деятельности.

Основными источниками сельскохозяйственного загрязнения среды выступают:

- животноводческие хозяйства;
- земледельческие (полеводческие) хозяйства;
- хранилища ядохимикатов и минеральных удобрений;
- сельскохозяйственная техника.

К основным веществам-загрязнителям относятся:

- стоки животноводческих ферм (жижа);
- аммиак (присутствует в стоках ферм, входит в состав удобрений);
- минеральные удобрения (азотсодержащие, в том числе нитраты, фосфатные, калийные, из которых особо опасны хлорсодержащие);
- ядохимикаты (долгоживущие, например ДДТ);
- нефтепродукты.

Благодаря крупным животноводческим хозяйствам существует постоянный прессинг на окружающую среду, который проявляется в первую очередь в загрязнении всех сред жизни. Наибольшую опасность представляют крупные свинокомплексы, а также комплексы по разведению крупного рогатого скота. Свиноводческий комплекс мощностью 54 000 голов ежедневно выбрасывает в атмосферу 578 кг аммиака, 3,1 кг сероводорода, 8 кг меркаптанов, 96 кг углекислого газа, 167 кг пыли и огромное количество микроорганизмов, являясь еще и источником биологического загрязнения среды.

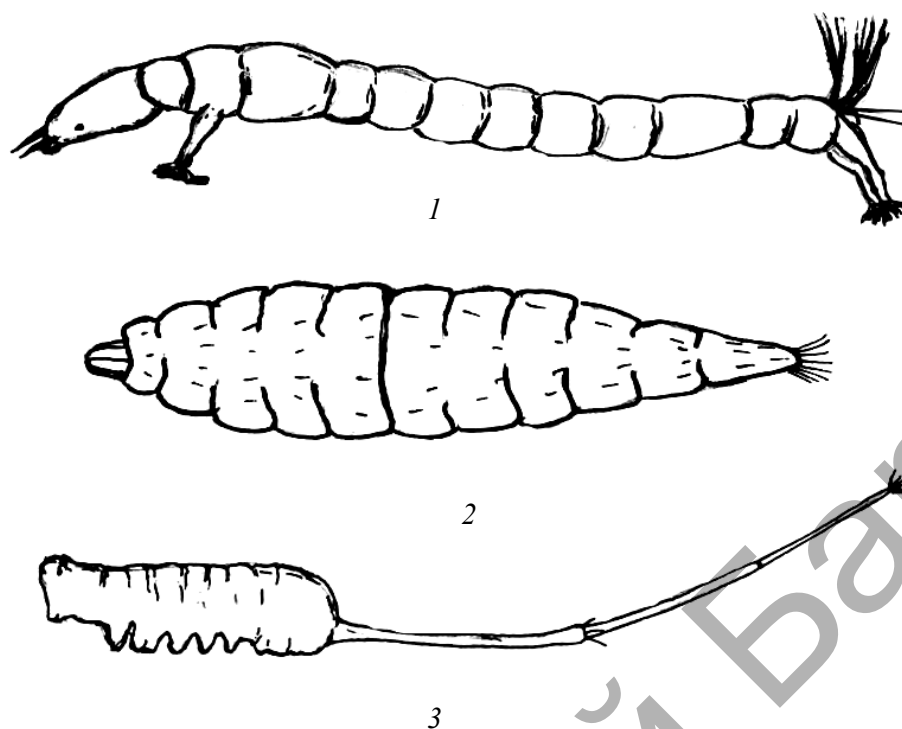
Основными источниками поступления в атмосферу загрязнителей являются животноводческие помещения, хранилища и сооружения по обработке бесподстилочного навоза. Отходы крупных животноводческих комплексов часто хранятся под открытым небом, постоянно поставляя в природные экосистемы в огромных количествах различные загрязнители. Например, от животноводческого комплекса на 50 000 голов в окружающую среду поступает такое же количество фосфора, как и от города с десятитысячным населением [15].

В местах размещения животноводческих комплексов происходит загрязнение почвы, поверхностных и подземных вод, атмосферы (в результате испарения стоков ферм), создаются неблагоприятные санитарно-гигиенические условия для жизни людей. Загрязнение вызывает гибель отдельных видов организмов, изменяя видовую структуру зооценозов. Так, по нашим наблюдениям, в местах попадания в каналы и малые реки стоков животноводческих ферм было отмечено сокращение числа видов водных жуков (*Laccobius*, *Haliphus* и др.) и водных клопов (*Corixidae*), практически полностью исчезли личинки стрекоз (*Aeshna*, *Lestes*) (см. рис. 4.1.10) и поденок (*Ephemeroptera*), кроме наиболее пластичных видов поденок (*Caenis*). В тоже время увеличилось количество червя трубочника обыкновенного (*Tubifex tubifex*), личинок комаров-звонцов (*Chironomus*), появились личинки мух журчалок-пчеловидок (*Eristalis sp.*) и львинок (*Stratiomyia sp.*) (рис. 6.1.1), некоторых видов водных жуков (например, *Hydrobius*) — индикаторов органического загрязнения.

Сброс животноводческих стоков стимулирует интенсивный рост макрофитов, приводит к зарастанию водного объекта и заилению дна, что может вызвать обмеление экосистемы.

В сельском хозяйстве широко применяются минеральные удобрения и пестициды, особенно это касается процессов выращивания зерно-бобовых и овощных культур. Минеральные удобрения вызывают загрязнение почвы не только макроэлементами, такими как азот, фосфор, но и микроэлементами. Так, чрезмерное применение фосфорных удобрений приводит к загрязнению почвы и воды мышьяком, кадмием, хромом и другими элементами.

Избыточное количество вносимых нитратов и фосфатов, помимо загрязнения воды и почвы, ухудшает качество продуктов питания, что оказывает отрицательное влияние на состояние здоровья человека. Конечно, нельзя воспринимать нитраты как сугубо ядовитые и опасные вещества. Этот вид химических соединений



1 — комар-звонец; 2 — львинка; 3 — журчалка-пчеловидка

Рисунок 6.1.1 — Личинки двукрылых – индикаторов органического загрязнения воды

содержится в каждом растении. Ведь азотсодержащие вещества, к которым они относятся, необходимы для роста растений, для увеличения биомассы растительных организмов. Однако их избыток, как и любого другого вещества, негативно сказывается на здоровье.

Увеличение содержания нитратов в окружающей среде в результате внесения удобрений приводит к нарушению процессов нитрификации и денитрификации, что вызывает нарушение круговорота азота. Попадание минеральных удобрений в воду провоцирует массовое размножение цианобактерий (цветение воды), что часто приводит к массовым заморам рыбы, которая гибнет от отравления продуктами жизнедеятельности этих микроорганизмов и от недостатка кислорода, поскольку цианобактерии, покрывая жабры, препятствуют доступу растворенного в воде кислорода.

Изменение химического состава почвы негативно отражается на фауне почвенных организмов. При загрязнении минеральными

удобрениями почвы наблюдается гибель насекомых, дождевых червей, изменяется состав микрофлоры, что нарушает процессы образования почвы.

Особенно опасны порошковые удобрения, так как они легко вымываются из почвы. В результате этого культурные растения не успевают получить необходимые вещества и человек вынужден для повышения урожайности повторно вносить дополнительные дозы удобрений.

Гранулированные удобрения, а также в виде крупных кристаллов в этом отношении более удобны, так как растворяются постепенно, хотя и они небезопасны для природы. В Европе около 40% птиц, погибающих по вине человека, получают отравления такими удобрениями. Они принимают яркие голубые, красные, белые гранулы за семена и ягоды и поедают их.

Даже небольшое количество аммиака, попадая в воду, вызывает гибель рыб, ракообразных, многих видов насекомых.

Эффективным средством борьбы с вредителями и сорняками с прошлого века являются ядохимикаты (пестициды).

Пестициды — это химические или биологические препараты, используемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорными растениями, вредителями хранящейся сельскохозяйственной продукции, бытовыми вредителями и внешними паразитами животных, а также для регулирования роста, предуборочного подсушивания растений и удаления листьев.

Основная масса пестицидов — это синтезированные вещества. По химической структуре различают следующие виды пестицидов:

- хлорорганические;
- фосфорорганические;
- ртутьорганические;
- мышьяксодержащие;
- производные мочевины;
- цианистые соединения;
- производные карбаминовой, тио- и дитиокарбаминовой кислот;
- препараты меди;
- производные фенола;
- производные серы и ее соединений.

Среди них выделяют нематоциды (для борьбы с нематодами), инсектициды (для борьбы с насекомыми), лимакиды (для борьбы с

моллюсками), родентициды (для борьбы с грызунами), бактерициды (для борьбы с бактериями), фунгициды (для борьбы с фитопатогенными грибами), гербициды (для борьбы с сорняками) и др.

Ежегодно в мире производится около 5 млн т ядохимикатов. Из них более 110 000 т пестицидов попадает в водную среду, представляя реальную угрозу жизни водным организмам и человеку.

В последние пять лет в Беларуси отмечается неуклонная тенденция к увеличению количества используемых пестицидов. Так, с 2002 по 2006 гг. применение пестицидов возросло с 4 300 т до 10 500 т (в 2,4 раза). Соответственно, возрастает и влияние на естественные природные экосистемы.

Большинство пестицидов вызывают гибель и полезных, и вредных видов. Гибели диких животных и растений, не относящихся к категории культурных, способствует использование ядохимикатов и минеральных удобрений. Данный процесс стимулирует обеднение структуры биоценозов и снижение их значимости для стабильности и эволюции биосферы.

Самым известным пестицидом является ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан). В 1948 г. швейцарский химик П. Мюллер получил Нобелевскую премию за исследование влияния токсических свойств ДДТ на насекомых. Этот препарат широко применялся во всем мире. Несмотря на его высокую эффективность, некоторые виды вредителей оказались невосприимчивыми к воздействию этого препарата. Устойчивость к ДДТ была обнаружена больше чем у 120 видов членистоногих.

Спустя 30 лет после начала применения этого ядохимиката его запретили сначала в Швейцарии, а потом и во всем мире. Это вещество оказалось канцерогеном. За этот небольшой срок использования в разных уголках Земли было рассеяно около 1,5 млн т ДДТ. Он был обнаружен в организмах пингвинов в Антарктиде и белых медведей в Арктике, куда попал с током воды и в результате миграции по пищевым цепям. В Америке и Европе от отравления этим препаратом гибли птицы, рыбы, не говоря уже о беспозвоночных. В результате действия ДДТ у птиц нарушался процесс размножения (угасал инстинкт размножения), не образовывалась скорлупа яиц, наблюдалась гибель зародышей в яйце. Этот устойчивый препарат (период его полураспада в воде составляет 10 лет) запрещен к применению, но его отрицательное воздействие продолжается, в том числе и на территории нашей страны.

Так, при проведении фоновой мониторинга почв остаточные количества ДДТ были зафиксированы в почвенных образцах на территории Брестской, Гомельской и Минской областей (табл. 6.1.1). Максимальные количества ДДТ, в 1,8 раза превышающие средние для страны значения, выявлены в почвах Гомельской области [19].

Большую опасность для живых организмов, в том числе и человека, представляют ртутьсодержащие ядохимикаты, которые применяются для обработки семян вместе с хлорорганическими соединениями. Эти токсичные вещества в первую очередь оказывают губительное действие на птиц.

Многие из ядохимикатов не только токсичны, но являются канцерогенами и мутагенами — веществами, вызывающими мутации в организме растений, животных и человека.

По данным на конец прошлого века сельское хозяйство поставляло в природу огромное число мутагенов, уступая по этому показателю только промышленности. 21% всех мутагенов, попадающих в организм человека, имеет сельскохозяйственное происхождение [17].

При сельскохозяйственных работах в почву и воду попадают нефтепродукты. Подобное загрязнение не носит массового характера, но эти токсичные соединения также вызывают гибель микрофлоры и почвенных беспозвоночных.

Позитивное воздействие сельского хозяйства на окружающую среду заключается в создании резерватов сохранения биоразнообразия в антропогенном ландшафте, например лесозащитных полос для защиты полей от эрозии почвы. В данных искусственных экосистемах концентрируются птицы, насекомые и другие организмы.

Т а б л и ц а 6.1.1 — Средневзвешенное содержание ДДТ в почвах на сети станций фоновой мониторинга в 2006 г.

Область	Количество проб	ДДТ, мг / кг
Брестская	4	0,01501
Витебская	4	0,0
Могилевская	22	0,0
Гомельская	13	0,02138
Минская	9	0,00350
Всего по Беларуси	52	0,01168

Сельскохозяйственная деятельность может способствовать увеличению численности отдельных видов организмов. Например, осушение болот в Беларуси и использование их в качестве территорий для сельскохозяйственной деятельности (выращивание сельскохозяйственных культур, выпас скота и т. д.) содействовало росту популяции белого аиста.

Расширение посевных площадей способствует увеличению численности вредителей, сорных растений и синантропных видов.

6.1.3 Воздействие транспорта на окружающую среду

Транспорт выступает существенным фактором воздействия на окружающую среду. В результате его негативного воздействия происходит трансформация природных ландшафтов, загрязнение окружающей среды и необоснованное расселение организмов.

Изъятие значительных площадей под строительство транспортных объектов является обязательным условием развития транспортной сети. Наблюдается значительная трансформация природных ландшафтов, уничтожение и нарушение структуры естественных экосистем в результате создания транспортных коммуникаций. В их число входят автомобильные и железные дороги, линии метро, трубопроводы, авто- и железнодорожные вокзалы и станции, аэропорты, воднотранспортные каналы и порты и т. д.

Особенно быстро во всем мире развивается автомобильный транспорт. Рост числа автомобилей влечет за собой расширение сети автодорог. В некоторых странах, например в США, количество автомобилей увеличивается в два раза быстрее, чем численность населения.

За период с 1997 по 2006 гг. общее количество автомобилей в Беларуси увеличилось с 1 502 900 единиц до 2 405 800 (на 60,1%). И если в 1997 г. на одну тысячу населения приходилось 148 автомобилей, в том числе 110 личных, то в 2006 г. — 246 автомобилей, (из них 207 личных) [19]. На начало 2007 г. в стране сеть автомобильных дорог общего пользования составила 83 600 км.

Автомобильные, железнодорожные коммуникации, транспортные сооружения способствуют деградации прилегающих экоси-

стем, являясь причиной беспокойства животных, особенно в сезон размножения. Общеизвестно негативное влияние транспорта на качественный и количественный состав животного мира.

Огромное число самых разных видов животных гибнет под колесами автомобилей, поездов, под винтами кораблей, при столкновении с самолетами. В Западной Германии ежегодно на дорогах погибает около 200 000 фазанов, 40 000 куропаток, 120 000 зайцев, 80 000 косуль, 3 000 оленей. В США количество погибших на дорогах животных превышает 300 млн в год. Особенно опасна эта тенденция во время сезонных миграций животных. На дорогах в период весенней миграции к местам икрометания может погибать до 30% жаб и лягушек.

Под колеса автомобилей попадают не только позвоночные, но и беспозвоночные. В Беларуси на 1 км дороги с незначительным транспортным потоком ежедневно гибнет до 100 бабочек, до 20 стрекоз, десятки шмелей и других насекомых [21].

Значительную трансформацию водных и прибрежных экосистем вызывает речной транспорт. Использование судов без учета их тоннажности и скорости прохождения по рекам приводит к возникновению интенсивного волнения, что влечет размыв и нарушение береговой линии, вынос береговых осадочных пород в русло и постепенное обмеление реки.

Серьезной проблемой выступает транспортное загрязнение окружающей среды. К основным веществам-загрязнителям транспортного происхождения относят:

- соединения тяжелых металлов (свинец и др.) в качестве выбросов автомобильного транспорта;
- оксиды углерода (авиационный, автомобильный, железнодорожный транспорт);
- оксиды азота (авиатранспорт);
- сажа (автотранспорт);
- нефтепродукты (автомобильный, железнодорожный, транспорт, трубопровод).

Именно благодаря транспорту в атмосферу выбрасывается огромное количество оксидов углерода (угарный и углекислый газы). Последний, как известно, выступает основным парниковым газом на планете. В местах с интенсивным транспортным сообщением на

долю транспорта (в первую очередь автомобильного) приходится до 70% всех загрязнителей атмосферы.

Максимальное количество загрязняющих веществ выбрасывает автомобильный транспорт. На его долю приходится около 45% годового выброса в атмосферу оксидов азота и более 35% углеводородов, прежде всего метана.

Высокая концентрация в атмосфере выхлопных газов является причиной образования фотохимического смога — ядовитого тумана, который образуется из углеводородов и оксидов азота под действием солнечного света и тепла.

Серьезную опасность для человека представляет содержащийся в выхлопных газах бензопирен, который обладает канцерогенными свойствами.

Выделяющийся при сгорании дизельного топлива сернистый газ, реагируя с атмосферной водой, образует серную кислоту. В результате этого выпадают кислотные дожди, опасные не только для живых организмов, но также способные вызывать коррозию металлов, разъедать камень.

Одним из самых опасных веществ-загрязнителей, поставляемых в экосистемы автотранспортом, выступает свинец, образующийся при сгорании бензина, который содержит соединения этого металла для повышения октанового числа. При интенсивности движения автомобилей по дороге более чем 3 000 в сутки содержание свинца в придорожной полосе может превысить предельно допустимый уровень в 5—5,5 раз. Свинец и его соединения активно накапливаются в организмах растений и животных. Подобное превышение влечет за собой накопление этого тяжелого металла выше нормы в зерновых в 5—8 раз, в картофеле — в 6 раз, в капусте и моркови — в 4—7 раз. В результате этого в 1,5—2 раза замедляется рост растений.

Накопление свинца в травянистых растениях исключает возможность их использования в качестве кормов для сельскохозяйственных животных. Он негативно влияет на процесс размножения, нарушая или блокируя работу половой системы. Птицы, живущие в придорожной полосе, могут откладывать неоплодотворенные яйца, количество отложенных яиц в 1,5—2 раза меньше по сравнению с незагрязненными экосистемами.

Негативно воздействует свинец и на человека. Превышение содержания его в организме вызывает потерю аппетита, апатию, рво-

ту, обморок, умственную отсталость, нарушение работы нервной и половой систем, может даже привести к смерти.

Соединениями свинца загрязняется и воздух, и водная среда. Ежегодно от промышленных и транспортных источников загрязнения в воды Мирового океана попадает около 2,1 млн т свинца. Вместе с выхлопными газами и смазочными материалами в окружающую среду попадают другие тяжелые металлы и нефтепродукты. Источниками их поступления являются автомобильный, железнодорожный, воздушный и водный транспорт.

Транспорт способствует накоплению в атмосфере пыли и сажи (продукта неполного сжигания углеродного топлива). По сравнению с атмосферой над океаном, загрязненность воздуха над небольшим городом в 30—35 раз, а над крупным — в 50 раз больше [15]. В местах интенсивного транспортного потока ежемесячно выпадает несколько десятков тонн сажи на квадратный километр. Данный вид загрязнений снижает интенсивность проникновения солнечного света и замедляет скорость фотосинтеза у растений. В результате чего снижается производство первичного органического вещества в экосистемах, замедляется скорость круговорота веществ, что провоцирует негативные экологические ситуации (снижение численности некоторых видов организмов, нарушение структуры сообществ и т. д.).

Транспорт является и источником шумового загрязнения среды. Наибольшую опасность представляют реактивные воздушные суда. Кроме того, они поставляют в атмосферу и оксиды азота, которые разрушают озоновый слой.

Необоснованное расселение организмов при помощи различных транспортных средств часто влечет за собой серьезные экологические и даже экономические последствия.

Для отдельных видов это позитив, но для экосистем и биосферы в целом такое расселение имеет отрицательное значение, так как способствует нарушению видовой и экологической структуры биоценозов, возникновению конкуренции в экосистемах, способствует уничтожению аборигенных видов. Примеров тому немало. Именно благодаря транспортному сообщению между Северной Америкой и Европой на нашем континенте появился опасный вредитель — колорадский жук. До сих пор европейские государства тратят значительные финансовые средства на борьбу с этим вредителем картофеля.

На днищах судов из Тихого океана в Черное море был завезен хищный моллюск рапана (*Rapana bezoar*), который достаточно быстро уничтожил популяции устриц (*Ostrea*), тем самым разрушил целые биоценозы «устричных банок».

6.1.4 Рекреационное использование территорий и его воздействие на состояние окружающей среды

Рекреация — отдых населения вне стен помещений, на лоне природы.

Этому процессу в настоящее время уделяется много внимания, что само по себе не удивительно. Современный человек, испытывающий дефицит общения с природной естественной средой, стремится всеми возможными способами устранить его. Отдых на природе позволяет в довольно короткие сроки восстановить утраченные силы и получить заряд позитивной энергии для дальнейшей деятельности. Однако достаточно часто люди не задумываются о последствиях неорганизованного отдыха в природных экосистемах, в результате которого происходит загрязнение окружающей среды нефтепродуктами и бытовым мусором, повреждение почвенного покрова, нарушение видовой структуры сообществ и т. д. Но и в случае организованной рекреационной деятельности вокруг пансионатов, баз отдыха, санаториев зачастую наблюдается деградация экосистем, что сводит к минимуму эффект отдыха на природе по вине самого же человека, который не соблюдает элементарных правил поведения в природе. Угроза стабильности экосистемы возникает и при длительном пребывании большого числа отдыхающих.

Негативные последствия рекреационной деятельности наблюдаются обычно при чрезмерной нагрузке на экосистемы и заключаются в следующем:

- деградация почвенного покрова в результате вытаптывания, воздействия автомобильного транспорта, разжигания костров и т. д.;
- деградация фитоценозов, которая вызывается неконтролируемым сбором дикорастущих цветов, ягод, дров для костра и т. д.);
- нарушение функционирования зооценозов в силу нерегулируемой рыбной ловли, повышенного уровня шума и фактора беспокойства отдыхающими животными в сезон размножения, негативного действия домашних животных, в первую очередь кошек и собак,

привлечения сопутствующих человеку синантропных видов (врановых птиц, крыс) и т. д.;

- загрязнение экосистем бытовыми отходами;
- загрязнение воды и почвы нефтепродуктами, источниками которых является в основном автотранспорт;
- угроза пожаров.

Данные факторы могут способствовать снижению биологического разнообразия экосистем и привести к их деградации и даже гибели.

Позитивным направлением рекреационной деятельности выступает экотуризм.

Экологический туризм в современном представлении ассоциируется с отдыхом в рекреационно привлекательных регионах, мало нарушенных человеческой деятельностью, сохранивших традиционный уклад жизни местного населения [20].

Основная идея экологического туризма состоит, прежде всего, в проявлении заботы об окружающей среде, которую используют в туристских целях. Экотуризм подразумевает наличие определенных, довольно жестких правил поведения, соблюдение которых является принципиальным условием.

Для экотуризма в соответствии с *Декларацией Всемирного Совета по экотуризму* (Квебек, 2002) выделяют следующие принципы, которые отличают экологический туризм от более широкой концепции туризма в аспекте устойчивого развития:

- активное содействие сохранению природного и культурного наследия;
- направленность на индивидуальных путешественников и немногочисленные организованные туристские группы;
- необходимость организации туристических мероприятий в природной среде, где влияние человека незначительно;
- привлечение местных и коренных сообществ к планированию, развитию и осуществлению экотуристической деятельности, которая способствует повышению их благосостояния (местное население и окружающая среда должны получить выгоду от экотуристической деятельности);
- разъяснение туристам значения природного и культурного наследия посещаемых туристических центров. Необходимость ответственности посетителей за экологическую устойчивость территории и окружающей среды в целом благодаря выбору ими форм поездок, модели поведения и видов деятельности;

- высокий образовательный уровень без дополнительных вложений;
- сильное эмоциональное воздействие.

Экологический туризм, являясь действенным средством формирования экологической культуры, способствует региональному развитию, так как привлечение инвестиций в этот вид туризма позволяет решать и региональные экологические проблемы, например проблему сохранения уникальных природных комплексов и биоразнообразия региона.

Организуя и проводя экотуристические мероприятия, следует помнить об основном принципе экотуризма — содействии в сохранении природного и культурного наследия, основным компонентом которого выступает биоразнообразие.

Основным элементом экотуристических маршрутов на природной территории принято считать экологическую тропу.

Экологическая тропа — туристический маршрут незначительной протяженности, рассчитанный на прохождение за небольшой промежуток времени, на котором располагается ряд привлекательных туристических объектов, представляющих интерес с экологической, в меньшей степени историко-культурной точек зрения.

Наряду с решением задач обучения, воспитания и отдыха экотропы способствуют и охране природы. Они являются своего рода регуляторами потока отдыхающих, распределяя их в относительно безопасных для экосистемы направлениях. Более того, тропа обеспечивает возможность соблюдения природоохранного режима на определенной территории, так как облегчает контроль над выполнением установленных природоохранных правил.

Таким образом, воздействие человека на природу постоянно растет и носит в основном отрицательный характер. Негативные последствия проявляются во всех средах жизни в биосфере и генерируют все новые экологические проблемы разного уровня. Выходом из создавшейся ситуации является рациональное природопользование и охрана природы, которые базируются на современных научных достижениях экологии.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается негативное воздействие промышленности на природу?
2. В чем заключается трансформация природных ландшафтов промышленностью?
3. Какие предприятия относятся к основным источникам промышленного загрязнения окружающей среды?

4. Какие вещества-загрязнители выбрасываются промышленными предприятиями в окружающую среду?
5. В чем заключается негативное воздействие сельского хозяйства на природу?
6. В каких направлениях осуществляется сельскохозяйственная трансформация природных ландшафтов?
7. Каковы основные источники сельскохозяйственного загрязнения окружающей среды?
8. Каковы основные вещества-загрязнители сельскохозяйственного происхождения?
9. Есть ли примеры позитивного воздействия сельскохозяйственной деятельности на природу?
10. Каким образом живые организмы реагируют на сельскохозяйственное загрязнение окружающей среды?
11. В чем заключается негативное воздействие транспорта на окружающую среду?
12. Какие вещества-загрязнители транспортного происхождения вам известны?
13. Что такое рекреация?
14. В чем заключается негативное и позитивное воздействие рекреационной деятельности на природу?
15. В чем заключается роль экотуризма в деле охраны природы?

6.2 Рациональное использование и охрана природных ресурсов

6.2.1 Экологическое равновесие

Одной из ключевых позиций в обеспечении гармоничного взаимодействия человеческого общества и природы является экологическое равновесие.

Экологическое равновесие — состояние экосистемы, характеризующееся таким количественным и качественным соотношением слагающих ее компонентов, которое обеспечивает системе целостность и необозримо длительное существование.

Достижение экологического равновесия в различных экосистемах возможно только при рациональном природопользовании и охране природы.

Нарушение экологического равновесия приводит к возникновению опасных экологических ситуаций или разрушению экосистем. Такие явления могут иметь естественные причины. Так, к возникновению подобных ситуаций может привести резкое изменение климатических условий, извержение вулкана, мощное землетрясение, длительное наводнение и т. п. Основной причиной современных негативных экологических явлений часто выступает непроду-

манная деятельность человека, в первую очередь хозяйственная деятельность. Это объясняется характером взаимоотношений общества и природы на современном этапе жизни нашего общества.

6.2.2 Взаимодействие человека и природы

Человек со времени своего появления являлся одним из составляющих биосферы, как и любой другой биологический вид. Его взаимоотношения концептуально не выделялись по сравнению с другими организмами, населяющими Землю. Человек участвовал в биологическом круговороте веществ на уровне отдельных экосистем и биосферы в целом. Он не вступал в противоречие с природой, так как жил по общим для всех живых организмов биосферным законам.

С появлением человеческого общества возник новый тип обмена с окружающей средой — социальный, или антропогенный, обмен, отличающийся от биологического.

Социальный (антропогенный) обмен — это сложный процесс обеспечения жизни общества за счет веществ и энергии, взятых из природы.

Этот процесс включает в себя следующие этапы:

- ввод природных ресурсов в общественно-производственную сферу;
- переработку ресурсов с использованием энергии и необходимых веществ;
- выведение в окружающую среду отработанных веществ (отходы производства), отслуживших свой срок изделий и т. д.

На ранних этапах развития общества (первобытный строй) этот процесс не наносил вреда окружающей среде. Это связано с тем, что отходы жизнедеятельности человеческого общества полностью вовлекались в круговорот. Но положение начало кардинально изменяться с развитием общества. Стремясь избежать от зависимости от природных процессов, законов, человек противопоставил себя природе, тем самым нарушил гармонию взаимоотношений с окружающей средой, не представляя последствий. Особо остро противоречия в системе «общество — природа» стали ощущаться с появлением техники и техносферы, что определило особенности социального обмена.

Социальный обмен носит линейный незамкнутый характер, в отличие от биологического круговорота, в котором многократно

используются все вовлеченные в него вещества. В случае линейного характера процесса повторное использование изъятых из природы веществ не предусмотрено человеком. Этим объясняется возрастающее количество промышленных и бытовых отходов на планете. Многие из антропогенных отходов природные экосистемы не в состоянии переработать, так как в их составе отсутствуют виды организмов, способные использовать такие вещества в процессе своей жизнедеятельности. Кроме того, целый ряд этих отходов (цианиды, соединения тяжелых металлов и др.) попросту токсичен для всего живого. Попадание их в окружающую среду приводит к гибели отдельных видов и целых экосистем.

Коэффициент полезного действия социального обмена очень низок и составляет всего 2—10%, в то время как процесс круговорота веществ в экосистемах и биосфере в целом составляет практически 100%. Исходя из этих показателей понятно, почему хозяйственная деятельность человеческого общества сопровождается выбросом в окружающую среду огромного количества отходов. Это уже вызвало глобальное загрязнение всех сред жизни в биосфере.

6.2.3 Природопользование. Рациональное природопользование

Природопользование — удовлетворение различных потребностей общества путем использования разных видов природных ресурсов.

Рациональное природопользование предполагает такое вовлечение богатств природы в сферу общественно-производственной деятельности, которое обеспечит потребности настоящих и будущих поколений людей.

При реализации мероприятий по рациональному природопользованию и выходу из кризисных или опасных экологических ситуаций должен осуществляться экологический мониторинг за состоянием окружающей среды, экологическая экспертиза и экологическое прогнозирование.

Экологический мониторинг — система наблюдений и контроля за состоянием окружающей среды с целью разработки мероприятий по ее охране, рациональному природопользованию и предупреждению критических экологических ситуаций, вредных или опасных для здоровья человека и экосистем.

Различают мониторинг международный, региональный, биосферный, биологический, санитарно-токсикологический и т. д.

Мониторинг может осуществляться на уровне популяции, вида и других категорий биологических макросистем. Он позволяет оценить экологическое состояние окружающей среды и спрогнозировать ее изменения.

Экологическое прогнозирование — научное предсказание конкретных перспектив сохранения нормальной экологической обстановки в пределах определенных территорий или планеты, а также возможных изменений макросистем в процессе воздействия человека.

В комплексе с мониторингом используется **экологическая экспертиза** — система комплексной оценки проектов хозяйственного строительства и исполнения природных ресурсов на предмет экологической безопасности и системы рационального природопользования.

Экологической экспертизе подлежат проекты годовых и перспективных планов строительства, реконструкции, использования территорий, отдельных хозяйственных объектов, схемы мероприятий по охране природы и т. д. Экологическая экспертиза позволяет избежать нарушения экологического равновесия и обеспечить экологическую безопасность.

Экологическая безопасность — состояние природных территорий, при котором нет угрозы нарушения экологических компонентов, разрушения экосистем под влиянием антропогенного воздействия.

6.2.4 Природные ресурсы и их классификация

Природные ресурсы — любые природные объекты и явления, используемые в хозяйственной или иной деятельности, служащие средством существования человеческого общества.

К природным ресурсам относятся вода, полезные ископаемые, воздух, солнечный свет, животные, растения и т. п.

Существуют ряд классификаций природных ресурсов: по энергетической емкости, по происхождению и т. д. Общепринятой считается классификация природных ресурсов по истощаемости (истощимости), согласно которой все ресурсы делятся на две большие группы — истощаемые и неисчерпаемые ресурсы (рис. 6.2.1).

К **истощаемым ресурсам** относятся природные объекты и явления, запасы которых ограничены и которые при высокой скорости потребления могут иссякнуть. Эта группа в свою очередь делится на две подгруппы.

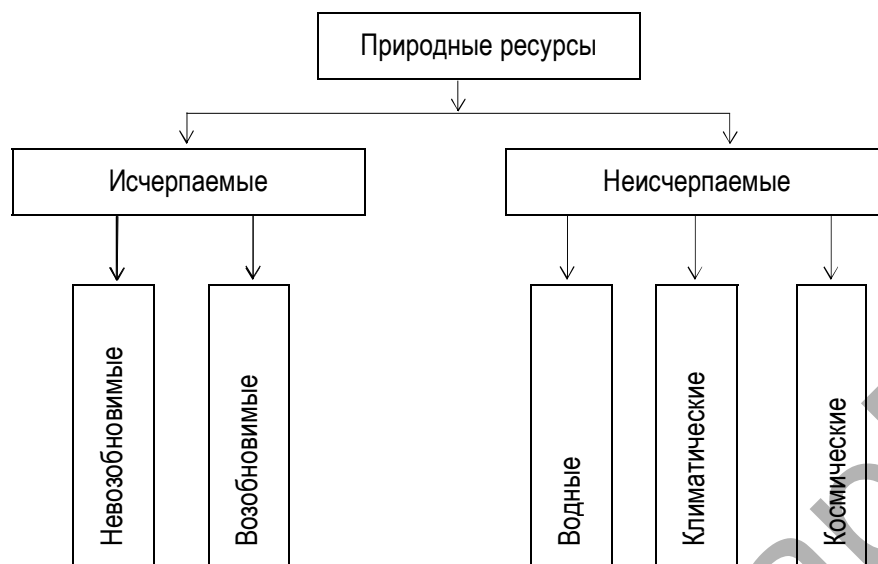


Рисунок 6.2.1 — Классификация природных ресурсов

Невозобновимые ресурсы не восстанавливаются или возрождаются в сотни, тысячи раз медленнее, чем расходуются. К ним относятся почти все богатства недр (полезные ископаемые): нефть, природный газ, руды металлов, янтарь, каменный уголь и т. д. Довольно остро стоит вопрос охраны этих ресурсов, что ставит человечество перед дилеммой: охранять эти ресурсы или все же использовать? Без ресурсов данного рода наша цивилизация существовать и развиваться не может, поэтому их охрана, в принципе, должна сводиться к обеспечению разумного потребления и экономии.

Возобновимые ресурсы обладают способностью постоянно восстанавливаться по мере использования человеком. К этой категории относятся: плодородие почв, торф, биоресурсы (животный и растительный мир, мир грибов и микроорганизмов). В настоящее время очень быстрыми темпами возрастает их использование, что не может не создавать потенциальную и реальную угрозу для ряда видов таких ресурсов. Обязательным условием использования данных ресурсов является следующее положение: скорость изъятия возобновимых ресурсов не должна превышать скорость их восстановления. Последняя различна у разных ресурсов. Так популяции мелких животных или ряда травянистых растений могут восстановить свою численность (если она не достигла критического предела) в течение нескольких лет. Для крупных организмов (крупные

рептилии, птицы, звери) этот показатель исчисляется десятками лет. Скорость восстановления численности организмов зависит и от состояния окружающей среды, от скорости размножения организма и других параметров. По сравнению с отдельными видами сообщества организмов восстанавливаются значительно медленнее. Это связано с необходимостью установления в сообществе прочных взаимосвязей между разными видами организмов. Так, экосистема мелколиственного леса (березняк, осинник, ольшаник) может самостоятельно восстановиться в течение 20—30 лет, ельника — 80—120 лет. Дубраве же на восстановление потребуется не менее 400 лет. Плодородие почв возобновляется еще медленнее, в некоторых случаях требуется до тысячи лет, чтобы восстановить данный ресурс.

Неисчерпаемые ресурсы на Земле имеют неограниченные запасы. Данная группа включает три подгруппы:

- *водные ресурсы* — воды Мирового океана;
- *климатические ресурсы* — атмосферный воздух, энергия ветра;
- *космические ресурсы* — солнечная радиация, энергия морских отливов и приливов.

Несмотря на название вышеобозначенной группы ресурсов, неисчерпаемых ресурсов на Земле практически не существует из-за непродуманной хозяйственной деятельности человека. Так, запасы воды на планете остаются неизменными, но загрязнение воды, чрезмерное, нерациональное ее использование привело к тому, что во многих регионах Земли загрязненную воду не возможно использовать как ресурс. Дефицит чистой пресной воды во второй половине прошлого века привел к тому, что многие ученые рассматривают ее как *исчерпаемый ресурс*. Загрязнение атмосферы способствует уменьшению количества солнечной радиации, например в крупных промышленных центрах — до 50%. Сильная загазованность воздуха не позволяет использовать его в качестве ресурса. Вмешательство человека в геологический круговорот, в климатические процессы влияет даже на скорость и направление ветра, тем самым ограничивая возможности использования климатических ресурсов.

6.2.5 Рациональное использование и охрана водных, атмосферных, земельных ресурсов и полезных ископаемых

Мировое сообщество, озабоченное экологическим кризисом, возникшим по причине непродуманной хозяйственной деятельности человека, предпринимает шаги по стабилизации и улучшению экологической обстановки на планете. Выработывая стратегию развития цивилизации на перспективу, основной упор делается на рачительное использование ресурсов и охрану природы (см. п. 6.3.3 Международное сотрудничество в области экологии и охраны природы).

В Беларуси также разработан целый ряд комплексных экологических программ, программ по решению отдельных проблем в области охраны окружающей среды. Наиболее значимыми являются «Национальная стратегия и план действия по сохранению и устойчивому развитию биологического разнообразия», «План действий по гигиене окружающей среды», «Программа обращения с коммунальными отходами», «Программа по улучшению снабжения населения питьевой водой», «Программа охраны земель», «Программа ресурсосбережения». Для научного обеспечения проведения природоохранных мероприятий на предприятиях внедрены научные программы «Природопользование и охрана окружающей среды», «Ресурсосбережение», «Лесное хозяйство», «Экологическая безопасность» и др.

Эти документы направлены на обеспечение разумного, научно обоснованного использования разных видов ресурсов, без чего невозможно дальнейшее существование человека. Любой из ресурсов, несмотря на то к какой категории он относится, имеет большое значение не только для биосферы в целом. Запасы ресурсов пока значительны, но это только кажется на первый взгляд. Все ресурсы нуждаются в охране — и исчерпаемые, и неисчерпаемые.

Вода — это основа всей жизни на Земле. В жизни биосферы она имеет огромное значение. Это самое распространенное вещество на планете. Объем воды на Земле приблизительно равен 1 500 млн км³, что составляет 1 / 800 часть объема земного шара. Общая масса воды оценивается колоссальной цифрой — более $15 \cdot 10^{11}$ т. Основное количество воды, более 98%, сосредоточено в морях и океанах,

1,24% представлено льдами полярных областей и гор, в пресных водах количество воды не превышает 0,45%.

В природе вода находится в жидком, твердом и газообразном состоянии.

Водяной пар, находящийся в атмосфере, пропускает большую часть солнечных лучей и задерживает тепловое излучение Земли в мировое пространство, регулирует тепловой баланс планеты. Накопление тепла в гидросфере летом и отдача его зимой смягчает климат Земли.

Вода разрушает горные породы, растворяет неорганические соединения и переносит их на большие расстояния. Она является хорошим растворителем, играет одну из основных ролей в геологическом и биологическом круговоротах в биосфере.

Это единственный источник кислорода, поступающего в атмосферу при фотосинтезе. Вода входит в состав всех клеток и тканей живых организмов. Большинство биохимических и биофизических процессов, связанных с обменом веществ в живых организмах, могут протекать только при наличии водной среды. У многих живых организмов вся жизнь или отдельные ее стадии протекают в данной среде.

Вода играет огромную роль и в жизни человека. Если без пищи человек может существовать 30—50 суток, то без воды смерть наступает через пять дней или при потере 10—20% воды организма. У взрослого человека вода составляет больше половины массы тела. Суточная потребность организма взрослого человека в жидкости составляет около 2,5 л. Часть потребляемой нами воды содержится в пище, часть образуется непосредственно в организме в процессе обмена при распаде белков, жиров и углеводов (эндогенная вода). Так, при окислении 100 г жиров образуется 107 мл воды, 100 г углеводов — 55 мл.

Вода — один из важнейших факторов, определяющих размещение поселений человека на планете. Это важнейшее средство производства, использующееся во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства, а также в бытовых целях.

В условиях бурного развития промышленности, интенсификации сельского хозяйства, расширения площади орошаемых земель, а также улучшения культурно-бытовых условий жизни людей значительно растут водопотребление и другие формы использования водных ресурсов. Так, на производство 1 т хлопчатобумажной ткани фабрики расходуют около 250 м³ воды, на производство 1 т синтетического волокна —

2500—5000 м³. Много воды требуется химической промышленности. На производство 1 т аммиака затрачивается около 1 000 м³ воды, 1 т синтетического каучука — 2 000 м³. Весьма водоемка цветная металлургия: для выплавки 1 т никеля необходимо 4 000 м³ воды [12].

Огромное количество воды потребляют современные крупные теплоэлектростанции. Так, станция мощностью в 300 тысяч кВт расходует до 120 м³ / с воды, или более 300 млн м³ в год.

Морские и пресные воды являются местом добычи рыбы, моллюсков, ракообразных и других морепродуктов.

Вода используется человеком для передвижения и транспортировки грузов.

Наша страна богата водными ресурсами. На территории Беларуси имеется около 20 800 рек и ручьев, 10 000 озер, 144 водохранилища. Основными водными артериями выступают реки. К категории больших рек (длина более 500 км) относятся Березина, Днепр, Западная Двина, Неман, Припять и Сож. В республике 42 средние реки (длина от 101 до 500 км) и 1391 малая река (менее 101 км). Велики запасы в Беларуси озерной воды (около 7 км³). Крупнейшими озерами являются Нарочь (площадь 79,6 км²), Освея (52,8 км²), Червоное (43,6 км²), Лукомльское (36,7 км²), Древяты (36,1 км²). Подземные водные запасы оцениваются значительной цифрой — около 2 млн м³ в сутки. В Беларуси известно более 200 месторождений пресных подземных вод. Этого количества более чем достаточно для обеспечения нужд нашего населения без ущерба для природы. Однако и у нас в стране остро стоит проблема качества потребляемой воды из-за антропогенного загрязнения.

Для борьбы с опасными веществами-загрязнителями все чаще используются живые организмы. Общеизвестно эффективное применение прудов биологической очистки воды от органических загрязнителей, где используются микроорганизмы и ракообразные. Для борьбы с нефтяным загрязнением российские ученые используют бурую водоросль фукус (*Fucus*). На поверхности этой водоросли обитают бактерии, способные разрушать нефть. Водоросль наращивает свою биомассу, используя продукты разрушения нефти, и даже успешно размножается. Фукусы, покрывающие гектар водной поверхности, могут достаточно быстро утилизировать тонну нефти. Такая технология очистки воды была успешно применена в 2008 г. в акватории Мурманска.

Без чистой воды немыслима жизнь на Земле, поэтому защита водных ресурсов от загрязнения и истощения является одной из важнейших задач для обеспечения устойчивого развития нашей цивилизации. Водопотребление и охрана вод в настоящее время приобрели характер серьезной глобальной экологической, социальной и экономической проблемы. В связи с этим важно реализовать меры, направленные на решение данной проблемы.

Меры по рациональному использованию и охране вод:

1. Использование очистных сооружений (нефтеловушек, отстойников, обменных, кварцевых фильтров, синтетических смол, систем биологической очистки воды) на промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных предприятиях. Очистка загрязненной воды.
2. Запрещение несанкционированного сброса отходов в водную среду.
3. Предотвращение теплового и биологического загрязнения вод.
4. Запрещение ведения хозяйственной деятельности в поймах рек, ручьев, водоохраных зонах других водных объектов.
5. Использование замкнутых циклов воды в хозяйственных целях.
6. Нормирование использования пресной воды в хозяйственных целях, в частности при поливе, использование капельного полива, дождевых установок.
7. Проведение научно-обоснованной мелиорации (обязательная обсадка мелиоративных каналов древесно-кустарниковой растительностью, регулировка стока воды, учет глубины залегания грунтовых вод и т. д.).
8. Мониторинг экологического состояния водных экосистем.

Не менее важным ресурсом выступает и атмосферный воздух, который представляет собой механическую смесь различных газов.

Атмосфера имеет массу около $5,51 \cdot 10^{15}$ т. Масса 1 м^3 сухого воздуха, если его взвесить на уровне моря при температуре 0°C , равна 1,3 кг. Вверху давление воздуха и его масса уменьшаются. Так, на высоте 20 км масса 1 м^3 воздуха составляет всего 43 г, а на высоте 40 км — 4 г.

Атмосфера на разных высотах имеет разный химический состав, неодинаковы и физические свойства различных высотных слоев атмосферы. Исходя из химического состава, температурных показателей, как говорилось выше, атмосферу делят на несколько слоев или сфер: тропосферу, стратосферу, мезосферу, ионосферу (термосферу) и экзосферу.

Непосредственно к земной поверхности примыкает тропосфера. Она простирается до 10 км высоты над полюсами и до 18 км над экватором. В этом слое идет непрерывное интенсивное перемешивание воздуха как по горизонтали, так и по вертикали, что приводит к понижению его температуры с высотой примерно до $6\text{--}6,5^{\circ}\text{C}$ на 1 км. В тропосфере сконцентрировано более 75% всей массы атмосферного воздуха, основное количество водяного пара и мельчайших частиц примесей, способствующих образованию облаков. Это своеобразная «кухня погоды». Верхней границей тропосферы является тропопауза — область, в которой температура перестает понижаться. В среднем она располагается на высоте около 11 км.

Выше тропопаузы, примерно до 50 км в высоту, простирается стратосфера. Эта сфера характеризуется несколькими признаками: слабыми воздушными потоками, малым количеством облаков и постоянством температуры (минус 56°C) до высоты примерно 25 км. Выше температура начинает повышаться (в среднем на $0,6^{\circ}\text{C}$ на каждые 100 м) и на уровне переходного слоя — стратопаузы (46—55 км) — достигает 0°C .

На высоте 55—80 км располагается мезосфера, в которой температура при удалении от поверхности Земли понижается в среднем на 2—3 градуса на 1 км. На высоте 80 км в переходном слое (мезопаузе) температура может достигать минус 90°C . Термосфера располагается на высоте 80—1 000 км, а экзосфера — 1—2 тысяч км.

Атмосфера играет огромную роль в жизни планеты, так как регулирует тепловой режим Земли, способствует перераспределению тепла по земному шару. Она предохраняет его от чрезмерного остывания и нагревания. Благодаря этому на Земле не бывает резких переходов от мороза к жаре и обратно. Если бы Земля не была окружена воздушной оболочкой, то в течение только одних суток амплитуда колебаний температуры поверхности нашей планеты достигала бы 200°C . Днем стояла бы сильнейшая жара (более 100°C), а ночью — мороз (около 100°C). Еще большая разница была бы между зимними и летними температурами. Благодаря воздушной оболочке средняя температура Земли составляет около 15°C .

Атмосфера определяет и световой режим Земли, регулируя поступление солнечного света. Достигшая поверхности Земли энергия Солнца частично поглощается почвой и водой, частично отражается в атмосферу. Воздух разделяет солнечные лучи на миллионы мелких

лучей, рассеивает их и создает то равномерное освещение, к которому привыкли за миллионы лет эволюции живые организмы, в том числе и человек. Наличие воздушной оболочки, а именно ее химические и физические свойства, придает небу Земли голубой цвет. Это связано с тем, что молекулы основных газов и различные примеси, содержащиеся в воздухе, рассеивают главным образом лучи с короткой длиной волны, т. е. фиолетовые, синие, голубые. Из-за количества и размеров примесей в атмосфере, интенсивности солнечного света и других причин цвет неба может меняться.

Атмосфера выполняет чрезвычайно важную роль перераспределения влаги на земном шаре, обеспечивая геологический круговорот в биосфере.

Воздух — это своеобразный щит, который защищает все живое на Земле от губительных ультрафиолетовых, рентгеновских и других космических лучей. Верхние слои атмосферы частично поглощают, частично рассеивают эти лучи.

Атмосфера защищает нас и от космических объектов, достигающих нашей планеты. Размеры метеоритных тел в подавляющем большинстве не превышают величины горошины. Под влиянием земного притяжения со скоростью от 11 до 64 км / с они врезаются в атмосферу, раскаляются за счет трения о воздух и на высоте около 60—70 км большей частью сгорают, и лишь некоторые достигают поверхности земли.

Атмосфера является той средой, где распространяются звуковые волны, которые различные организмы используют для коммуникации. Атмосферный воздух является источником кислорода для дыхания и углекислого газа для процесса фотосинтеза. Именно воздух выступает как основной источник азота для растительных организмов. Без него человек может прожить всего лишь несколько минут.

В своей жизнедеятельности воздушная среда используется человеком в самых разных сферах: для перемещения, как источник азота для производства минеральных удобрений, в рекреационных и медицинских целях и т. п.

Бурное развитие промышленности, транспорта, сельского хозяйства привело к глобальному загрязнению воздуха, который порой тяжело использовать как ресурс даже для дыхания. В связи с этим необходимо реализовать ряд основных мер, направленных на «оздоровление» атмосферы.

Меры по рациональному использованию и охране атмосферы:

1. Использование очистных сооружений для воздуха на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях и транспорте (пылеуловители, нейтрализаторы, различные фильтры и т. п.).
2. Экологически грамотное архитектурное планирование (учет направления ветра, близости жилого сектора, естественных экологически ценных экосистем и т. д.).
3. Вывод экологически опасных промышленных предприятий (химических, металлургических и др.) за черту населенных пунктов с целью сокращения выбросов загрязняющих веществ в воздушную среду городов и поселков.
4. Создание вокруг предприятий буферных зеленых зон, задерживающих основную массу загрязняющих веществ и предотвращающих шумовое загрязнение.
5. Переход на более экологически безопасные виды топлива (газ и т. п.).
6. Использование альтернативных источников энергии (энергия Солнца, ветра и т. д.).
7. Использование безотходных и малоотходных технологий.
8. Озеленение антропогенных территорий, расширение площади и охрана зеленых насаждений.
9. Борьба с несанкционированными выбросами отходов в воздушную среду (с загрязнением атмосферы).
10. Запрещение производства и использования фреонов.
11. Ограничение использования углеродного топлива.
12. Мониторинг экологического состояния воздушной среды.

Стремительно сокращаются на Земле и земельные ресурсы. К концу XXв. из 13 580 млн га суши для сельского хозяйства пригодными оставались 32%. У нас в стране общий земельный фонд составляет 20 759 800 га, сельхозугодья занимают более 9 млн га.

Земельные ресурсы — одна из необходимых составляющих обеспечения жизнедеятельности человека. Важнейшими из земельных ресурсов выступают почва и ее плодородие.

Обязательным условием рационального использования земельных ресурсов является использование экологически безопасных сельскохозяйственных технологий, борьба с загрязнением почв. Ветровая и водная эрозии, возникающие в основном по вине человека, приводят к потере плодородного слоя, проявлению почвенной

засухи и опустыниванию. Проблема опустынивания территории наиболее остро стоит в тропических и субтропических областях, но локальные территории практически лишены растительности уже есть в разных климатических зонах.

Неграмотное использование осушенных торфяников влечет разрушение почвы и обнажение осадочных пород. После выборки запасов торфа и других полезных ископаемых могут оставаться огромные карьеры. Результатом расширения горных разработок выступает отчуждение большого количества земельных ресурсов. Уничтожение почвенного покрова при добыче полезных ископаемых, строительстве промышленных и других хозяйственных объектов сопровождается возникновением пыльных бурь, разрушением и загрязнением естественных ландшафтов. Выходом из создавшегося положения является рекультивация ландшафта, т. е. восстановления его природных свойств. После рекультивации значительные площади земель могут использоваться в сельском хозяйстве, под пруды и водохранилища, лесонасаждения для рекреации.

Недра — это верхняя часть земной коры, в пределах которой возможна добыча полезных ископаемых. Значение богатств недр повышается в условиях быстрого развития мировой экономики.

Недра содержат различные минеральные ресурсы, что составляет основу ведущих отраслей мирового хозяйства. Из недр добывают основные энергетические ресурсы — каменный уголь, нефть, природный газ, а также руды, сырье для химической промышленности, калийную и каменную соль, строительные материалы, минеральные и термальные воды и другие материалы. В недрах размещаются разнообразные технические и транспортные коммуникации и сооружения. Их используют для хранения газа, различных материалов, а также для захоронения вредных веществ и отходов.

Общие запасы полезных ископаемых на Земле все еще значительны. К началу XXI в. было израсходовано около 1% всех богатств недр. Учитывая быстрые темпы роста потребностей общества и освоения месторождений, к 2250 г. предполагается, что будет израсходовано около 30% всех богатств земли.

В недрах Беларуси имеется около 30 видов минерального сырья. Важнейшими из них являются калийная и каменная соль, нефть, торф и строительные материалы.

В настоящее время остро стоит проблема комплексной переработки полезных ископаемых, что позволит сократить энергетические затраты, потери полезных природных компонентов, значительно расширит сырьевую базу. Это целесообразно не только с точки зрения экологии и охраны природы, но и экономики. Важным вопросом остается переработка уже имеющихся отходов добывающей промышленности.

Только определенный комплекс мероприятий позволит сохранить и рачительно использовать как земельные ресурсы, так и запасы недр, что повысит эффективность социального обмена.

Меры по рациональному использованию и охране земель и недр:

1. Предотвращение загрязнения земель промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми отходами, борьба со стихийными свалками.

2. Предотвращение загрязнения почв минеральными удобрениями и ядохимикатами:

- выпуск удобрений в гранулах и крупных кристаллах;
- использование ингибиторов нитрификации;
- использование бесхлорных калийных удобрений;
- использование быстроразрушающихся ядохимикатов;
- нормирование использования ядохимикатов и удобрений.

3. Борьба с засолением почв (при чрезмерном поливе)

4. Борьба с эрозией почв

- введение почвозащитных севооборотов с обязательным использованием многолетних культур;
- запрещение рядового посева и культивация паров вдоль склонов;
- использование защитных лесонасаждений и гидротехнических сооружений, особенно на мелиорированных землях;
- создание на крутых склонах буферных полос из многолетних трав, предотвращающих вымывание и выветривание почвы;
- укрепление оврагов, песков и эрозированных склонов через создание лесополос, заравнивание промоин и т. д. ;
- защита дорог от разлива через высадку многолетних трав и древесно-кустарниковых растений на склонах и откосах;
- регулирование поверхностного стока воды;
- регулирование выпаса скота, особенно на песчаных и супесчаных почвах.

5. Борьба с заболачиванием почв (использование дождевых установок, капельный полив).
6. Проведение научно-обоснованной мелиорации.
7. Рекультивация территорий использованных месторождений полезных ископаемых, других нарушенных земель, повышение их плодородия.
8. Грамотное планирование ландшафта путем оптимального соотношения между участками разного функционального назначения (агроценозами, лесами, парками и т. д.).
9. Регламентация разработки месторождений полезных ископаемых с обязательной оценкой экологической безопасности их добычи.
10. Внедрение комплексных технологий переработки полезных ископаемых.
11. Переработка накопленных отходов горнодобывающей промышленности.
12. Мониторинг экологического состояния почвенной среды и недр.

6.2.6 Биоресурсы — основа ресурсного потенциала биосферы

Биоресурсы являются основой ресурсного потенциала биосферы. Они относятся к тем ресурсам, которые человек использовал на всех ступенях развития цивилизации и без которых он не сможет выжить.

Человек широко применяет самые различные виды организмов для удовлетворения своих потребностей в разных сферах своей деятельности (промышленности, сельском хозяйстве и т. п.). Из трех миллионов известных человеку видов далеко немногие используются в качестве ресурса.

Представители всех царств организмов играют огромную роль в почвообразовании и поддержании плодородия почв, что имеет немаловажное значение для человека.

В биотехнологических процессах широко используются различные виды бактерий: для получения лекарственных препаратов, в пищевой промышленности, в сельском хозяйстве при приготовлении кормов, в качестве агентов биологической борьбы с вредителями и сорняками и т. д.

Не менее значимы в жизни человека и грибы. Они широко используются в пищу, находят свое применение в пищевой про-

мышленности (дрожжи в ряде биотехнологических производств), являются источниками получения различных ферментов (пектиназы — для осветления фруктовых соков, целлюлазы — для переработки древесного сырья, грубых кормов, разрушения бумажных отходов, протеазы — для гидролиза белков, амилазы — для гидролиза крахмала и т. д.), известного ростового вещества — гиббереллина, широко используемого для стимуляции роста растений в сельском хозяйстве. Грибы применяются в медицине и медицинской промышленности, являясь источниками получения лекарственных веществ (пеницилл, чага и др.), выступают агентами биологической борьбы с вредителями (из некоторых грибов производят препараты, тормозящие жизнедеятельность патогенных грибов — паразитов сельскохозяйственных растений).

Основу же всего объема биоресурсов, используемых человеком, составляет животный и растительный мир.

Значение растений в жизни человека трудно переоценить. Растения используются человеком в пищу. Они дают сырье для самых разных отраслей промышленности: деревообрабатывающей, пищевой, легкой, химической и др. Из растительного сырья производят бумагу и одежду, мебель и строительные материалы, красители и растворители, парфюмерные изделия и многое другое. Растительные организмы используются как источник сырья в сельском хозяйстве, широко применяются в медицине при производстве лекарственных препаратов.

Нельзя не упомянуть и об эстетическом значении растений. Именно растительные сообщества образуют благоприятный фон отдыха на природе и обеспечивают успех рекреационной деятельности. Комнатные растения являются постоянными спутниками человека.

Значение животных в жизни человека также довольно весомо и разносторонне. Различные виды животных являются пищевыми объектами человека. Животное сырье широко используется в различных отраслях промышленности для производства изделий из кожи, меха, кости, красителей, моющих средств, парфюмерной продукции.

Рыбоводство, птицеводство, разведение крупного и мелкого рогатого скота, коневодство, свиноводство, оленеводство, кролиководство, пчеловодство издавна являются неотъемлемыми компонентами хозяйственной деятельности людей.

Велико значение животных в медицине как источников производства лекарственных препаратов, в том числе гормональных, ферментных и т. д. Например, из молодых рогов пятнистых оленей получают пантокрин, а поджелудочные железы свиней являются источником получения инсулина.

Целый ряд животных — нематоды, паукообразные, насекомые, хищные птицы и млекопитающие — используется в биологической борьбе с вредителями лесного и сельского хозяйства, растительные насекомые — с сорными растениями, рыбы — с распространителями опасных заболеваний человека (например, с малярийными комарами).

Велико промысловое значение животных, так как человек на протяжении всей своей истории занимался охотой и рыбной ловлей.

На использовании лабораторных животных в исследовательских целях основаны многие достижения в области экспериментальной медицины и прикладной биологии.

Представители животного царства широко используются для учебных целей, в частности как демонстрационные объекты.

Животным находится применение в санитарно-оздоровительных мероприятиях, в спорте, в качестве гужевого транспорта (лошади и др.). Многие домашние животные, в первую очередь собаки и кошки, — постоянные спутники человека. Многие животные (кораллы, насекомые, рыбы, птицы, звери) являются эстетически привлекательными природными объектами.

Использование в самых разных сферах жизни человека привело к сокращению численности или исчезновению многих видов животных и растений. Ведется нерациональное, а иногда и попросту преступное уничтожение биоресурсов. Так, например, уничтожили или поставили на грань исчезновения странствующего голубя и бизонов в Северной Америке, зубра в Европе, стеллерову корову на Дальнем Востоке и многих других, что породило глобальную экологическую проблему сокращения биоразнообразия Земли. Ключ к решению данной проблемы лежит в выполнении определенных мер по использованию ресурсов растительного и животного мира.

Меры по рациональному использованию и охране растительного мира:

1. Охрана редких и исчезающих видов растений, восстановление их численности.

2. Охрана мест произрастания растений (т. е. экосистем в целом) от загрязнения и уничтожения. Расширение сети особо охраняемых природных территорий.

3. Регламентирование заготовки растительного сырья (древесины, ягод, семян, лекарственной травы и т. д.).

4. Защита используемых в хозяйственных целях растительных сообществ (в основном лесов) от пожаров, вредителей и болезней. Последнее связано с тем, что в таких экосистемах нарушен процесс саморегуляции, что приводит к массовым вспышкам численности вредителей и возбудителей болезней.

5. Предотвращение научно-необоснованной акклиматизации растений. Необдуманная акклиматизация часто приводит к конкуренции с аборигенными видами и к нарушению структуры всего сообщества (см. п. 4.1.3 Межвидовые биотические отношения).

6. Создание специализированных хозяйств по производству растительного сырья для уменьшения антропогенного пресса на естественные растительные сообщества (производство ягод, лекарственных трав, древесины и т. д.).

7. Защита растительных сообществ от негативного воздействия домашних животных (в первую очередь крупного и мелкого рогатого скота, нерегулируемый выпас которого приводит к деградации растительного покрова и почвы).

8. Мониторинг экологического состояния природных фитоценозов.

Меры по рациональному использованию и охране животного мира:

1. Охрана редких и исчезающих видов животных, восстановление их численности.

2. Охрана естественных мест обитания животных от загрязнения и уничтожения. Расширение сети особо охраняемых природных территорий.

3. Регламентация охоты, рыбной ловли, отлова животных.

4. Предотвращение научно-необоснованной акклиматизации животных.

5. Предотвращение негативного воздействия домашних животных на диких. Присутствие большого числа растительноядных домашних животных вызывает беспокойство диких животных, особенно в период размножения. Серьезную опасность представляют свиньи, кошки и собаки, уничтожая диких животных, которые зачастую не приспособлены к защите от таких врагов. Их пребывание в природных экосистемах должно проходить под строгим контролем человека.

6. Создание специализированных хозяйств по производству животного сырья (рыбоводческие, звероводческие, охотничьи и т. д.) для уменьшения антропогенного пресса на естественные зооценозы.

7. Регламентация использования ядохимикатов и минеральных удобрений, являющихся сильным факторами, негативно воздействующими на некоторые группы животных, в первую очередь почвенных беспозвоночных и птиц.

8. Мониторинг экологического состояния животного мира.

Только соблюдение этих основных мер рационального природопользования позволит биоресурсам не только сохраниться, но и восстанавливать свою численность, оставаясь одним из важнейших источников существования человеческой цивилизации.

Конечно, живые организмы играют в жизни человека не только положительную роль, о которой упоминалось выше. Среди микроорганизмов и грибов много видов, вызывающих различные заболевания человека, сельскохозяйственных животных и растений. Значительный вред могут наносить грибы лесному хозяйству, поражая растущие деревья, деловую древесину, деревянные постройки и изделия. Они могут вызывать коррозию металла, повреждать оптические изделия, вызывать порчу смазочных масел и других нефтепродуктов. Сильный вред некоторые виды грибов (в частности плесневые грибы) могут приносить в книгохранилищах, музеях и коллекциях, повреждая биологические и другие коллекционные объекты.

Среди животных немало возбудителей заболеваний человека и животных. К ним относятся: паразитические виды простейших (например, дизентерийная амеба, трипаномы, лейшмании); паразитические виды червей (человеческая аскарида, трихинелла, печеночный сосальщик); клещи (чесоточный зудень, угрица); насекомые (вши и др.). Животные и продукты их жизнедеятельности могут стать причиной возникновения аллергических реакций, например пылевые или перьевые клещи, экскременты, которых содержат токсичные для человека вещества, пускай и в мизерных количествах. Целый ряд животных является переносчиком возбудителей таких опасных заболеваний, как малярия (малярийный комар), чума (крысы), туберкулез (тараканы), энцефалит (иксодовые клещи) и др.

Среди представителей животного царства имеется огромное число вредителей сельского и лесного хозяйства (нематоды, клещи, насекомые, грызуны). Некоторые виды беспозвоночных являются активными разрушителями построек из камня (моллюски) и дерева (моллюски, насекомые), продуктов питания (грызуны, насекомые), коллекционных экспонатов, одежды и мебели (насекомые). Потен-

циальную опасность для человека представляют ядовитые животные и крупные хищники.

Среди растений также достаточное количество видов относится к разряду сорных. Потенциальную опасность для людей представляют ядовитые растения, а также виды, имеющие различные острые защитные приспособления (острый режущий край, колючие волоски, шипы и т. д.). Некоторые растения, а именно их пыльца, сок, волоски, запах, издаваемый цветами, могут стать причиной аллергических заболеваний.

Но все негативное воздействие организмов не может перевесить ту пользу, которую человеческое общество получает за счет потребления биологических ресурсов. В связи с этим реализация мер рационального использования и охраны биоресурсов должна выступать в качестве одного из приоритетных направлений развития нашего общества при всевозрастающем техногенном воздействии на природу и сокращении площади естественных экосистем. Ведущая роль в деле сохранения биологического богатства Земли отводится особо охраняемым природным территориям.

6.2.7 Особо охраняемые природные территории

Расширение сети особо охраняемых природных территорий выступает одной из основных мер, направленных на сохранение биоразнообразия нашей планеты.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) — это участки суши или водного пространства с уникальными, эталонными и другими ценными природными комплексами и объектами, имеющими особое экологическое, научное, историко-культурное, эстетическое и иное значение, на которых, в установленном законом порядке, исключена или ограничена хозяйственная деятельность и вводится особый режим охраны и использования.

В ракурсе природопользования ООПТ выступают в качестве резервата биоресурсов, источника их возобновления на сопредельных территориях.

В Беларуси существует четыре категории ООПТ: заповедник, национальный парк, заказник и памятник природы.

Заповедник — значительный участок природной территории с особым типом заповедного режима, с полным изъятием из хозяйственной деятельности человека.

Для заповедника характерно наличие научно-исследовательского центра.

На территории заповедника полностью изымаются из хозяйственного оборота природные комплексы и объекты, имеющие особое природоохранное, научное, эколого-просветительское, социально-культурное и иное значение как образцы естественной природной среды, типичные или редкие ландшафты, места сохранения генетического фонда растительного и животного мира.

Запрещается любая не связанная с назначением заповедника деятельность, противоречащая его задачам и прямо либо косвенно нарушающая естественное течение природных процессов или создающая угрозу вредного воздействия на природные комплексы и объекты.

На территории заповедника допускается деятельность, направленная на:

- сохранение в естественном состоянии природных комплексов и объектов и предотвращение изменения их состояния в результате антропогенного воздействия;
- поддержание условий, обеспечивающих санитарную и противопожарную безопасность заповедника;
- предотвращение стихийных бедствий;
- осуществление экологического мониторинга;
- выполнение научно-исследовательских работ;
- ведение эколого-просветительской работы;
- осуществление контрольно-надзорных функций.

На специально выделенных участках заповедника, не включающих природные комплексы и объекты, ради сохранения которых создавался заповедник, допускается деятельность, которая направлена на обеспечение функционирования заповедника и жизнедеятельности граждан, проживающих на его территории, и осуществляется в соответствии с положением о заповеднике.

В Республике Беларусь имеется только один заповедник — Березинский государственный биосферный заповедник. Он основан в 1925 году. Заповедник расположен на территории Лепельского и Докшицкого районов Витебской области и Борисовского района Минской области. Общая площадь — 81 700 га.

Национальный парк — изъятая из хозяйственного пользования природная территория, в пределах которой охрана окружающей

среды сочетается с деятельностью по организации отдыха населения и природоохранного просвещения.

Для национального парка (НП) характерно наличие научно-исследовательского центра. В границах национального парка выделяются четыре зоны:

1) заповедная зона, предназначенная для сохранения в естественном состоянии природных комплексов и объектов, обеспечения условий их естественного развития, в границах которой запрещаются все виды деятельности, кроме проведения научных исследований и мероприятий по ее охране;

2) зона регулируемого использования, предназначенная для сохранения природных комплексов и объектов, обеспечения условий их естественного развития и восстановления, в границах которой устанавливается режим охраны и использования, ограничивающий отдельные виды хозяйственной и иной деятельности и использование природных ресурсов в соответствии с положением о национальных парках;

3) рекреационная зона, предназначенная для осуществления туризма, отдыха и оздоровления граждан, в границах которой устанавливается режим, обеспечивающий охрану и устойчивое использование рекреационных ресурсов;

4) хозяйственная зона, предназначенная для обеспечения функционирования национального парка, в границах которой осуществляется хозяйственная и иная деятельность с использованием природоохранных технологий, не препятствующая сохранению особо охраняемых природных комплексов и объектов, туристических и рекреационных ресурсов.

На территории национального парка запрещается любая деятельность, которая может нанести вред природным комплексам и объектам и противоречит целям и задачам национального парка, в том числе разведка и разработка полезных ископаемых, деятельность, влекущая за собой изменения гидрологического режима, размещение на территории национального парка садоводческих и дачных участков, рубки леса главного пользования и заготовка живицы, деятельность, влекущая за собой нарушение условий обитания объектов растительного и животного мира, организация туристских стоянок и разведение костров за пределами специально предусмотренных для этого мест.

В Республике Беларусь имеется четыре национальных парка: «Беловежская пуца», «Припятский», «Браславские озера», «Нарочанский».

Национальный парк «Беловежская пуца» основан в 1990 году на базе заповедно-охотничьего хозяйства. Расположен на территории Каменецкого и Пружанского районов Брестской области и Свислочского района Гродненской области. Общая площадь — 152,2 тысяч га.

Национальный парк «Припятский» создан в 1996 году на базе одноименного заповедника. Он находится на территории Житковичского, Лельчицкого и Петриковского районов Гомельской области. Общая площадь национального парка составляет 82,6 тысяч га.

В 1995 году основан национальный парк «Браславские озера». Он расположен на территории Браславского района Витебской области. Занимает площадь 69,1 тысяч га.

Национальный парк «Нарочанский» создан в 1999 году. Располагается на территории Мядельского и Вилейского районов Минской области. Площадь парка составляет 94 тысячи га.

Заказник — участок природной территории, на которой вводятся ограничения на один или несколько видов хозяйственной деятельности в целях сохранения, возобновления и воспроизводства определенных видов природных ресурсов (животного и растительного мира, ландшафтов, экосистем и т. д.).

В природоохранной практике, исходя из вида природных ресурсов, который охраняется, заказники могут быть ботаническими, зоологическими, орнитологическими, энтомологическими, ландшафтными, лесными, болотными, гидрологическими, геологическими и т. д.

В Беларуси согласно закона «Об особо охраняемых природных территориях» заказники подразделяются на следующие виды:

- ландшафтные, или комплексные, предназначенные для сохранения и восстановления ценных природных ландшафтов и комплексов;
- биологические (ботанические, зоологические), предназначенные для сохранения и восстановления редких, исчезающих, а также ценных в экологическом, научном, хозяйственном и культурном отношении растений, животных или отдельных особо ценных участков леса;
- водно-болотные, предназначенные для сохранения водно-болотных угодий, имеющих особое значение главным образом в качестве мест обитания водоплавающих птиц, в том числе в период миграции;

– гидрологические (болотные, озерные, речные), предназначенные для сохранения и восстановления ценных водных объектов и связанных с ними экологических систем;

– геологические, предназначенные для сохранения ценных объектов или комплексов неживой природы;

– палеонтологические, предназначенные для сохранения ископаемых природных объектов и их комплексов.

По данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды в Беларуси имеется 84 заказника республиканского (общей площадью 834 586 га) и 446 местного значения.

В Беларуси выделяются биологические, гидрологические и ландшафтные заказники республиканского значения (табл. 6.2.1).

Т а б л и ц а 6.2.1 — Заказники республиканского значения

Наименование заказника	Район месторасположения	Год создания (преобразования)	Площадь, га
<i>Биологические</i>			
Бабинец	Октябрьский	2007	830,7
Борский	Ганцевичский Лунинецкий	2007	2 818,4
Буда-Кошелевский	Буда-Кошелевский	2007	6 720,63
Букчанский	Лельчицкий	2007	4 990,31
Бусловка	Березовский Пружанский	1997	7 936,0
Волмянский	Смолевичский	2001	614,5
Глебовка	Минский	2001	964,0
Денисовичский	Крупский	2007	3 050,59
Днепро-Сожский	Лоевский	1999	14 556,0
Докудовский	Лидский	2007	1 984,6
Дубатовское	Сморгонский	2007	839,5
Еловский	Ганцевичский	2007	959,2
Замковый лес	Волковысский	1998	3 709,0
Запольский	Витебский	2007	794,04
Званец	Дрогичинский	1996	10 460,0
Копыш	Пуховичский	2007	1 222,34
Лебяжий	Минский	2007	51,52

Продолжение табл. 6.2.1

Наименование заказника	Район месторасположения	Год создания (преобразования)	Площадь, га
Лонно	Полоцкий	2007	443,07
Луково	Малоритский	1994	1 523,0
Лунинский	Лунинецкий	1997	9 283,0
Матеевичский	Пуховичский	2007	1 802,19
Медухово	Зельвенский	1996	1 312,0
Мошно	Витебский	2007	398,76
Октябрьский	Октябрьский	2003	4 070,2
Омельнянский	Пуховичский	2007	2 011,57
Пекалинский	Смолевичский	2000	2 129,0
Подсады	Минский	1999	1 079,0
Прилукский	Минский	2007	523,06
Ружанская пуца	Пружанский	2007	2 812,0
Слонимский	Слонимский	2007	4 812,73
Споровский	Березовский Дрогичинский Ивановский Ивацевичский	1999	19 384,0
Стиклево	Минский	2001	412,0
Тырвовичи	Пинский	1994	1391,0
Фаличский Мох	Стародорожский	2007	1 947,21
Черневский	Борисовский	2007	1 026,53
Чирковичский	Светлогорский	2007	461,63
Чистик	Витебский	2007	299,98
Юхновский	Минский	2001	221,0
<i>Гидрологические</i>			
Белое	Глубокский Ушачский	2007	483,2
Болото Мох	Миорский	2007	4 602,03
Верхневилейский	Докшицкий	1996	753,0
Глубокое-Большое Островито	Полоцкий	2007	1 353,38
Долгое	Глубокский	2007	644,45
Заозерье	Белыничский	2007	4172,1
Корытенский Мох	Городокский	2007	1 388,9

Продолжение табл. 6.2.1

Наименование заказчика	Район месторасположения	Год создания (преобразования)	Площадь, га
Кривое	Ушачский	2007	1063,72
Миранка	Кореличский	1996	3107,0
Острова Дулебы	Белыничский Кличевский	1997	26 600,0
Подвеликий Мох	Ганцевичский	2005	1 0647,0
Ричи	Браславский	2007	1 390,62
Сервечь	Докшицкий Глубокский	1997	9 068,0
Сосно	Шумилинский	2007	168,33
Швакшты	Поставский	2001	5 603,0
<i>Ландшафтные</i>			
Бабиновичский	Лиозненский	1998	10 547,0
Выгонощанское	Ивацевичский Ляховичский Ганцевичский	2007	55 047,4
Выдрица	Жлобинский Светлогорский	1999	17 560,0
Гродненская пуща	Гродненский	2007	20 903,0
Ельня	Миорский Шарковщинский	2007	25 301,0
Козьянский	Полоцкий Шумилинский	1999	26 060,0
Котра	Щучинский	2003	10 463,5
Красный Бор	Россонский Верхнедвинский	1997	34 231,0
Купаловский	Логойский Минский	2000	3 834,0
Липичанская пуща	Дятловский Мостовский Щучинский	2002	15 153,0
Мозырские овраги	Мозырский	2007	1 019,77
Налибокский	Воложинский Столбцовский Новогрудский Ивьевский	2005	77 540,0
Новогрудский	Новогрудский	1994	1697,0
Озера	Гродненский Щучинский	2007	23 870,9

Окончание табл. 6.2.1

Наименование заказника	Район месторасположения	Год создания (преобразования)	Площадь, га
Ольманские болота	Столинский	1998	94 219,0
Освейский	Верхнедвинский	1977 (2000)	27 754,0
Прибужское Полесье	Брестский	2003	7 950,0
Прилепский	Минский	2000	3 242,0
Простырь	Пинский	1994	3 440,0
Радостовский	Дрогичинский	1978 (2007)	6 685,17
Свитязянский	Новогрудский Кореличский	1970 (2007)	1 193,79
Селява	Крупский Чашникский	1993	1 9261,0
Синьша	Россонский	1996	13 398,0
Смычок	Жлобинский Речицкий	2000	2 635,0
Сорочанские озера	Островецкий	1998	13 059,0
Средняя Припять	Пинский Лунинецкий Столинский Житковичский	1999	90 447,0
Старица	Быховский	1997	2 033,0
Стрельский	Калинковичский Мозырский	1999	12 161,0
Стронга	Барановичский	1998	12 015,0
Тресковщина	Минский	2001	796,5
Черневичский	Березинский Борисовский Крупский	2005	10 180,0

Республиканские заказники организуются обычно сроком до 10 лет, а местные — до 5. Статус заказников может пересматриваться с течением времени. Их число в республике постоянно изменяется. Некоторые заказники со временем теряют свой охранный статус, а другие ранее не охранявшиеся территории приобретают статус ООПТ.

В границах заказника с учетом специфики расположенных на его территории особо охраняемых природных комплексов и объектов

положением о заказнике устанавливается единый или территориально дифференцированный режим его охраны и использования с ограничением отдельных видов деятельности и природопользования.

Особенности режима охраны и использования каждого заказника согласовываются с землепользователями и землевладельцами, земли которых расположены в его границах. Они обязаны соблюдать установленный режим охраны и использования заказника. На территории заказника в зависимости от целей его объявления могут быть запрещены:

- распашка земель, отдельные виды лесопользования, охота и рыболовство, выпас скота, сенокошение, сбор ягод, плодов и цветов, выкапывание корней, клубней и луковиц растений;
- добыча полезных ископаемых и производство других работ, связанных с использованием недр;
- предоставление участков под застройку;
- мелиоративные работы, а также другие действия, могущие вызвать изменение естественного гидрологического режима;
- использование ядохимикатов;
- туризм и другие формы организованного отдыха населения;
- движение механизированного транспорта вне дорог и водных путей общего пользования, вызывающее или могущее вызвать гибель растительного и животного мира;
- изыскания и научные исследования, связанные с нарушением или разрушением природных комплексов и объектов;
- другие виды хозяйственной и иной деятельности, отрицательно влияющие на сохранность природных комплексов и объектов, расположенных на территории заказника.

Памятники природы — охраняемые государством невозобновимые природные объекты и ландшафтные комплексы, имеющие особое научное, культурно-просветительское, эстетическое или историческое значение.

Памятник природы не всегда является территорией, к ним часто относятся не территориальные природные объекты (камни, отдельные деревья и т. д.). В этом случае памятник природы не является особо охраняемой природной территорией.

Среди памятников природы также выделяют памятники республиканского и местного значения, всего около 900. По данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды

(март 2008 г.) на территории нашей страны статус республиканских имеют 305 памятников природы. Наибольшее их число сконцентрировано в Гродненской, Минской и Витебской областях, из них более $\frac{2}{3}$ являются геологическими (табл. 6.2.2).

В зависимости от особенностей объекта охраны памятники природы подразделяются на следующие виды:

- ботанические (ботанические сады, дендрологические парки, произведения садово-паркового искусства, участки леса с ценными древесными породами, отдельные вековые или редкие породы деревьев и их группы, участки территории с реликтовой или особо ценной растительностью, места произрастания видов растений, находящихся под угрозой исчезновения и т. п.), предназначенные для сохранения, восстановления, изучения и обогащения разнообразия объектов растительного мира, ценных в экологическом, научном, культурном и хозяйственном отношении;
- гидрологические (озера, болота, участки рек с поймами, водохранилища и пруды, участки старинных каналов, родники и т. п.), предназначенные для сохранения и восстановления небольших по размерам ценных водных объектов;
- геологические (обнажение ледниковых отложений и коренных пород, характерные элементы рельефа, крупные валуны и их скопления, другие геологические объекты), предназначенные для

Т а б л и ц а 6.2.2 — Распределение по областям памятников природы республиканского значения

Область	Ботанические памятники природы	Геологические памятники природы	Гидрологические памятники природы	Итого
Брестская	27	4	—	31
Витебская	6	70	—	76
Гомельская	8	5	—	13
Гродненская	13	74	1	88
Минская	24	57	2	83
Могилевская	10	2	2	14
ВСЕГО	88	212	5	305

сохранения небольших по размерам ценных объектов или комплексов неживой природы.

Памятниками природы считаются ботанические объекты, такие как уникальные насаждения или отдельные деревья. К наиболее известным относятся: Пожежинские и Малоритские ельники в Малоритском районе, Язненская дубрава в Малоритском районе, старинный парк Тугановичи в Барановичском районе, парк Руткевичи в Щучинском районе, Кобринский парк, дуб А. Мицкевича близ Новогрудка, Несвижский парк, Добрушские ельники, Борецкая дубрава в Ивацевичском районе, Гомельский парк, Буда-Кошелевские дубы-богатыри. Геологическими памятниками являются «Большой камень» в Шумилинском районе (11 м в длину, 5,6 м в ширину и 2,8 м в высоту), Добружское геологическое обнажение (кварцевые пески (площадь 10 000 м²)), Мокранская дюна (площадь 1,6 км²), «Гора меловая с валунами», Хотиславская дюна (уникальная для Беларуси эоловая форма рельефа) в Малоритском районе. Гидрологическими памятниками являются родники, например Польшковичская криница в Могилевской области, чья вода отличается высоким содержанием серебра.

Особенности режима охраны и использования каждого памятника природы согласовываются с землепользователями и землевладельцами, земли которых расположены в его границах. Они обязаны соблюдать установленный режим его охраны и использования. Любая деятельность, угрожающая сохранности памятника природы, запрещается.

6.2.8 Красная книга

На территории нашей страны обитает около 11 000 видов животных и 1 800 видов растений. Некоторые из них имеют низкую численность по целому ряду причин, основной из которых является возрастающее негативное воздействие человека на живую природу.

Согласно статье 64 Закона об охране окружающей среды редкие и находящиеся под угрозой исчезновения на территории Республики Беларусь виды дикорастущих растений и диких животных включаются в Красную книгу Республики Беларусь.

Положение о Красной книге Республики Беларусь утверждается Советом Министров Республики Беларусь по представлению Мини-

стерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Особый правовой статус редких и находящихся под угрозой исчезновения видов организмов определяется природоохранным законодательством Республики Беларусь.

Красная книга — официальный документ неправительственных организаций, содержащий аннотированный и иллюстрированный перечень редких и исчезающих видов организмов, подлежащих охране.

Одной из задач Красной книги выступает обеспечение доступа к информации о тех видах, которые подвергаются наиболее высокому риску исчезновения. Ведение Красной книги Республики Беларусь, организация учета и контроля состояния редких и находящихся под угрозой исчезновения на территории Республики Беларусь видов дикорастущих растений и диких животных осуществляются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Действия, которые могут привести к уничтожению, снижению распространения и численности, нарушению среды произрастания дикорастущих растений и обитания диких животных, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, не допускаются.

Основой Красной книги Республики Беларусь является список указанных видов животных и растений, который утвержден Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 9 июня 2004 г. № 14.

Красная книга Республики Беларусь содержит сведения о биологических особенностях вида, его распространении в мире и на территории Беларуси, состоянии популяций вида, характере и степени угрозы его существованию. Для каждого вида в Красной книге дается его изображение и карта распространения на территории страны.

В 1-е издание Красной книги (1981 г.) было включено 80 видов животных и 85 видов растений. Во 2-м издании Красной книги Республики Беларусь (1993 г.) с учетом общепринятых научных принципов охраны и критериев определения статуса редких и исчезающих видов, а также на основании последних сведений по их распространению и экологии было указано 182 вида животных, 180 видов растений, 17 видов грибов и 17 видов лишайников. Во 2-е издание были дополнительно включены 107 видов живот-

ных и 109 видов растений и в то же время исключены 2 вида животных и 10 видов растений, по новым данным и критериям не являющихся исчезающими и редкими. Исключены были также 3 вида животных и 4 вида растений, ранее отнесенных к нулевой категории («по-видимому, исчезнувшие») вследствие отсутствия конкретных данных о состоянии их популяций и мест нахождения. Эти и другие подобные виды были включены в отдельный список в Приложении к Красной книге.

В результате применения новых универсальных подходов и критериев Красной книги Международного союза охраны природы при подготовке списка видов животных для 3-го издания Красной книги Республики Беларусь (2004—2005 гг.) произошли следующие изменения по группам животных: насекомых добавлено 27 видов, а исключено 36; млекопитающих включено дополнительно 4 вида, 1 вид исключен; птиц добавлено 16 видов, исключено 19; двустворчатых моллюсков добавлено 2 вида, исключен 1, кроме того, внесены четыре ранее отсутствовавшие вида жаброногих и по 1 виду пиявок, ракообразных, паукообразных и амфибий.

Таким образом, в 3-е издание Красной книги Республики Беларусь [7, 8] внесено **221** вид растений (173 вида высших сосудистых растений, 27 мохообразных и 21 вид водорослей), **24** вида лишайников, **29** видов грибов и **189** видов животных (млекопитающих — 17 видов, птиц — 72 вида, рептилий — 2 вида, земноводных — 2 вида, круглоротых — 1 вид, костных рыб — 10 видов, пиявок — 1 вид, паукообразных — 1 вид, жаброногих — 4 вида, высших ракообразных — 6 видов, многоножек — 1 вид, насекомых — 70 видов, моллюсков — 2 вида).

Для каждого вида в Красной книге обозначена категория национальной природоохранной значимости. До 1994 г. категории Международного союза охраны природы (МСОП), используемые в Красных книгах и списках для определения характера и степени угрозы выживанию видов, применялись с некоторыми модификациями почти 30 лет.

В декабре 1994 г. Совет МСОП принял версию № 2.3 категорий и критериев Красной книги, которые дали возможность оценить риск вымирания вида или более низкого таксона в глобальном масштабе. Новая версия № 3.1 категорий и критериев МСОП была принята Советом МСОП 9 февраля 2000 г. на 51-й встрече в Гланде (Швейцария)

и опубликована в 2001 г. При подготовке 3-го издания Красной книги Республики Беларусь использована версия № 3.1 [7; 8].

В 3-м издании Красной книги Республики Беларусь используются четыре категории национальной природоохранной значимости.

Категории национальной природоохранной значимости Красной книги Республики Беларусь в основном соответствуют общепринятым категориям Международного союза охраны природы: CR (находящиеся под глобальной угрозой исчезновения), EN (находящиеся под критической угрозой исчезновения), VU (уязвимые) и NT (близкие к первым трем категориям;), но они предусматривают учет и таких факторов, как международный и европейский статус, доля от европейской популяции, а также экологические, филогенетические, исторические и культурные аспекты, включая предпочтительное отношение к некоторым видам животных в сравнении с другими со стороны человека.

Категории национальной природоохранной значимости видов:

– *I категория (CR)* — является наивысшей национальной природоохранной категорией значимости, включает таксоны, имеющие очень низкую или быстро сокращающуюся численность, спасение которых невозможно без осуществления комплекса специальных мер, а также таксоны, национальная популяция которых имеет высокую международную значимость (страна несет ответственность за сохранение значительной доли от глобальной или европейской популяции). Эту категорию имеют из животных: норка европейская, беркут, большой подорлик, сизоворонка; из растений: хвощ большой, чистоус величавый, пихта белая;

– *II категория (EN)* — включает таксоны, в настоящее время не находящиеся под прямой угрозой исчезновения на территории страны, но имеющие неблагоприятный международный или европейский охранный статус, низкую численность, тенденцию к неуклонному сокращению численности и (или) ареала и прогнозируемое в ближайшем будущем ухудшение статуса. Эту категорию имеют из животных: бурый медведь, европейская рысь, зубр европейский, орлан-белохвост, скопа, филин, тритон гребенчатый, форель ручьевая, жук-олень; из растений: дуб скальный, береза карликовая, плющ обыкновенный, валериана двудомная;

– *III категория (VU)* — включает таксоны, не находящиеся под прямой угрозой исчезновения, но подверженные риску вы-

мирования в перспективе в силу морфо-физиологических и (или) поведенческих особенностей, делающих их уязвимыми при любых даже незначительных изменениях окружающей среды. Эту категорию имеют из животных: барсук, обыкновенный хомяк, большая белая цапля, черный аист, серый журавль, обыкновенный зимородок, зеленый дятел, хохлатый жаворонок, камышовая жаба, болотная черепаха, медянка, широчайший плавунец, большой дубовый усач, торфяниковая желтушка, моховой шмель, широкопалый рак, медицинская пиявка; из растений: белая кувшинка, высокий первоцвет (примула), клюква мелкоплодная, рододендрон желтый, терн обыкновенный (слива колючая), кадило сарматское, венерин башмачок настоящий, лук медвежий (черемша);

– IV категория (NT) — объединяет таксоны, не относящиеся к трем предыдущим категориям, но близкие к ним, имеющие неблагоприятные тенденции на окружающих территориях или зависящие от осуществляемых мер охраны. Эту категорию имеют из животных: серый гусь, болотная сова, европейская ряпушка, жужелица фиолетовая; из растений: ветреница лесная, купальница европейская, прострел (сон-трава) луговой, касатик (ирис) сибирский.

Недостаточно изученные, а также обычные в Беларуси таксоны, требующие внимания в силу высокого глобального природоохранного статуса или ряда других причин включены в дополнительный аннотированный список видов, требующих внимания (список профилактической охраны), соответствующий международным категориям LC (требующие внимания), DD (виды, по которым не имеется данных для оценки статуса угрозы), NE (виды, статус которых не оценен), а также включающий виды, восстановившие численность в результате уже предпринятых мер охраны.

В Красной книге имеется дополнительный список видов, по различным причинам требующих особого внимания, но не относящихся к видам национальной природоохранной значимости, а также аннотированный список исчезнувших с территории Беларуси видов.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют экологическим равновесием?
2. Что называется социальным обменом? Какие этапы он в себя включает?

3. В чем отличие социального обмена от биологического?
4. Что такое природопользование и рациональное природопользование?
5. Дайте определение экологического мониторинга, экологической экспертизы и экологической безопасности.
6. Что такое природные ресурсы?
7. Охарактеризуйте исчерпаемые и неисчерпаемые ресурсы.
8. Каковы меры по рациональному использованию и охране водных ресурсов?
9. Перечислите меры по рациональному использованию и охране атмосферы.
10. Каковы меры по рациональному использованию и охране земель и недр?
11. Каково значение биоресурсов в биосфере и жизни человека?
12. Перечислите меры по рациональному использованию и охране растительного и животного мира.
13. Какие территории относятся к особо охраняемым природным территориям?
14. Дайте определение заповедника, национального парка.
15. Назовите заповедники и национальные парки Беларуси.
16. Что такое заказники и памятники природы?
17. Какие категории заказников вам известны?
18. Приведите примеры заказников и памятников природы Беларуси.
19. Что называется «Красной книгой»?
20. Сколько видов организмов внесено в Красную книгу Беларуси?
21. Какие виды животных и растений внесены в Красную книгу Республики Беларусь?
22. Какие категории национальной природоохранной значимости видов выделены в Красной книге Беларуси?

6.3. Природоохранное законодательство Республики Беларусь.

Экологическое международное сотрудничество

6.3.1 Природоохранное законодательство Республики Беларусь как юридическая основа рационального природопользования и сохранения природы

Природоохранное законодательство является инструментом регулирования взаимодействия общества и природы. В Беларуси разработана солидная законодательная база в сфере охраны окружающей среды. Законодательство Республики Беларусь об охране природы основывается на Конституции Республики Беларусь. К наиболее важным из природоохранных законодательных актов относятся:

1. Конституция Республики Беларусь от 1994 года (с изменениями и дополнениями от 24 ноября 1996 г. и 17 октября 2004 г.).

2. Об охране окружающей среды: Закон Республики Беларусь, 26 ноября 1992 г.: в редакции Закона Республики Беларусь от 17 июля 2002 г.

3. О порядке приостановки эксплуатации оборудования, установок, цехов, производств, предприятий, организаций, работающих с нарушением норм и правил по охране окружающей среды: положение Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 22 марта 1995 г.

4. Концепция государственной политики Республики Беларусь в области охраны окружающей среды: утверждена постановлением Верховного Совета Республики Беларусь от 6 сентября 1995 г.

5. Положение о межрайонных лабораториях аналитического контроля при горрайинспекциях Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды: утверждено приказом Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 22 октября 1998 г.

6. Положение об общественном инспекторе охраны природы: приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 5 апреля 1999 г. № 87.

7. Научно-практический комментарий к Закону Республики Беларусь от 26 ноября 1992 года «Об охране окружающей среды»: в редакции Закона Республики Беларусь от 17 июля 2002 г.

8. О некоторых вопросах ввоза на территорию Республики Беларусь или вывоза за ее пределы озоноразрушающих веществ и (или) продукции, содержащей озоноразрушающие вещества: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 16 сентября 2005 г. № 44.

9. Об установлении республиканского сбора при ввозе на территорию Республики Беларусь озоноразрушающих веществ: Указ Президента Республики Беларусь от 19 апреля 2006 г. № 261.

10. О наделении должностных лиц Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и его территориальных органов полномочиями на составление протоколов об административных правонарушениях и подготовку дел об административных правонарушениях к рассмотрению: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 27 февраля 2007 г. № 17.

11. Об утверждении Инструкции об организации производственного контроля в области охраны окружающей среды и Инструкции о порядке разработки, согласования и утверждения инструкции по осуществлению производственного контроля в области охраны окружающей среды: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 17 марта 2004 г. № 4.

12. Об утверждении некоторых форм документов: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 11 апреля 2007 г. № 29.

13. О таксах для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде: Указ Президента Республики Беларусь от 24 июня 2008 года № 348.

14. О критериях отнесения хозяйственной и иной деятельности, которая оказывает вредное воздействие на окружающую среду, к экологически опасной деятельности: Указ Президента Республики Беларусь от 24 июня 2008 года № 349.

15. Об особо охраняемых природных территориях: Закон Республики Беларусь, 20 октября 1994 г.: в редакции Законов Республики Беларусь от 23.05.2000 № 396-З, от 29. 06.2006 № 137-З, от 07.05.2007 № 212-З.

16. О животном мире: Закон Республики Беларусь, 10 июля 2007 г.

17. О растительном мире: Закон Респ. Беларусь, 14 июня 2003 г.

18. Об утверждении положения о Красной книге Республики Беларусь: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 27 декабря 2007 г., № 1836.

19. Об утверждении Национальной стратегии развития и управления системой природоохранных территорий до 1 января 2015 г.: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 29 декабря 2007 г., № 1920.

20. О некоторых вопросах обращения с дикими животными, относящимися к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, и к видам, подпадающим под действие международных договоров, действующих для Республики Беларусь, и регулирования распространения численности диких животных: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 30 января 2008 г., № 126.

21. Об утверждении списков редких и находящихся под угрозой исчезновения видов диких животных и дикорастущих растений, включаемых в Красную книгу Республики Беларусь: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 9 июня 2004 г., № 14.

22. О реестре особо охраняемых природных территорий Республики Беларусь: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 16 апреля 2008 г., № 38.

23. Об установлении видов категорий национальной природоохранной значимости и критериев отнесения к ним редких и находящихся под угрозой исчезновения видов диких животных и дикорастущих растений: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 21 апреля 2008 г., № 41.

24. Об утверждении правил подготовки представлений об объявлении, преобразовании и прекращении функционирования особо охраняемых природных территорий: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 10 мая 2001 г., № 7.

25. О некоторых мерах по повышению эффективности ведения охотничьего хозяйства и рыбохозяйственной деятельности, совершенствованию управления ими: Указ Президента Республики Беларусь от 8 декабря 2005 г. № 580 (Указом утверждены: Правила ведения охотничьего хозяйства и охоты и Правила ведения рыболовного хозяйства и рыболовства).

26. О некоторых вопросах обращения с дикими животными, относящимися к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, и к видам, подпадающим под действие международных договоров, действующих для Республики Беларусь, и регулирования распространения и численности диких животных: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30 января 2008 г. № 126.

27. Об утверждении Правил добычи, заготовки и (или) закупки диких животных, не относящихся к объектам охоты и рыболовства: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 2 июня 2006 г. № 699.

28. Об утверждении Инструкции о порядке ведения учета объектов животного мира и объемов их использования, за исключением диких животных, относящихся к объектам охоты и рыболовства: Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 10 марта 2008 г. № 19.

29. О порядке приостановки эксплуатации оборудования, установок, цехов, производств, предприятий, организаций, работающих с нарушением норм и правил по охране окружающей среды: Положение Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 22 марта 1995.

30. Об охране атмосферного воздуха: Закон Республики Беларусь от 15 апреля 1997: в редакции Закона от 10.07.1997.

31. Требования в области охраны окружающей среды при размещении и эксплуатации объектов, осуществляющих сортировку и переработку коммунальных отходов: утверждены постановлениями Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 20 декабря 2004 г. № 38/37.

32. Правила контроля за соблюдением нормативов содержания загрязняющих веществ в отработанных газах и вредных физических и иных воздействий на атмосферный воздух механическими транспортными средствами: утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 14 мая 2007 г. № 63.

33. Об охране озонового слоя. Закон Республики Беларусь от 12 ноября 2001 г.

34. Водный кодекс Республики Беларусь: Закон Республики Беларусь от 15 июля 1998 г.

35. О питьевом водоснабжении: Закон Республики Беларусь от 24 июня 1999 г.

36. Об утверждении Положения о порядке установления размеров и границ водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов и режиме ведения в них хозяйственной деятельности и признании утратившими силу некоторых постановлений Совета Министров Республики Беларусь: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 21 марта 2006 года № 377.

37. Об утверждении Порядка работы землеустроительных органов, осуществляющих государственный контроль за использованием и охраной земель, по привлечению должностных лиц и граждан, виновных в нарушении земельного законодательства, к административной ответственности: Приказ Государственного комитета по земельным ресурсам, геодезии и картографии Республики Беларусь от 1 марта 1994 г. № 12.

38. Положение о рекультивации земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа, проведении геологоразведочных, строительных и других работ: утверждено приказом Госкомитета по земельным ресурсам, геодезии и картографии Республики Беларусь, 25 апреля 1997 г. № 22.

39. Кодекс Республики Беларусь о земле: Закон Республики Беларусь от 4 января 1999 г.

40. Кодекс Республики Беларусь о недрах: Закон Республики Беларусь от 15 декабря 1997 г.

41. Об утверждении ряда Положений по вопросам пользования недрами: Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 28 декабря 1998 г. № 396.

42. Положение о порядке осуществления государственного надзора за рациональным использованием и охраной недр, безопасным ведением работ, связанных с использованием недрами: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 5 февраля 1999 г. № 195.

43. Об упорядочении добычи общераспространенных полезных ископаемых на территории Белорусской ССР: постановление Совета Министров БССР, 30 января 1974 г., № 30.

44. О схеме рационального использования и охраны торфяных ресурсов Республики Беларусь на период до 2010 г. : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25 ноября 1991 г. № 440.

45. О мерах по усилению контроля за промысловой заготовкой, закупками и реализацией дикорастущей продукции и упорядочению этих видов деятельности: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 2 ноября 1998 г., № 1679.

46. Лесной кодекс Республики Беларусь: Закон Республики Беларусь, 14 июля 2000 г., № 420-3.

47. Положение о Государственной инспекции охраны животного и растительного мира при Президенте Республики Беларусь: Указ Президента Республики Беларусь, 27 января 2003 г., № 45.

48. О материальной ответственности за ущерб, причиненный лесному хозяйству: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 30 октября 1993 г., № 750.

49. О сроках вывозки древесины и освидетельствования мест рубок: Приказ Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, 12 апреля 1999 г., № 71.

50. Положение по рациональному использованию древесных отходов: утверждено Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды, 6 июля 1999 г.

51. О повышении эффективности использования древесных ресурсов: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 11 октября 2002 г., № 1410.

52. О государственной экологической экспертизе: Закон Республики Беларусь, 18 июня 1993 г. : в редакции Закона Республики Беларусь от 14 июля 2000 г.

53. Положение о координации экономически обоснованного использования отходов производства и потребления: утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь, 13 марта 1998 г., № 404.

54. Положение о порядке определения степени опасности отходов и установления класса опасности опасных отходов: утверждено постановлениями Министерства здравоохранения Республики Беларусь, Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 30 октября 2001 г., № 62/23/13.

55. Об организации использования отходов: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 1 февраля 2002 г., № 132.

56. О лимитах используемых (изымаемых, добываемых) природных ресурсов, допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросов сточных вод и размещения отходов производства: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 1 февраля 2005 г. № 119.

57. Об обращении с отходами: Закон Республики Беларусь, 20 июля 2007 г., № 271-3.

Важная роль в правовом обеспечении природоохранной деятельности принадлежит Уголовному кодексу Республики Беларусь и Кодексу Республики Беларусь об административных правонарушениях, которые предусматривают составы противоправных деяний (преступлений и правонарушений) в экологической сфере, а также определяют ответственность за них. В эти кодексы внесен ряд изменений, которые значительно усиливают ответственность за правонарушения в сфере охраны окружающей среды.

Основным законодательным актом в области охраны природы является закон «Об охране окружающей среды». В нем сформули-

рованы основные принципы охраны окружающей среды. Так, хозяйственная и иная деятельность юридических лиц и граждан, оказывающая воздействие на окружающую среду, должна осуществляться на основе следующих принципов:

- соблюдения права граждан на благоприятную окружающую среду и возмещение вреда, причиненного нарушением этого права;
- обеспечения благоприятных условий для жизни и здоровья граждан;
- научно-обоснованного сочетания экологических, экономических и социальных интересов граждан, общества и государства в целях обеспечения благоприятной окружающей среды;
- охраны, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов как необходимых условий обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности;
- предупредительного характера мер по охране окружающей среды и предотвращению вреда окружающей среде;
- государственного регулирования охраны окружающей среды и природопользования;
- платности специального природопользования и возмещения вреда, причиненного в результате вредного воздействия на окружающую среду;
- независимости контроля в области охраны окружающей среды;
- обязательности проведения государственной экологической экспертизы проектов и иной документации, обосновывающих хозяйственную и иную деятельность, которая может оказать вредное воздействие на окружающую среду, создать угрозу жизни, здоровью, имуществу граждан;
- учета природных и социально-экономических особенностей территорий при планировании и осуществлении хозяйственной и иной деятельности;
- приоритета сохранения естественных экологических систем, типичных и редких природных ландшафтов и природных комплексов;
- допустимости воздействия хозяйственной и иной деятельности на природную среду с учетом требований в области охраны окружающей среды;

- обязательности участия в деятельности по охране окружающей среды государственных органов, общественных объединений, иных юридических лиц и граждан;
- сохранения биологического разнообразия;
- обеспечения интегрированного и индивидуального подходов к установлению требований в области охраны окружающей среды к юридическим лицам и гражданам, осуществляющим хозяйственную и иную деятельность или планирующим ее;
- презумпции экологической опасности планируемой хозяйственной и иной деятельности;
- снижения вредного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду на основе использования технологий, обеспечивающих выполнение требований в области охраны окружающей среды, с учетом экономических и социальных факторов;
- запрещения хозяйственной и иной деятельности, которая может привести к деградации естественных экологических систем, изменению и (или) уничтожению генетического фонда объектов растительного и животного мира, истощению природных ресурсов и иным отрицательным изменениям окружающей среды;
- гласности в работе государственных органов, общественных объединений по вопросам охраны окружающей среды и обеспечения граждан полной, достоверной и своевременной информацией о состоянии окружающей среды;
- недопущения совмещения функций государственного регулирования, управления и контроля в области охраны окружающей среды и функций природопользования;
- ответственности за нарушение законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды;
- организации и развития системы образования, воспитания в области охраны окружающей среды и формирования экологической культуры;
- международного сотрудничества Республики Беларусь в области охраны окружающей среды.

Правовой режим природных ресурсов и других компонентов природной среды регулируется законодательством Республики Беларусь об охране окружающей среды, если иное не предусмотрено земельным, водным, лесным законодательством Республики Беларусь, зако-

нодательством Республики Беларусь о недрах, растительном мире, животном мире и другими законами Республики Беларусь.

Основными направлениями государственной политики Республики Беларусь в области охраны окружающей среды являются:

- обеспечение права граждан на благоприятную окружающую среду и возмещение вреда, причиненного нарушением этого права;
- совершенствование государственного управления в области охраны окружающей среды;
- научное обеспечение охраны окружающей среды;
- создание правового и экономического механизмов, стимулирующих рациональное использование природных ресурсов;
- рациональное использование природных ресурсов;
- совершенствование системы охраны окружающей среды и природопользования;
- создание сети особо охраняемых природных территорий;
- обеспечение сохранения биологического и ландшафтного разнообразия;
- обеспечение непрерывного функционирования Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь;
- проведение государственной экологической экспертизы;
- информирование граждан о состоянии окружающей среды и мерах по ее охране;
- организация и развитие системы образования, воспитания в области охраны окружающей среды и формирование экологической культуры, а также подготовка и переподготовка специалистов для деятельности в области охраны окружающей среды;
- оказание содействия общественным объединениям, осуществляющим свою деятельность в области охраны окружающей среды;
- привлечение граждан, общественных объединений к охране окружающей среды и контролю за ее состоянием;
- международное сотрудничество в области охраны окружающей среды.

Республиканским законодательством гражданам нашей страны предоставляются довольно широкие права в деле охраны окружающей среды. Так, каждый гражданин Беларуси имеет право:

- создавать в соответствии с законодательством Республики Беларусь общественные объединения, осуществляющие свою деятель-

ность в области охраны окружающей среды, и общественные фонды охраны природы;

- обращаться в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь, в органы государственного управления, иные организации и к должностным лицам для получения полной, достоверной и своевременной информации о состоянии окружающей среды и мерах по ее охране;

- принимать участие в подготовке и обсуждении материалов по оценке воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности;

- вносить предложения о проведении общественной экологической экспертизы и участвовать в ее проведении в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь;

- оказывать содействие государственным органам в решении вопросов охраны окружающей среды;

- осуществлять общественный контроль в области охраны окружающей среды;

- обращаться в государственные органы с жалобами, заявлениями и предложениями по вопросам, касающимся охраны окружающей среды, вредного воздействия на окружающую среду, и получать своевременные и обоснованные ответы;

- предъявлять в суд иски о возмещении вреда, причиненного их жизни, здоровью, имуществу в результате вредного воздействия на окружающую среду.

Каждому гражданину необходимо помнить и об обязанностях по отношению к природе. Граждане обязаны:

- соблюдать законодательство Республики Беларусь об охране окружающей среды;

- повышать экологическую культуру, содействовать воспитанию в этой области подрастающего поколения;

- беречь и охранять природную среду и рационально использовать природные ресурсы;

- выполнять требования в области обращения с отходами;

- выполнять требования пожарной безопасности;

- соблюдать правила охоты и рыболовства;

- выполнять требования, установленные в целях борьбы с бытовым шумом в помещениях, на улицах, во дворах, на территории

садоводческих товариществ (кооперативов), в местах отдыха и иных общественных местах;

- выполнять предписания органов и должностных лиц, осуществляющих государственный контроль в области охраны окружающей среды;

- возмещать в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь, вред, причиненный их действиями окружающей среде.

Все вышеобозначенные принципы, механизмы, права и обязанности, отраженные в законодательных актах, направлены на решение общих задач юридической основы охраны природы.

6.3.2 Задачи природоохранного законодательства

Основными задачами законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды являются:

- обеспечение благоприятной окружающей среды;
- регулирование отношений в области охраны природных ресурсов, их использования и воспроизводства;
- предотвращение вредного воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности;
- улучшение качества окружающей среды;
- обеспечение рационального использования природных ресурсов.

Функционирование природоохранного законодательства обеспечивается благодаря государственному управлению в этой сфере. Государственное управление в области охраны окружающей среды осуществляется Президентом Республики Беларусь, Советом Министров Республики Беларусь, Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и его территориальными органами, иными специально уполномоченными республиканскими органами государственного управления и их территориальными органами, местными Советами депутатов, исполнительными и распорядительными органами в пределах их компетенции.

К специально уполномоченным республиканским органам государственного управления относятся Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерство здравоохранения Республики Беларусь, Министерство по

чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь, Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии при Совете Министров Республики Беларусь и иные республиканские органы государственного управления в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

6.3.3 Международное сотрудничество в области экологии и охраны природы

В 1968 г. был создан *Римский клуб*, куда вошли люди, обеспокоенные тенденциями развития мирового сообщества. В 1991 г. Римским клубом были выделены четыре наиболее неотложные проблемы: демографическая, экологическая, продовольственная и энергетическая.

Угроза глобальной экологической катастрофы показала, что наиболее эффективным средством борьбы с ней является объединение усилий всего человечества в деле сохранения окружающей среды.

Международная деятельность в области охраны природы в настоящее время имеет ряд направлений [21]:

- мониторинг, обмен информацией, консультации, разработка и реализация национальных, двусторонних, региональных и международных программ, координация международной деятельности, введение норм, регулирующих деятельность правительства;
- разработка и установление соответствующих нормативной и информационной баз, необходимых для природоохранной деятельности, введение норм, регулирующих деятельность правительства;
- контроль за соблюдением установленных международных норм с помощью специальных технических средств, введение новых стандартов и норм и обеспечение их соблюдения;
- развитие международного сотрудничества в области эксплуатации техники, рационального использования ресурсов, экспертная помощь и т. д.

Сотрудничество в сфере экологии и охраны природы осуществляется на государственном и общественном уровнях. Международные природоохранные организации играют огромную роль на данном этапе развития общества. Их создание было вызвано катастрофическими изменениями в окружающей среде. Деятельность дан-

ных организаций направлена на защиту природы и, по существу, самого человека.

Главенствующую роль в этой работе играют ведущие международные организации, в частности, выступающие под эгидой ООН, которые вносят значительный вклад в дело охраны окружающей среды, развития экологии, экологического просвещения и образования.

ЮНЕСКО — Организация Объединенных Наций по образованию, науке и культуре (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organizations (UNESCO)) — образована в 1946 г. В ЮНЕСКО входит более 150 стран мира. Одним из главных направлений ее работы выступает экопросвещение, подготовка специалистов в области охраны природы, популяризация опыта и новейших методов рационального и комплексного использования природных ресурсов, проведение научных исследований по различным проблемам охраны природы.

В 1971 году ЮНЕСКО принята специальная программа «Человек и биосфера» (UNESCO Programme “Man and Biosphere” — М & В). Ее участниками стали 110 государств — членов ЮНЕСКО. Цели программы: проведение междисциплинарных исследований, подготовка специалистов в области управления природными ресурсами; выявление факторов, негативно воздействующих на окружающую среду; привлечение научного потенциала к проблеме методологии рационального исследования ресурсов; оказание помощи в планировании и реализации научных проектов и образовательных программ. Основная деятельность в рамках программы осуществляется через создание и управление сетью биосферных заповедников; формирование научных сетей по тематическим и географическим признакам; создание книг, отчетов, информационных материалов. ЮНЕСКО является организатором международного сотрудничества в экологическом образовании и просвещении.

ЮНЕП — Программа ООН по окружающей среде (United Nations Environment Programme (UNEP)). Программа действует с 1973 г. Участниками являются государства — члены ООН (58 государств — членов Совета). Цели программы: предоставление новейших данных о ресурсах биосферы, содействие общему планированию и управлению развитием при соблюдении максимальной социально-экономической выгоды, привлечение дополнительных финансовых средств для технической помощи, образования и профессиональ-

ной подготовки. ЮНЕП осуществляет программы в области управления окружающей средой; сохранения наземных экосистем; борьбы с опустыниванием, деградацией почв, загрязнением морской среды, изменением климата; утилизации опасных отходов.

КОСР (ЮНСЕД) — Конференция ООН по окружающей среде и развитию (United Nations Conference on Environment and Development (UNCED)) — создана в 1989 г. Участниками являются государства — члены ООН. Цель работы ЮНСЕД — взаимодействие государств по ключевым проблемам (защита атмосферы, охрана земельных и водных ресурсов, использование новых методов биотехнологии, приостановка деградации окружающей среды). Основная деятельность Конференции заключается в разработке национальных отчетов и рабочих программ по обозначенным выше проблемам.

ПРООН — Программа ООН по развитию (United Nations Development Programme (UNDP)) — начала работу с 1965 г. Участниками программы являются 189 государств. Цель программы — помощь развивающимся странам в построении более эффективной экономики и рационального использования природных ресурсов. Основная деятельность направлена на проведение исследований в сфере использования и охраны природных ресурсов, создание учебных заведений и материально-технической базы для проведения прикладных исследований по рациональному использованию ресурсов.

ВОЗ — Всемирная организация ООН по вопросам здравоохранения (World Health Organisation (WHO)) — была создана в 1946 г. Ее участниками являются государства — члены ООН. Цель организации — охрана и улучшение здоровья человека посредством контроля и управления негативным воздействием на окружающую среду. ВОЗ занимается проведением мероприятий по оздоровлению окружающей среды, в том числе обеспечением безопасности использования химических препаратов, оценкой и контролем за уровнем загрязнения окружающей среды, защитой от воздействия опасных техногенных факторов, в частности радиоактивного облучения, оценкой влияния изменений климата на здоровье человека, разработкой Глобальной стратегии охраны здоровья и окружающей среды и т. д.

Вопросами охраны природы занимаются также такие всемирные организации, как:

– *ММО (ИМО)* — Международная морская организация (International Maritime Organisation (IMO)); до 1982 г. функционировала

как специализированное агентство ООН — Межправительственная консультативная морская организация (Inter-Governmental Maritime Consultative Organisation);

– ЭСКАТО — Экономическая и социальная комиссия для Азии и Тихого океана (Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP));

– ВПО (ФАО) — Всемирная продовольственная организация (Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO)).

Важным моментом международного сотрудничества выступает проведение представительных научно-практических форумов и подписание документов природоохранного характера. Принятие совместных межправительственных соглашений позволяет определить основные направления международного сотрудничества в экологической и природоохранной сфере.

В 1970 г. был объявлен Европейский год охраны природы. Ему была посвящена конференция в Страсбурге на тему «Устройство среды обитания в Европе будущего».

В 1972 г. на Стокгольмской конференции ООН принята специальная Декларация об окружающей человека среде. В ней содержатся 26 принципов, ориентирующих человечество на правильный подход в деле охраны окружающей среды на международном уровне. По решению стокгольмской конференции ежегодно 5 июня отмечается как Всемирный день окружающей среды, или День защиты биосферы.

На первой сессии Совета ООН в 1973 г. были обозначены главнейшие проблемы по охране природы, среди которых предотвращение загрязнения воздуха, охрана и рациональное использование вод, предотвращение загрязнения океана, переработка и утилизация различных отходов, охрана и рациональное использование земель и повышение их плодородия, разработка методов наблюдения над биосферой по оценке влияния на нее хозяйственной деятельности (мониторинг).

Важной вехой в сохранении биоразнообразия нашей планеты стало подписание в 1973 г. в Вашингтоне Конвенции по международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (CITEZ). В ней говорилось, что дикая фауна и флора в их многочисленных формах являются незаменимой ча-

стью природных систем Земли, которые должны быть сохранены для настоящего поколения и для будущих.

В 1978 г. в Ашхабаде XIV Генеральной ассамблеей МСОП была одобрена *Всемирная стратегия охраны природы (ВСОП)*. Этот документ определяет цели охраны природы, приоритетные направления, назревшие задачи, средства, способы, формы и методы их решения. В 1980 г. Всемирная стратегия охраны природы вступила в действие в 35 странах. В 1991 г. была одобрена новая Всемирная стратегия охраны природы, получившая название «Забота о Земле — стратегия устойчивого существования».

Новая Всемирная стратегия охраны природы состоит из трех частей. Первая часть содержит девять принципов устойчивого существования: уважать и заботиться обо всем сущем на Земле; повышать качество жизни; сохранить жизнеспособность и разнообразие экосистем; предотвратить истощение невозобновляемых ресурсов; развиваться в пределах потенциальной емкости экологических систем; изменить отношение человека к стереотипам его поведения; поощрять социальную заинтересованность общества в сохранении среды обитания; выработать национальные концепции интеграции социально-экологического развития и охраны окружающей среды; способствовать достижению единства действий на мировом уровне. Во второй и третьей частях содержатся конкретные рекомендации по претворению в жизнь продекларированных принципов. Всемирная стратегия охраны природы — это обобщение мирового опыта природоохранной деятельности и своего рода руководство к действию для международных организаций, правительств, граждан разных стран.

В 1979 г. в Женеве подписана Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, имевшая огромное значение в предотвращении загрязнения атмосферного воздуха.

Генеральная Ассамблея ООН в 1982 г. приняла *Всемирную хартию охраны природы*. В этом документе представители правительств подавляющего большинства стран мира заявили, что основные природные процессы не должны нарушаться, что генофонд живых существ и их жизнеспособность не должны ставиться под угрозу, что численность популяций всех форм жизни должна сохраняться на уровне, достаточном для их выживания. В Хартии сказано, что «...любая форма жизни является уникальной и заслуживает уваже-

ния, какой бы ни была ее полезность для человека, и для признания этой неотъемлемой ценности других живых существ человек должен руководствоваться моральным кодексом поведения».

В 1983 г. *Международная комиссия ООН по окружающей среде и развитию* в докладе «Наше общее будущее» обосновала необходимость перехода к «новой эре экономического развития, безопасного для окружающей среды». В докладе подчеркивалось, что «человечество способно сделать развитие устойчивым — обеспечить удовлетворение нужд настоящего, не подвергая риску способность будущих поколений удовлетворять свои потребности». Было указано, что принцип «реагировать и исправлять» устарел и ныне необходимо руководствоваться принципом «предвидеть и предотвращать».

Конференция ООН по окружающей среде и развитию, которая проходила в 1992 г. в Рио-де-Жанейро, выделяется принятием ряда концептуальных актов. Правительствами 79 государств была принята Программа всемирного сотрудничества по обеспечению высокого качества окружающей среды, сбалансированного развития экономики и роста благосостояния людей. На конференции были определены три центральные проблемы современности: изменение климата, опустынивание и деградация земель, утрата биологического разнообразия.

С целью координации конкретных практических действий государств по этим проблемам на конференции были учреждены три конвенции: *Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК)*, *Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием/деградацией земель* и *Конвенция ООН о биологическом разнообразии*.

Главная цель РКИК заключается в том, чтобы «добиться стабилизации концентрации парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему».

Кроме того, на конференции в Рио-де-Жанейро был принят важный документ, известный под названием «Повестка дня на XXI век», или «Повестка-21». Он провозглашает следующие положения:

- все люди имеют право на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой;
- мир, развитие и охрана окружающей среды взаимосвязаны и неразделимы;

– экологические проблемы должны решаться наиболее эффективным образом при участии всех заинтересованных граждан, а государство должно поощрять участие населения и создавать условия для повышения экологического сознания и информированности населения;

– охрана и улучшение окружающей среды должны стать неотъемлемой частью процесса развития любого государства.

«Повестка-21» предполагает выполнение следующих принципов:

– все страны мира должны сотрудничать для того, чтобы помогать друг другу решать общие экономические, социальные и экологические проблемы;

– правительства должны обеспечивать экономическое развитие стран, которое не наносит ущерба природе;

– каждый человек в каждой стране должен заботиться о сохранении и улучшении окружающей среды, уважительно относиться к культурно-природному наследию, заботиться о своей стране, городе, селении, местности, об улучшении качества жизни.

Концепция устойчивого развития была впервые провозглашена на Конференции ООН в Рио-де-Жанейро. Под устойчивым развитием понимается возможность для всех человеческих сообществ удовлетворять свои базовые потребности — в жилье, питьевой воде, пище, благоприятной окружающей среде, качественном медицинском обслуживании, участии в принятии значимых социальных решений, социальной адаптации и т. д. Процесс устойчивого развития направлен на установление баланса между энергетической, экономической и социальной сферами с учетом политических, этических и культурных факторов.

Устойчивое развитие — это такое развитие, при котором удовлетворение нужд нынешнего поколения происходит без ущемления возможностей будущих поколений удовлетворять свои нужды в той же мере.

В данном определении заложены главные цели развития цивилизации, сопряженные с рациональным использованием природных ресурсов и охраны природы. Все это позволит сохранить биосферу и оптимизировать отношения общества с природой в процессе развития человеческой цивилизации.

В 2002 г. на Всемирном саммите по устойчивому развитию в Йоханнесбурге были подведены итоги работы за прошедшие 10 лет и обсуждены планы работы на будущее. Тогда же была принята Йоханнесбургская декларация по устойчивому развитию.

Переход к устойчивому развитию — это смена стратегии развития цивилизации, переход к построению постиндустриального — ноосферного — общества. В таком обществе мерилом богатства становятся не вещи, а духовные ценности и знания человека, живущего в гармонии с окружающей средой. Устойчивое развитие страны рассматривается как элемент устойчивого развития мирового сообщества, а национальные цели — как реализация общих целей и задач, принципов и направлений деятельности, изложенных в Повестке дня на XXI век, Декларации тысячелетий, Йоханнесбургской декларации по устойчивому развитию и других документах ООН.

Ключевым аспектом устойчивого развития выступает всеобщая ответственность, а именно чувство личной ответственности каждого за свое место в жизни и последствия своей деятельности не только в локальном, но и в глобальном масштабе. Одним из приоритетов всеобщей ответственности выступает ответственность по отношению к природе.

Существует ряд межправительственных организаций, деятельность которых направлена на сохранение биосферы:

1. *ОЭСР* — Организация экономического сотрудничества и развития (Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD)). Она создана в 1961 г. Участниками организации являются 24 государства. ОЭСР занимается анализом и решением проблем охраны окружающей среды (загрязнение воздуха, управление опасными отходами, утилизация промышленных отходов), выработкой рекомендаций по конкретным вопросам охраны окружающей среды, предоставлением информации и консультативных услуг, финансовой и технической помощи.

2. *РЭЦ* — Региональный центр по окружающей среде для Центральной и Восточной Европы (Regional Environmental Centre for Central and Eastern Europe (REC)). Создан в 1990 г. Центр содействует сотрудничеству между различными экологическими группами и движениями; оказывает финансовую помощь в решении экологических проблем и проблем развития инфраструктуры экологических организаций; осуществляет проекты по предотвращению деградации и восстановлению ресурсов окружающей среды, совершенствованию навыков решения экологических проблем; активно занимается вопросами организации экологического образования и просвещения, обмена экологической информацией.

3. *КАФФ* — Программа по охране арктической флоры и фауны (Conservation of Arctic Flora and Fauna (CAFF)). Программа принята в 1992 г., ее участниками являются 8 государств Арктического региона. КАФФ направлена на сохранение арктической флоры и фауны, условий обитания; защиту арктических экосистем от угрозы негативного антропогенного воздействия; улучшение законодательства, норм и практики по сохранению и управлению Арктикой; анализ и разработку рекомендаций по предотвращению угрозы биоразнообразию в Арктике и т. д.

4. *ВМО* — Всемирная метеорологическая организация (World Meteorological Organization (WMO)). Создана в 1947 г. Организация объединяет 166 государств. Ее деятельность направлена на развитие международного сотрудничества в области метеорологических наблюдений; содействие оперативному обмену информацией; стандартизацию метеонаблюдений, публикацию сводок и статистических данных. Под эгидой ВМО проводится развитие всемирной системы наблюдения за погодой и телекоммуникационной связи; выполнение всемирных программ по климату, исследованию атмосферы и окружающей среды, гидрологии и водных ресурсов.

5. *ВВФ* — Всемирный фонд дикой природы (World Wide Fund for Nature (WWF)). Был создан в 1961 г. в работе фонда принимают участие около 5,3 млн постоянных спонсоров и национальных ассоциаций всех континентов. Фонд финансирует проекты и программы, направленные на предотвращение деградации природных экосистем, сохранение биоразнообразия, помощь в построении будущего с гармоничным сосуществованием человека и природы, обеспечение устойчивой модели использования возобновляемых природных ресурсов, содействие снижению загрязнения, рациональному потреблению ресурсов и энергии, разработку стратегических подходов к проблеме сохранения флоры и фауны.

К межправительственным организациям, работающим в области экологии и охраны природы, относятся:

- *Пакт о Черноморском экономическом сотрудничестве* (Black Sea Economic Cooperation pact (Organisation) (BSEC));
- *Альпийское действие* (Alps Action);
- *Арктический Совет* (The Arctic Council);
- *ПАМЕ* (Рабочая группа по защите арктической морской среды — Working Group on Protection of the Arctic Marine Environment (PAME));

- *Организация защиты растений Европы и Средиземноморья* (European and Mediterranean Plant Protection Organisation (EPPO));
- *Европейский совет по природоохранному праву* (European Council on Environmental Law (CEDE));
- *Международный совет по охоте и охране дичи* (International Council for Game and Wildlife Conservation (CIC)) и др.

В деле охраны природы и проведения экологических исследований, организации экопросветительских мероприятий и проектов по экологическому образованию участвуют *ОБСЕ, Совет Европы и Межпарламентская ассамблея государств-участников Содружества Независимых Государств*.

В 1990 г. был образован *ГЭФ* — Глобальный экологический фонд, или Глобальный фонд окружающей среды (Global Environment Facility (GEF)). В него входят 142 страны (24 развитых и 118 развивающихся). Фонд оказывает финансовую поддержку проектов по сокращению выбросов парниковых газов, охране биоразнообразия, вод и озонового слоя, осуществляет выбор приоритетных направлений деятельности в области экологии и охраны природы.

Целый ряд проектов финансируется *Международным валютным фондом* и *Всемирным банком*.

Некоторые международные организации включают в себя как правительственные, так и неправительственные организации. Примером такой организации является *МСОП*.

МСОП — Международный (Всемирный) союз охраны природы (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), The World Conservation Union) — создан в 1948 г. В него входят 82 страны, 111 правительственных и более 800 неправительственных организаций, около 10 000 ученых и специалистов из 181 государства. МСОП содействует межправительственному сотрудничеству, деятельности общественных организаций и инициативных групп в сфере охраны окружающей среды. Фонд ведет активную работу по подготовке международных конвенций и соглашений, пропаганде достижений науки и техники по экологии и охране природы. При МСОП функционирует ряд комиссий: по охране редких и исчезающих видов животных и растений, национальных парков и других охраняемых территорий, экологии и др. МСОП издает Международную Красную книгу, справочники по особо охраняемым природным территориям. Большое внимание

отводится организации и проведению исследований редких организмов и уникальных природных экосистем.

Благодаря организации международного сотрудничества у различных учреждений и объединений появилась возможность обмениваться опытом, готовить профильных специалистов и организовывать совместную работу по различным вопросам в сфере экологии и охраны природы. Были созданы специальные учреждения, функционирующие в этом направлении. Важнейшими из них являются:

- *Европейская научно-исследовательская организация по окружающей среде* (European Environmental Research Organization (EERO));
- *Институт ООН по профессиональной подготовке и научным исследованиям* (United Nations Institute for Training and Research (UNFTAR));
- *Международная академия окружающей среды* (International Academy of the Environment);
- *Международный институт по окружающей среде и развитию* (International Institute for Environment and Development (IIED));
- *Международная академия окружающей среды* (International Academy of the Environment);
- *Международный институт по окружающей среде и развитию* (International Institute for Environment and Development (IIED));
- *Международный независимый эколого-политологический университет* (International Independent University of Environmental & Political Sciences (IIUEPS)).

В настоящее время становится все более очевидным тот факт, что глобальные экологические проблемы, проблемы обеспечения экологической безопасности, всеобщего экологического образования не могут быть успешно решены усилиями одних лишь государственных институтов. Одним из важнейших условий реализации стратегии устойчивого развития является общественная инициатива.

Это положение было закреплено в Декларации Международной конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.), в которой указывается, что «экологические вопросы решаются наиболее эффективным образом при участии всех заинтересованных граждан — на соответствующем уровне». Одной из таких заинтересованных сторон и выступает общественность и общественные организации экологического и природоохранного

профиля. Первые общественные экологические организации появились еще в конце XIX в. (Сьерра-клуб, США, 1892 г.). Они создавались любителями дикой природы и ставили перед собой цели по изучению и охране природы, воспитанию людей в духе бережного отношения к окружающей среде. В мире несколько тысяч таких общественных объединений.

Одной из ведущих экологических общественных организаций является *Гринпис* (Greenpeace International). Она создана в 1971 г. В Гринпис состоит около 3 млн человек из разных стран мира. Организация имеет сеть национальных и региональных отделений: 43 отделения в 30 странах. Гринпис проводит кампании по сохранению биоразнообразия, защите атмосферы от загрязнения, предотвращению выбросов в окружающую среду токсичных веществ, кампании противодействия использованию ядерного оружия и ядерной энергетики и др.

Вопросами содействия охране окружающей среды, сохранению и восстановлению природных ресурсов занимается созданное в 1974 г. *Европейское бюро по окружающей среде* (European Environmental Bureau (EEB)). Его участниками являются 75 неправительственных организаций из 12 стран Европы. Работа бюро направлена на распространение информации по природоохранной политике, охране природы и диких животных; контроль за загрязнением окружающей среды; разработку и реализацию образовательных программ в области охраны природы.

Широкую известность в мире, в том числе и на территории нашей страны, получила деятельность такой организации, как *МЗК — Международная организация «Зеленый крест»* (Green Cross International), которая была создана в 1993 г. В ее работе принимают участие национальные неправительственные организации и подготовительные комитеты из 50 стран. Целью работы МЗК является осуществление мер по борьбе с антропогенными экологическими бедствиями, содействие обмену экологическими знаниями и технологиями, поддержка в развитии природоохранного законодательства. Члены организации реализуют проекты по уничтожению токсичных веществ, созданию системы оповещения о катастрофах, экологическому просвещению, разработке международного экологического кодекса.

МСоЭС — Международный социально-экологический союз — создан в 1988 г. Он является единственной международной экологи-

ческой организацией, рожденной в СССР. На данный момент в МСоЭС состоят более 10 тысяч человек из 19 стран Европы, Азии и Северной Америки: Азербайджана, Армении, Беларуси, Великобритании, Грузии, Испании, Израиля, Казахстана, Киргизстана, Литвы, Молдовы, Норвегии, Палестины, России, Соединенных Штатов Америки, Таджикистана, Туркменистана, Узбекистана и Украины.

В сферу деятельности МСоЭС входят:

- участие в законотворческом процессе и контроль за соблюдением природоохранного законодательства;
- сохранение уникальных природных экосистем и восстановление нарушенных территорий;
- устойчивое лесное и сельское хозяйство;
- создание новых энергосберегающих и восстанавливающих окружающую среду технологий;
- химическое разоружение и ядерная безопасность;
- биологическая безопасность;
- проблемы экологии города;
- экологическое образование и просвещение;
- участие в оценке проектов, влияющих на окружающую среду и здоровье людей;
- проблемы изменения климата, чистоты воды и воздуха;
- проблемы здоровья, связанные с экологией.

Благодаря работе членов МСоЭС удалось сохранить уникальные природные территории в разных уголках Земли, были созданы несколько заповедников, природных парков и сотни заказников и памятников природы, идет работа над восстановлением нарушенных экосистем. Союз занимается уникальными экобезопасными технологическими разработками в разных областях: от сельского хозяйства до строительства зданий. МСоЭС реализует ряд программ и проектов, среди которых сохранение и развитие гражданского экологического движения на постсоветском пространстве, программа по восстановлению широколиственных лесов Евразии, совершенствование и ужесточение законодательства по биологической безопасности, участие в создании системы мониторинга лесов Земли на основании данных космосъемки и др.

В наше время экологические организации являются весьма значительной силой в обществе. Большая часть человечества понимает всю важность экологических проблем. Одним из факторов, способ-

ствующих этому, стала деятельность природоохранных правительственных и общественных организаций по защите окружающей среды и привлечению общественного внимания к экологическим проблемам. В результате в обществе экологические объединения имеют высокую степень авторитета, что является основой того влияния, которое они имеют на данный момент в мире.

6.3.4 Республика Беларусь как субъект международного сотрудничества в области экологии и охраны природы

Республика Беларусь, являясь членом ООН, принимает активное участие в деятельности большинства учреждений ООН (ЮНЕСКО, ЮНЕП ПРООН), работающих в сфере экологии и охраны природы. Наша страна активно сотрудничает со многими международными организациями, особенно с ОСЭР, МСОП, ВВФ, Всемирным банком и др.

Все проводимые в республике мероприятия в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности тесно согласуются с мерами, осуществляемыми международными организациями, а также в рамках двухсторонних межгосударственных договоренностей. Практические действия Республики Беларусь по преобразованию в области природопользования и охраны окружающей среды и ее оздоровлению отражены в Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь. Этот программный документ одобрен Советом Министров Республики Беларусь 25 марта 1997 г. и базируется на международных принципах устойчивого развития человеческой цивилизации. Он не только предполагает конкретные действия нашей страны в национальном плане, но и предусматривает широкое международное сотрудничество.

В 1992 г. Всемирным банком и Правительством Республики Беларусь было проведено исследование экологической стратегии Беларуси, многие направления которой успешно реализованы.

Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды совместно с МИДом и Министерством экономики, при финансовом и техническом содействии ПРООН и других международных организаций в 1997 г. проведена Международная конференция по устойчивому развитию стран с переходной экономикой.

В ее работе приняли участие делегации не только всех стран СНГ, но большинство стран Европы.

В 2003 г. на V конференции «Окружающая среда для Европы» Беларусь подписала соглашение по экологической стратегии для региона Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии.

Наша страна является участником ряда международных соглашений, таких как:

- Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (Женева, 13.11.1979);

- Протокол к Конвенции 1979 г. о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния относительно долгосрочного финансирования совместной европейской программы «Мониторинг и оценка переноса загрязнителей воздуха на большие расстояния» (Женева, 28.09.1984);

- Протокол к Конвенции 1979 г. о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния относительно сокращения выбросов серы и их трансграничных потоков по меньшей мере на 30% (Хельсинки, 8.07.1985);

- Протокол к Конвенции 1979 г. о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния относительно контроля за выбросами оксидов азота и их трансграничных потоков (София, 31.10.1988);

- Конвенция об охране озонового слоя (Вена, 22.03.1985);

- Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой (Монреаль, 16.09.1987);

- Рамочная конвенция об изменении климата (Нью-Йорк, 9.05.1992);

- Конвенция по международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (Вашингтон, 3.03.1973, с поправкой от 22.06.1979, Бонн);

- Соглашение в области охраны окружающей среды в рамках Межгосударственного экологического совета стран СНГ.

- Соглашение о контроле за трансграничной перевозкой опасных и других отходов;

- Конвенция о доступе к информации, участию общественности в принятии решений и доступу к правосудию по вопросам окружающей среды (Орхусская конвенция) и др.

Международное сотрудничество нашей страны реализуется и в сфере проведения совместных научных исследований, осуществле-

ния экологических образовательных программ. Постоянные представители, эксперты Республики Беларусь, выезжают за рубеж для участия в научных форумах и заседаниях рабочих групп международных организаций по реализации различных международных соглашений, а также для приобретения зарубежного опыта в области экологии и охраны окружающей среды.

Вопросы для самоконтроля

1. Какой закон является основным законодательным актом в области охраны природы в Республике Беларусь?
2. Каковы основные направления государственной политики Республики Беларусь в области охраны окружающей среды?
3. Какие права и обязанности предоставляются гражданам нашей страны в деле охраны окружающей среды?
4. Каковы основные задачи законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды?
5. Назовите 10 действующих в Республике Беларусь законов в области охраны природы.
6. Каковы направления международной деятельности в области охраны природы?
7. Назовите международные организации, работающие в сфере экологии и охраны природы.
8. Какие международные соглашения в области охраны природы вам известны?
9. Когда была принята Всемирная стратегия охраны природы?
10. Участником каких международных соглашений в сфере экологии и охраны природы является Беларусь?

Раздел 7

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОСТИ

7.1 Глобальные экологические проблемы

7.1.1 Категории экологических проблем

Непродуманная хозяйственная деятельность поставила человечество на грань экологической катастрофы и породила экологические проблемы.

Термин «экологическая проблема» уже давно используется в экологии. Он применяется для обозначения кризисной экологической ситуации, которая вызывает нарушение экологического равновесия и представляет угрозу для стабильного существования биологических макросистем, здоровья человека. Категории же этих проблем зачастую определяют непоследовательно. Так, в литературе [10] довольно часто приходится сталкиваться с понятием «глобальные экологические проблемы», но иногда к данной категории причисляют региональные проблемы, ссылаясь на факт рассмотрения этих ситуаций на международных форумах. Например:

- химическое загрязнение атмосферы и, как следствие этого, образование кислотных осадков;
- радиоактивное загрязнение локальных участков с тенденцией его расползания по поверхности Земли;
- опустынивание обширных территорий;
- истребление лесного покрова Земли, уменьшение площадей тропических и северных лесов, сокращение площади тропических лесов и северной тайги — основных источников поддержания кислородного баланса планеты;
- управление отходами, образуемыми в процессе человеческой деятельности;
- замусоривание околоземного космического пространства, последствия которого до конца пока не осмыслены, если не считать

реальную опасность космическим аппаратам, включая спутники связи, локации поверхности Земли и другие, широко используемые в современных системах взаимодействия между людьми и государствами;

- изменение геохимии ландшафтов в связи с теплоэнергетикой, перераспределением элементов между недрами и поверхностью Земли в результате горнометаллургического передела (например, концентрация тяжелых металлов) или извлечения на поверхность аномальных по составу высокоминерализованных подземных вод и рассолов;

- нарушение глобального и регионального экологического равновесия, соотношения экологических компонентов в прибрежной части суши и моря;

- освобождение в результате всех вышеуказанных процессов экологических ниш и заполнение их иными видами;

- исчерпание многих месторождений минерального сырья и постепенный переход от богатых ко все более бедным рудам;

- усиление социальной нестабильности как следствия все большей дифференциации разнообеспеченных слоев населения многих стран, возрастания уровня вооруженности их населения, криминализации, природных экологических катаклизмов.

Некоторые из вышеобозначенных проблем вообще носят экономический или социальный, а не экологический характер. Поэтому очевидна необходимость точной трактовки категорий экологических проблем во избежание подобной путаницы.

Различают три категории экологических проблем: глобальные, региональные и локальные.

Глобальные экологические проблемы — кризисные экологические ситуации, актуальные для всей планеты, решение которых возможно только при участии всего человечества. К ним относятся:

- проблема сокращения биоразнообразия Земли и деградации экосистем;

- проблема климатических изменений: потепление климата;

- проблема разрушения озонового слоя;

- проблема глобального загрязнения атмосферы и воды, загрязнения и деградации земель;

- проблема увеличения населения Земли.

Региональные экологические проблемы — кризисные экологические ситуации, актуальные для отдельных природных регионов или государств, решение которых возможно на международном или региональном уровнях. К данной категории относятся проблемы отдельных природных регионов (проблема опустынивания и потери продуктивности земель, проблема уничтожения тропических лесов, экологические проблемы Прикаспийского региона, Европы, Азии и т. д.) или проблемы отдельных государств (экологические проблемы Беларуси, Франции, России и т. д.).

Локальные экологические проблемы — кризисные экологические ситуации на небольших территориях или в отдельных населенных пунктах, их решение возможно на местном или региональном уровнях. К таким проблемам относятся, например, экологические проблемы Минской области, Ляховичского района, города Барановичи и т. д.

Любая из глобальных проблем складывается из отдельных региональных и локальных экологических проблем. Их можно и нужно решать на местном уровне, к этому процессу должен быть приобщен прямо или косвенно каждый житель страны, области, города или села.

7.1.2 Сокращение биоразнообразия Земли и деградация экосистем

Биоразнообразие — совокупность всех видов организмов, обитающих на Земле.

В настоящий момент на планете обитает 500 000 видов дробянок, 300 000 видов грибов, 500 000 видов растений и 1 500 000 видов животных. Биоразнообразие является одним из важнейших показателей, обеспечивающих устойчивость экосистем. Чем большее число видов входит в состав экосистемы, тем она более устойчива и стабильна. Однако в последнее время наблюдается процесс интенсивного исчезновения видов самых разных организмов, что способствует деградации экосистем. Это связано с тем, что стабильность существования экосистемы непосредственно связана с числом видов организмов, входящих в экосистему. Сокращение числа видов вызывает нарушение структуры сообществ, ведет к

разрушению пищевых цепей и нарушению круговорота веществ, что негативно сказывается на состоянии экосистемы.

Вымирание видов естественным путем довольно длительный процесс. Палеонтологические данные указывают, что средняя скорость вымирания составляет 1 вид в столетие. По подсчетам ученых в среднем вид птиц существует на Земле около 2 000 000 лет, а млекопитающих — около 600 000 лет. Однако из-за деятельности человека, а именно благодаря загрязнению окружающей среды, уничтожению мест обитания организмов, нерегламентированной охоте, заготовке растительного сырья и другим видам хозяйственной деятельности, скорость исчезновения видов увеличилась в 40 раз. За последние 400 лет с лица Земли исчезло 107 видов и подвидов млекопитающих, 160 видов и подвидов птиц. По данным Международного союза охраны природы на грани исчезновения находится 11 167 видов животных и 5 714 видов растений.

По прогнозам ученых, если темпы вымирания сохранятся на таком же уровне, к 2100 г. мы можем потерять 2/3 всех видов организмов, населяющих планету. Это может привести к биосферному кризису. На восстановление потенциала биоразнообразия биосфере потребуется 5 000 000 лет.

С целью сохранения биоразнообразия Земли и естественных экосистем в 1992 г. в Рио-де-Жанейро была подписана Конвенция о биологическом разнообразии в рамках Программы ООН по окружающей среде.

7.1.3 Потепление климата Земли

Климат не является константным. Он изменялся и изменяется на протяжении всей истории Земли. В основе таких изменений могут лежать космические или геоморфологические причины. Однако основной причиной изменения современной климатической обстановки является хозяйственная деятельность человека, которая стимулирует возникновение парникового эффекта.

В связи с интенсивным развитием промышленности и транспорта изменился пылевой состав атмосферы. Установлено, что за последние 100 лет количество пыли в атмосфере возросло в 20 раз.

Однако более значительным фактором, способствующим потеплению климата, является увеличение концентрации в нижних сло-

ях атмосферы парниковых газов (углекислый газ, метан, сернистые соединения, оксид азота, гексафторид серы, озон, фреоны). Они, пропуская тепловые солнечные лучи к поверхности Земли, препятствуют тепловому излучению в обратном направлении — в космическое пространство. В результате накопления парниковых газов повсеместно на планете наблюдается повышение температуры. За последние 10 лет температура воздуха вблизи поверхности земли возросла на $0,15^{\circ}\text{C}$.

Основным парниковым газом является углекислый газ, концентрация которого неуклонно растет из-за сжигания органического топлива, а также уничтожения лесных и болотных экосистем, которые являются эффективными фиксаторами углерода. За последние 10 лет количество выбросов в атмосферу углекислого газа увеличилось в 2,5 раза. По прогнозам ученых к 2025 г. температура может повыситься на $2,2\text{—}2,5^{\circ}\text{C}$, а к 2100 г. — на $4,5\text{—}6^{\circ}\text{C}$. К концу XX в. концентрация углекислого газа повысилась с 0,030% до 0,039%.

Последствиями глобального потепления выступает таяние полярных льдов в Антарктиде и Арктике, ледников и снежников в горах. С конца 1960 г. установлено 10%-ое снижение площади снежного покрова. Отступают горные ледники в Северном полушарии, наблюдается сильное и быстрое таяние ледников Гренландии.

Парниковый эффект вызывает перераспределение переноса влаги воздушных масс. Это может привести к тому, что многие засушливые районы планеты в течение небольшого промежутка времени превратятся в пустыни. Подобные процессы уже наблюдаются на африканском континенте. В других регионах Земли в противоположность этому может повыситься уровень выпадения осадков, как, например, в некоторых регионах Юго-Восточной Азии, Европы и Америки. В целом, в XX в. количество осадков увеличивалось на $0,5\text{—}1,0\%$ за каждое десятилетие, главным образом в средних и высоких широтах Северного полушария. В то же время в континентальных районах субтропических широт Северного полушария наблюдалось уменьшение количества осадков на $0,3\%$ за десятилетие.

Все вышеперечисленные явления ведут к повышению уровня Мирового океана. В настоящее время подъем уровня Мирового океана составляет примерно $0,25\text{ м}$ за 100 лет. Только за 1993—1996 гг. он повышался со скоростью $5,8\text{ мм}$ в год. Однако средняя скорость его подъема в последние годы прошлого века в целом бы-

ла около 3,5 мм в год. Поступление значительного количества талых вод в океан может привести к подъему его уровня до 0,9 м уже к 2100 г. По прогнозам ученых при повышении температуры более чем на 1,5—2°C площади льдов на Земле могут сокращаться катастрофически, что должно привести к еще большему повышению уровня Мирового океана (до 2 м). Подобное повышение вызовет затопление наиболее биопродуктивных областей биосферы (прибрежных тропических лесов, коралловых рифов и т. д.), что может вызвать экологический кризис планетарного масштаба.

Затопление ряда регионов может привести и к серьезным социальным потрясениям — миграции населения в центральные материковые районы и перераспределению территории всех государств.

В 1997 г. в японском городе Киото на международном совещании по глобальному изменению климата, делегатами которого являлись представители 160 государств, был подписан Протокол о сокращении выбросов парниковых газов, в первую очередь CO₂. Киотский протокол предусматривает систему квот на выбросы CO₂ и других парниковых газов и обязывает 38 индустриально развитых стран сократить к 2008—2012 гг. эти выбросы на 5%.

7.1.4 Разрушение озонового слоя

Озон, трехатомная форма кислорода, образуется в верхних слоях атмосферы под действием жесткого (коротковолнового) ультрафиолетового излучения Солнца. Благодаря способности задерживать это излучение озон создает экран, защищающий все формы жизни, включая человека, от канцерогенного и мутагенного действия УФ-излучения. По оценкам специалистов, в атмосфере содержится около 3 млрд т озона, однако это всего лишь 0,000 06% атмосферных газов.

Наиболее эффективно процесс образования озона проходит в верхних слоях атмосферы, на высоте 25—50 км, где под действием жесткого УФ-излучения Солнца возникает практически весь озон [17]. Основная масса озона располагается на высоте около 40 км. Достаточно небольшое его количество может образовываться при грозовых разрядах и других электрических явлениях вблизи поверхности Земли.

Естественные колебания содержания озона вызваны циклическими изменениями активности Солнца и выбросами вулканических газов при извержениях.

Синтез озона идет в дневное время, причем в тропиках интенсивнее, чем в средних и высоких широтах. Самопроизвольный распад озона и его разрушение во взаимодействии с различными атмосферными примесями идут постоянно в любое время суток. В результате возникает динамическое равновесие между синтезом и распадом озона. Колебание его концентрации составляет всего 0,5—1%.

Основными причинами, вызывающими разрушение озонового экрана планеты, выступают:

- выбросы в атмосферу фреонов — хлорфторуглеродов, которые используются в качестве хладагентов;
- полеты реактивной авиации и запуски ракет.

Загрязнение воздуха хлором и его соединениями, резко усилившееся с развитием холодильной техники на фреонах, а также выбросами двигателей высотной авиации и ракет с твердотопливными двигателями, ведет к прогрессирующему ослаблению озонового слоя. Для преодоления этой опасности необходимы согласованные действия всех развитых стран по разработке новых, безопасных для озонового слоя технологий в промышленности и транспорте, включая ракетную технику.

Фреоны широко используются в бытовых и промышленных холодильных установках как хладагент, откуда они регулярно попадают в воздух. Дополнительный источник попадания фреонов в воздух создают широко используемые в быту баллончики с дезодорантами, красками, репеллентами и другими веществами, распыляющими носителями которых являются фреоны. Ежегодно в атмосферу выбрасывается около 800 000 т фреонов.

Молекулы фреонов химически не активны, поэтому они безопасны для организмов в нижних слоях атмосферы, но, поднимаясь в более высокие слои атмосферы, они ведут себя по-другому. Попадая в озоновый слой и более высокие слои атмосферы, фреоны под действием УФ-излучения легко разрушаются, высвобождая активный хлор, который катализирует распад озона. Хлор активно соединяется с озоном, давая монооксид хлора и кислород. В свою очередь монооксид хлора легко присоединяет второй атом кислорода, при этом хлор освобождается и может вступить в реакцию со

следующей молекулой озона. Одна молекула хлора за среднее время своего существования в верхних слоях атмосферы способна разложить 100 000 молекул озона [17].

Хлор также может попадать в атмосферу при утечках и авариях в химической промышленности, он используется в органическом синтезе.

Реактивная авиация является источником попадания в атмосферу хлора и оксидов азота, особенно при полетах на высотах более 20 км при непосредственном контакте с озоновым экраном. Разрушают озоновый слой и ракетные двигатели, в первую очередь твердотопливные. Высокая температура на соплах реактивных двигателей способствует окислению атмосферного азота. По сравнению с хлором оксиды азота менее опасны: одна молекула оксида азота разлагает в среднем всего 10 молекул озона. Опасность оксидов азота заключается в том, что их содержание в воздухе значительно выше, чем хлора.

Озон могут разрушать и другие вещества: окись углерода, водород, окись серы, но по сравнению с хлором и оксидами азота. Они практически безвредны.

За последние 20 лет содержание озона в атмосфере уменьшилось на 4—15% в разных регионах планеты. Наиболее быстро разрушается озоновый экран над полярными областями Земли. Так, площадь озоновой дыры над Антарктидой колеблется от 5 до 10 млн км².

Подобные темпы разрушения озонового слоя могут привести к серьезным экологическим последствиям. Уменьшение содержания озона на 1% ведет к увеличению числа заболеваний раком кожи на 5—7% (около 60 000 случаев).

Повышение уровня жесткого УФ-излучения Солнца способствует возникновению и развитию такого заболевания глаз, как катаракта, которое уже сейчас практически не имеет возрастного ограничения.

Снижение содержания озона в атмосфере на 10% вызовет деградацию ряда водных экосистем, так как фитопланктон, который выступает в этих биологических макросистемах как основной производитель первичной биологической продукции, очень чувствителен к повышению уровня ультрафиолетового излучения.

Нельзя недооценивать и опасность для биосферы возрастания скорости и частоты мутационного процесса, который также будет стимулироваться благодаря разрушению озонового экрана и увеличению интенсивности жесткого УФ-излучения.

В 1987 г. представители 93 государств подписали Монреальский договор по климату, в соответствии с которым предусматривается постепенный отказ от использования фреонов и других озоноразрушающих веществ.

7.1.5 Глобальное загрязнение атмосферы и воды, загрязнение и деградация земель

Во второй половине прошлого века глобальное загрязнение основных сред жизни в биосфере достигло устрашающих размеров. Сейчас трудно отыскать на Земле участок, который бы никогда не подвергался антропогенному загрязнению. Вещества-загрязнители мигрируют с воздушными массами, с морскими течениями, встраиваясь в процессы геологического и биологического круговоротов веществ в биосфере. Основными источниками загрязнения окружающей среды являются предприятия энергетики, тяжелой, химической, горнодобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, автотранспорт, предприятия сельского хозяйства.

В процессе сжигания топлива в атмосферу попадает около 280 видов веществ, большинство из которых представляют опасность для окружающей среды, среди них — оксиды азота и углерода, бензопирен, альдегиды, сернистые и другие соединения. Данные вещества являются основой при возникновении смога — ядовитого тумана, который опасен для всех живых организмов.

Уровень антропогенных выбросов в окружающую среду в конце прошлого века достиг колоссальных объемов: 18 млн т углеводородов, 37 млн т оксидов углерода и 27 млн т взвешенных веществ ежегодно [21].

Повсеместное загрязнение атмосферы является причиной выпадения кислотных дождей, которые наносят огромный вред окружающей среде. Они содержат растворы серной и азотной кислот. Их образованию способствуют в основном оксиды серы (серный (SO_3) и сернистый (SO_2) газы), оксиды азота, летучие органические соединения (ЛОС) и многие другие вещества.

Главный источник попадания сернистого газа в атмосферу — сжигание органического топлива (угля и горючих сланцев (67%), нефти (12%)), а также выплавка меди (13%) [21]. Основным по-

ставщиком серы в атмосферу являются ТЭС. Соединения азота поступают в атмосферу также при сжигании топлива.

Попадание летучих органических соединений в воздушную среду происходит в основном за счет транспортных средств, при сжигании топлива, при использовании в промышленности и быту красок, органических растворителей, при хранении нефтепродуктов, в результате лесных пожаров. В состав этих веществ входят реакционно-способные алканы (пропан, н-бутан и др.) — 50%, олефины (этилен, пропилен и т. д.) — 23%, ароматические углеводороды — 18%, альдегиды и кетоны — 8%, органические кислоты — 1%.

Довольно заметную роль в образовании кислотных дождей играют аммиак, хлористый и фтористый водород. Аммиак поступает в атмосферу в процессе промышленного производства. Хлорид и фторид водорода образуются преимущественно при сжигании угля и при работе предприятий тяжелой и химической промышленности (в основном при производстве алюминия).

Особенно остро стоит проблема загрязнения водных объектов антропогенными стоками. К концу XX в. на земном шаре объем загрязненных стоков составлял не менее 530 л на одного человека в сутки. А 1 л такой воды загрязняет 15—20 л чистой воды в водных объектах [21]. Не удивительно, что повсеместно ощущается дефицит пресной воды, который связан не с общепланетарным уменьшением ее количества, а с ее загрязнением.

Среди загрязнителей водной среды на первом месте стоят нефть и нефтепродукты. По данным ученых, в настоящее время до 20% поверхности Мирового океана покрыто нефтяными пленками. Ежегодно в воды попадает около 4 млн т нефти и нефтепродуктов. Одна капля нефти, растекаясь по поверхности воды, занимает площадь 30—150 см², а 1 т нефти — 12 км². Толщина нефтяной пленки может достигать толщины 2 см. Она стойка к окислению, достаточно подвижна и может распространяться на расстояние до 300 км от места попадания в воду. Нефть является причиной гибели животных от отравления и потери гидрофобности покровов (птицы, млекопитающие), вызывает нарушение кислородного обмена в водных экосистемах, препятствуя доступу этого жизненно необходимого газа в водную среду. Последствия подобного явления — массовая гибель водных животных и, как следствие, изменение видовой структуры водных биоценозов.

Значительно загрязняются водоемы и водотоки синтетическими поверхностно-активными веществами (СПАВ). Они входят в состав синтетических моющих средств (СМС). Присутствие этих веществ в воде придает ей неприятный вкус и запах. Концентрация СМС в воде 1 мг/л вызывает гибель одноклеточного фито- и зоопланктона, ряда других мелких планктонных организмов, 3 мг / л — гибель планктонных и бентосных ракообразных, а 5 мг / л — гибель большинства видов пресноводных рыб.

Огромную опасность для водоемов и водотоков представляют радиоактивные вещества, соединения тяжелых металлов. Так, ежегодно в воды Мирового океана попадает около 200 000 т свинца, до 5 000 т ртути и кадмия. При захоронении радиоактивных отходов не соблюдаются требования по безопасному затоплению контейнеров (их сбрасывают на глубине менее 400 м вместо 3—4 км, а содержимое контейнеров не заливаются стеклом, бетоном, битумом) [21]. В моря иногда осуществляется простой слив радиоактивных отходов.

Заметную долю в процесс загрязнения водной среды вносит сельское хозяйство. Среди основных загрязнителей выступают стоки животноводческих ферм, ядохимикаты, особенно долгоживущие, минеральные удобрения (азотсодержащие, в том числе нитраты, фосфатные, калийные, хлорсодержащие). До 40% используемых на полях удобрений оказывается в воде. Попадание в естественные экосистемы ядохимикатов и минеральных удобрений вызывает массовую гибель рыб, насекомых, птиц и других животных. В Европе 40% всех случаев гибели птиц по вине человека приходится на отравление минеральными удобрениями.

Загрязнение земель антропогенными отходами приобрело планетарный масштаб. Свалки бытовых и промышленных отходов разрастаются как раковые опухоли на теле земли. Перечень основных загрязнителей все тот же: соединения тяжелых металлов, полимерные материалы, радиоактивные вещества, нефтепродукты, хлор- и фторсодержащие вещества, соединения серы и азота.

Несоблюдение технологических правил ведения сельхозработ, нерегулируемый выпас скота, неграмотная мелиорация приводят к эрозии почвенного покрова. Эрозия почв — одна из главных причин выбывания их из сельхозоборота. В результате этого процесса в мире каждую

минуту теряется до 20 га плодородных земель. В настоящий момент около 6 млн га выведено из сельскохозяйственного использования из-за их загрязнения и разрушения почвенного покрова.

7.1.6 Увеличение населения Земли

На протяжении всей истории цивилизации наблюдался неуклонный рост численности человечества. Это способствовало увеличению темпов воздействия человеческого общества на окружающую среду.

К Хв. население планеты составляло всего 265 млн человек. Рост населения был незначителен, что объяснялось высокой смертностью по причине низкого уровня развития медицины и постоянных войн. В последующие 650 лет население увеличилось до 545 млн человек, в 1750 г. численность людей составляла 728 млн, в 1850 г. — 1 170 млн, в 1950 г. — 2 517 млн человек, а в 1987 г. — 5 млрд человек. Сейчас на планете живет более 6 млрд человек [15].

Если с середины XVII до середины XVIIIв. население увеличилось на 34%, с середины XVIII до середины XIXв. — на 61%, то в течение XXв. — на 115%. Темпы роста количества населения возрастают. Они обусловлены, прежде всего, демографическими изменениями в развивающихся странах, особенно начиная со второй половины XXв. С 1970 по 1993 г. население планеты увеличилось на 1,6 млрд человек. Если сохранятся современные темпы роста (1,8—2% ежегодно), то к 2030 г. население Земли увеличится до 10 млрд человек [15].

Неограниченный рост человеческого общества приводит к тяжелым последствиям: загрязнению окружающей среды, трансформации природных ландшафтов, сокращению биоразнообразия и уничтожению естественных экосистем.

Население Земли ежегодно увеличивается на 75—80 млн человек (по оценкам некоторых специалистов почти на 100 млн человек). Ускоренные темпы роста численности населения связаны с увеличением рождаемости и снижением смертности. Самые высокие темпы прироста населения (20%) наблюдались в начале 60-х годов прошлого века в развивающихся странах Африки, Азии, Латинской Америки.

Резкий рост уровня медицинского обслуживания, улучшение условий жизни, снижение количества голодающих способствовали увеличению продолжительности жизни. Так, средняя продолжительность жизни в неолите едва достигала 18 лет, в античные времена составляла 25 лет, в средние века — 30 лет, в начале XVIIв. — 35, в начале XXв. — 50 лет, а в конце XXв. — 63 г.

Большинство экологических проблем разных категорий наиболее остро ощущаются в связи с процессами роста городов и их промышленных зон. Города поставляют в окружающую среду около 80% объема веществ загрязнителей. Если в начале XX века в городах проживало всего около 10% населения, то сейчас — около 50%, хотя доля урбанизированных территорий составляет всего 1% от общей площади суши. В среднем доля городского населения ежегодно увеличивается на 0,8%. С 1950 по 1992 г. число городских жителей увеличилось в 32 раза [15].

Крупнейшими городами мира являются Токио (35,2 млн человек), Мехико (19,2 млн), Нью-Йорк (18,7 млн), Сан-Паулу (18,3 млн), Мумбаи (18,2 млн), Дели (15 млн), Шанхай (14,5 млн), Дакка (11,9 млн) и Карачи (11,6 млн). Более 10 млн. человек проживает в Бомбее, Буэнос-Айресе, Рио-де-Жанейро, Лондоне, Париже, Каире, Осаке и Сеуле.

Ряд ученых считают данную экологическую проблему основной, базовой, являющейся первопричиной возникновения всех вышеперечисленных глобальных экологических проблем. Не будь такого увеличения населения Земли, не было бы такой масштабной потребности в природных ресурсах и роста производства, соответственно не было бы глобального загрязнения биосферы, расширения трансформации природных ландшафтов, разрушения и деградации естественных экосистем, не возникала бы угроза озоновому слою, климату и биоразнообразию Земли.

По словам Ф. Раманда, главная проблема, которая беспокоит экологов, — это стабилизация численности населения, чтобы удовлетворение материальных, рекреативных и культурных потребностей человека было не только возможным, но и совместимым с сохранением биосферы [15].

Остается открытым вопрос: считать ли данную проблему глобальной? Ведь увеличение населения характерно далеко не для всех обитаемых регионов нашей планеты.

7.2 Экологические проблемы Республики Беларусь

7.2.1 Последствия Чернобыльской катастрофы

В результате взрыва четвертого энергоблока Чернобыльской АЭС было выброшено в атмосферу около 80 кг радиоактивных веществ. Из них 30 видов с периодом полураспада от 1,1 часа (криптон-77) до 24 300 лет (плутоний-239). Большинство радионуклидов осели в радиусе 300—400 км от АЭС.

По оценкам специалистов, 21% территории республики подвергся загрязнению. Радиобиологическую обстановку в Беларуси определяли и определяют йод-131, цезий-134, цезий-137, стронций-90, плутоний-239.

В основном территория республики подверглась загрязнению цезием-137. По данным Министерства по чрезвычайным ситуациям в наибольшей степени пострадали от загрязнения этим радионуклидом Гомельская (площадь зон радиоактивного загрязнения территории цезием-137 в процентах к общей площади загрязнения по республике составляет 62%), Могилевская (22%), Брестская (9%), Минская (4%) и Гродненская (3%) области.

Более чем 250 000 га плодородных земель было выведено из сельскохозяйственного оборота. Сильно пострадали от радиоактивного загрязнения водные и наземные экосистемы. Подверглись радио-активному загрязнению такие реки, как Припять, Днепр, Сож, Бесядь, Ипуть и др. Четверть всех лесов были загрязнены радионуклидами.

По оценкам исследователей, экологические потери Беларуси в 1986—2015 гг. могут составить около 235 млрд дол. Но нельзя измерить деньгами потерю здоровья нашего народа, вызванную воздействием радиации. Мы уже имеем самый высокий в мире уровень патологий щитовидной железы, резко возросло число онкологических, сердечно-сосудистых, а также инфекционных заболеваний, что связано с ослаблением общего иммунитета.

Последствия воздействия радиации в небольших дозах характеризуются латентным (скрытым) периодом, поэтому пик заболеваемости, по мнению ученых, придется на период 2005—2015 гг.

7.2.2 Последствия мелиорации

До начала мелиорации 19,9% территории Беларуси (4,13 млн га) составляли заболоченные и переувлажненные земли, отнесенные к мелиоративному фонду. Из них в естественном состоянии осталось меньше $\frac{1}{4}$ от общей площади. По данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Беларуси к 2006 г. площадь осушенных земель составила 3 416 100 га (16,4% территории Беларуси).

Как результат непродуманной и научно не обоснованной мелиорации выступают:

- сокращение биоразнообразия болотных и прилегающих к ним экосистем;
- понижение уровня грунтовых вод, высыхание вследствие этого еловых лесов;
- обмеление водотоков и водоемов;
- опустынивание территории, подвергшейся мелиорации, и деградация почвенного покрова (более 190 000 га осушенных земель имеют деградированный в разной степени почвенный покров);
- загрязнение водных экосистем смываемыми с осушенных болот органическими и минеральными веществами и как результат — их зарастание, обмеление и нарушение гидрологического режима.

Одними из самых серьезных последствий мелиорации являются климатические изменения. На осушенных землях увеличивается контрастность температур дня и ночи, сокращается безморозный период. На Полесье стали типичным явлением пыльные бури, поднимающие в атмосферу тонны торфа. В некоторых районах возникают участки локальных засух, где дождь не выпадает почти на протяжении всего лета.

7.2.3 Трансформация природных ландшафтов и загрязнение земель

В наибольшей степени на природные ландшафты негативное воздействие оказывают крупные промышленные центры. Ежегодно негативному воздействию (загрязнение, разрушение почвенного покрова, деградация экосистем) в нашей республике подвергается около 800 000 га прилегающих земель. Главными источниками загрязнения выступают предприятия химической, горноперерабатывающей, нефтеперерабатывающей и тяжелой промышленности, транспорт, пред-

приятия сельского хозяйства. Основными веществами-загрязнителями являются соединения тяжелых металлов (ртути, кадмия, свинца, мышьяка), нефтепродукты, радиоактивные вещества, минеральные удобрения и ядохимикаты. Лидируют среди всех загрязнителей соединения серы.

Под объектами с промышленными отходами занято 2 275 га земель. Ежегодно эта цифра увеличивается на 25 га. На 2004 г. на полигонах и предприятиях нашей страны было размещено 29 074 000 т различных отходов [21].

В Республике Беларусь ежегодно вывозится на свалки около 40 млн т различных отходов, в том числе 30 млн т отходов производства минеральных удобрений, 2 млн т черных металлов, 2,5 млн т отходов пищевой промышленности, 2,4 млн т древесных отходов, 0,5 млн т стекла, более 2 млн т бытовых отходов.

Земельный фонд нашей страны загрязняется не только из местных источников. Тяжелые металлы попадают в почву и в результате трансграничных переносов с территорий соседних государств. В период 2000—2001 гг. годовой поток свинца на территорию Беларуси составил 132 т, кадмия — 6,7 т, ртути — 2,1 т [21].

Значительной проблемой являются стихийные свалки бытовых и промышленных отходов.

7.2.4 Загрязнение воды

Ежегодно в водные экосистемы республики сбрасывается около 7 000 м³ загрязненных сточных вод. Главными источниками загрязнения выступают предприятия химической и нефтеперерабатывающей, тяжелой промышленности, а также транспорт, предприятия сельского хозяйства. Основными веществами-загрязнителями являются: нефтепродукты, синтетические моющие средства, азотсодержащие вещества (аммиак и др.), ионы тяжелых металлов (ртути, кадмия, мышьяка, свинца), радиоактивные вещества, соединения фтора, минеральные удобрения и ядохимикаты.

Значительную угрозу качеству воды представляют минеральные удобрения и ядохимикаты, применяемые в сельскохозяйственных целях. В результате этого в грунтовых водах отмечено увели-

чение содержания хлоридов, в 4—6 раз превышающее их фоновые концентрации, сульфатов — в 2—4 раза, нитратов — в 6—10 раз.

Вблизи животноводческих комплексов, на полях орошения, в местах складирования минеральных удобрений и ядохимикатов отмечается превышение предельно допустимого уровня загрязнения грунтовых вод по хлоридам и сульфатам в 2—3 раза, нитратам — в 4—5 раз, аммиаку — почти в 200 раз, нитритам — в 2—3 раза.

Наиболее загрязненными, по результатам исследований последних лет, являются реки: Свислочь (ниже по течению города Минска), Днепр (ниже по течению городов Могилев и Речица), Западная Двина (ниже по течению городов Новополоцк и Витебск), Сож и Уза (ниже по течению города Гомель), Случь (ниже по течению города Солигорск), Западный Буг (ниже по течению города Брест), Березина (на участке Бобруйск — Светлогорск), Припять (ниже по течению города Мозырь и выше города Пинск), Ясельда (в окрестностях города Береза), Неман (ниже по течению города Гродно), Уша (ниже по течению города Молодечно), Пина (ниже по течению города Пинск), Стырь (в окрестностях поселка Ладорож), Горынь (ниже по течению города Речица), Случь (ниже по течению поселка Ленин), Иппа (ниже по течению поселка Кротов).

Через очистные сооружения в Беларуси проходит 90% общего объема сточных вод. В водоемы и реки попадает около 8,5 млн м³ недостаточно очищенных стоков. Объем сточных вод ежегодно увеличивается на 1% [21].

Загрязнение поверхностных вод приводит к сокращению биоразнообразия в экосистемах, а также отражается на здоровье населения. Наши подземные воды также далеко не чистые, особенно на небольшой глубине (до нескольких метров). Так по данным 1996 г. около 76% колодцев имели воду с превышением предельно допустимого уровня содержания нитратов.

7.2.5 Загрязнение атмосферы

Главными источниками загрязнения атмосферного воздуха в республике выступают предприятия энергетики (особенно ТЭС), тяжелой, химической промышленности, транспорт. Основными веществами-загрязнителями являются: оксиды углерода, серы, азота, сажа, фенольные соединения, хлорфторуглероды, соединения свинца и мышьяка.

По данным на 2005 г. ежегодно в воздух выбрасывается стационарными источниками (промышленные предприятия, жилой сектор и т. д.) около 460 000 т загрязняющих веществ, а передвижными источниками (транспорт) — около 140 000 т. Загрязнение атмосферы является причиной таких опасных для природы и здоровья человека явлений, как кислотные дожди и смог.

В наибольшей степени воздух загрязнен в крупных городах Беларуси: Новополоцке, Минске, Могилеве, Гомеле, Гродно, Солигорске, Витебске, Бобруйске, Мозыре, Светлогорске, Пинске, Полоцке и Орше.

Экологическая обстановка в нашей стране не консервативна, она постоянно изменяется в зависимости от климатических и погодных показателей, интенсивности промышленной, транспортной или сельскохозяйственной деятельности в том или ином регионе. Естественно, несмотря на существующие серьезные экологические проблемы, экологическую обстановку нельзя назвать крайне тяжелой или критической. В нашей стране прилагаются усилия, в первую очередь на государственном уровне, минимизировать негативное воздействие человека на природу. Однако низкий уровень культуры нашего населения не всегда позволяет достичь этой цели.

Официальную информацию о состоянии окружающей среды Беларуси можно получить из двух основных источников. Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Беларуси ежегодно издаются «Справочно-статистические материалы о состоянии окружающей среды и природоохранной деятельности в Республике Беларусь» и экологический бюллетень «Состояние природной среды Беларуси».

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите категории экологических проблем.
2. Охарактеризуйте глобальные экологические проблемы.
3. Каковы прогнозы развития экологической ситуации на планете?
4. Какие экологические проблемы имеются в Беларуси?
5. Какая из экологических проблем является основной для нашей страны?
6. В каких населенных пунктах нашей страны неблагоприятная экологическая обстановка?
7. Чем вызвано такое состояние окружающей среды?

Раздел 8

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ВОСПИТАНИЕ

8.1 Экологическое образование и воспитание на современном этапе развития общества

8.1.1 Экологическое образование и воспитание как условие оптимизации взаимоотношений общества и природы

В настоящее время, когда особо остро стоят экологические проблемы разного уровня, вопросы реализации целей и задач экологического образования и воспитания, а также координация работы в этом направлении носят мировой (общепланетарный) характер. В современной системе образования важной является проблема общего экологического образования и воспитания населения. В первую очередь, работа в этом направлении осуществляется на уровне программы Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) совместно с ЮНЕП (программой ООН по окружающей среде). Большинство государств Земли ведут целенаправленную работу в области экологии и охраны природы (области окружающей среды). Одним из основных аспектов этой работы является постановка экологических и природоохранных вопросов в основу всех учебных программ на всех этапах образования и воспитания.

Образование в области экологии и охраны природы получило широкое развитие на планете после Первой конференции ООН по образованию и проблемам в области окружающей среды (Тбилиси, 1977) и Международного конгресса ЮНЕСКО/ЮНЕП по образованию и подготовке кадров в области окружающей среды (Москва, 1987).

В Беларуси накоплен значительный опыт работы по образованию в области окружающей среды. В последние годы согласно Республиканской программе по образованию в области окружающей среды на 1991—1995 гг. впервые на государственном уровне обра-

зование об окружающей среде рассматривалось как единый непрерывный процесс [6].

Основной тенденцией современного экологического образования и воспитания является формирование экологического мировоззрения и экологической культуры населения. Это выступает фундаментальной предпосылкой рационального природопользования, что поможет решить экологические проблемы и предотвратить экологическую катастрофу, на грань которой поставил биосферу человек. Только личность с высоким уровнем культуры сможет гармонично выстраивать свои отношения с окружающей средой, вырабатывая стратегию не только своего поведения, но и принимая в расчет генезис системы «человек — биосфера» в будущем.

Важной составляющей общечеловеческой культуры выступает экологическая культура.

Экологическая культура — система знаний, умений и навыков, взглядов и убеждений, мотивов и ценностно-нравственных ориентаций, обеспечивающая экологически безопасное существование человека в окружающей среде и основанная на предыдущем опыте личности и человечества в целом, проявляющаяся в непосредственной деятельности личности. Составной частью этого понятия является экологическое сознание.

Экологическое сознание — совокупность представлений о взаимосвязи и взаимозависимости компонентов в природе и системе «человек — общество — природа», позволяющая гармонично строить взаимоотношения человека и природы.

Взаимоотношения человека и природы, которые исследует социальная экология, следует строить на понимании процессов, обеспечивающих функционирование биологических макросистем разного уровня. Вмешиваясь в эти процессы, необдуманно стремясь подчинить природу в угоду своих материальных желаний, человек зачастую не может предвидеть последствия своей разрушительной деятельности.

Общеизвестно, что основной причиной кризисов взаимодействия общества и природы, которые выливаются в экологические проблемы, является экологическая некомпетентность. Ликвидировать ее призвано экологическое образование и воспитание. Основываясь эта работа должна на теоретических разработках соци-

альной экологии по вопросам гармоничного сосуществования человеческого общества и природы.

Эффективность образования в области изучения и охраны окружающей среды остается недостаточно высокой и не удовлетворяет современным требованиям общества. Развитие обучения и воспитания в данном направлении сдерживается такими факторами, как укоренившиеся тенденции потребительского отношения к природе в сознании населения (антропоцентрический тип мышления) и разрушение позитивных народных традиций рационального природопользования, экономическая нестабильность, недостаточный уровень экологической грамотности, низкий уровень готовности современного учителя к осуществлению образования в области окружающей среды, недостаточная подготовка педагогов в данном направлении, слабое учебно-методическое и материально-техническое обеспечение образовательной сферы: нагнетание средствами массовой информации экокфобии, что способствует не осознанию экологических проблем, а «бегству» от них [6].

Экологическое образование является обязательным условием и предпосылкой устойчивого развития человеческого общества. Всеобщее экологическое образование и воспитание позволяет обществу оптимизировать взаимоотношения с окружающей средой, сформировать экологическую культуру всех категорий людей и создает необходимые предпосылки гармонизации взаимоотношений человека и природы.

8.1.2 Цели и задачи экологического образования и воспитания

Цель экологического образования заключается в формировании системы научных знаний, взглядов и убеждений, основанной на понимании единства и целостности всех компонентов природы и общества.

Задачи экологического образования:

- усвоение системы знаний о разнообразии и многогранности природы, ее целостности, взаимосвязи и взаимодействии природы и общества;
- формирование способности к анализу экологических ситуаций и явлений в окружающем мире, взаимодействия общества и природы;

- усвоение правил и норм природоохранного поведения и природоохранной деятельности;

- развитие творческой деятельности в экологической сфере и сфере природопользования, а именно умения выбрать из нескольких известных способов деятельности наиболее правильный, экологически безвредный, перекомбинировать известные способы деятельности в новые, экологически безопасные.

Целью экологического воспитания является формирование ответственного отношения к природе и своему здоровью.

Задачи экологического воспитания:

- формирование представления о единстве и целостности природы, системы «человек — общество — природа»;

- формирование эмоционально-целостного отношения к природе, основанного на воспитании устойчивого интереса к природным процессам, к жизни живых организмов;

- воспитание ценностных ориентаций экологического характера;

- воспитание потребности в выполнении правил природоохранного поведения и природоохранной деятельности, а также готовности выполнять данные правила.

Цели и задачи образования и воспитания в области окружающей среды основываются на принципах, которые согласуются с общими принципами дидактики и теории воспитания и отражают специфику образования в области экологии и охраны природы [6]:

- *принцип взаимосвязи* образования в области окружающей среды с реальной жизнью в меняющемся мире, позволяющий каждому природопользователю на своем рабочем месте, при любом виде деятельности применять на практике полученные теоретические знания и практические умения и навыки с учетом состояния окружающей среды;

- *принцип непрерывности* предполагает создание условий для осуществления образования в данной области непрерывно на всех этапах образования и воспитания в процессе всей жизни человека с учетом возрастных и социально-профессиональных особенностей;

- *принцип междисциплинарного подхода* заключается в экологизации учебно-воспитательного процесса, во внесении соответствующих изменений в содержание всех изучаемых предметов;

- *принцип взаимодействия* аспектов решения глобальных, региональных и локальных экологических проблем;

– *принцип научности* предполагает получение достоверной информации в соответствующих областях научного знания. Усвоение сущности причинных связей, структуры, энергетики и функционирования системы «человек — общество — природа» становится базой выработки ответственных решений и грамотных действий по отношению к этой системе;

– *принцип гуманизации* выражает идею формирования человека с новым типом мышления, способного к экологически целесообразной и ответственной деятельности на основе формирования нравственных и нравственно-волевых качеств личности;

– *принцип системности* предполагает разработку целостной системы содержания, форм и методов организации процесса образования и воспитания. Этот принцип базируется на понимании системности в организации природы и ее составляющих.

8.1.3 Этапы экологического образования и воспитания

Система экологического образования и воспитания охватывает все ступени данного процесса. Она представляет собой всесторонний процесс образования и воспитания в соответствующем направлении, продолжающийся в течение всей жизни человека, на разных ее этапах.

Экологическое образование и воспитание включает пять этапов:

1. Начальное семейное экологическое воспитание:

Фундамент экологической культуры любого человека закладывается на ранних этапах развития личности. Семья играет огромную роль в становлении и совершенствовании личности. Специфика семьи (эмоциональность, постоянство и длительность общения детей и взрослых, отношение к природе и т. д.) делает ее основным фактором воспитания ответственного отношения к окружающей среде у подрастающего поколения. Это обуславливает необходимость повышения уровня экологической культуры родителей, что позитивно отразится на формировании отношения к животным, растениям и другим организмам, в целом к природе у маленького гражданина. На этом этапе родители должны ориентироваться на формирование у ребенка ценностного отношения ко всему живому. Это позволит заложить хорошую базу для дальнейшей работы в сфере экологического образования и воспитания.

2. Экологическое образование и воспитание в дошкольных учреждениях.

Работа на этапе дошкольного детства должна быть направлена на осознание ребенком его неразрывного единства с окружающей природой. Содержание образования базируется на идее целостности окружающего мира и охватывает представления об общих для всех живых существ признаках, об уникальности каждого живого организма, об элементарных взаимосвязях в сообществах организмов, а также о зависимости здоровья человека от состояния окружающей среды.

Содержание экологического образования и воспитания основано на сочетании различных видов деятельности детей в природе, основу которых составляют игры на природе, экскурсии и целевые прогулки, игровые наблюдения и самонаблюдения, экологические ролевые и дидактические игры, работа с экологической сказкой и т. д.

Очень важным моментом работы является организация взаимодействия дошкольного учреждения и семьи. Это одно из основных условий успешной работы по образованию и воспитанию.

На данном этапе дошкольное учреждение должно стать не только центром, где формируются основы экологической культуры ребенка и обеспечивается преемственность со школой, но и центром работы с родителями и другими членами семьи малыша по повышению их экологической культуры (учитывая решающую роль семьи в экологическом воспитании ребенка) [6].

3. Экологическое образование и воспитание в средних общеобразовательных школах и внешкольных учреждениях.

Общее среднее образование в области окружающей среды представляет собой процесс и результат овладения общенаучными сведениями о природе, обществе и человеке, формирования творческой, нравственной, психически и физически здоровой личности [6].

На этом этапе закладываются основы функциональной экологической грамотности населения. Образование и воспитание должно осуществляться на протяжении всего периода обучения как в учебном процессе, так и во внеклассной и внешкольной работе.

Целью данного этапа является формирование у учащихся системы знаний о взаимодействии человека и природы, о глобальных, региональных и локальных экологических проблемах, путях их решения; экологической культуры и ответственного отношения к природе; умений и навыков природоохранной деятельности; осознанного соблюдения правил поведения в природе.

На этом этапе у учащихся формируются общенаучные представления о взаимодействии человека и природы, о природе родного края, экологических проблемах, основы знаний по экологической безопасности.

Экологическое образование осуществляется за счет введения специальных интегрированных курсов, курсов и факультативов по выбору, внеучебной деятельности экологической и природоохранной направленности. Очень важным моментом в экологическом образовании школьников является межпредметный подход в процессе преподавания различных дисциплин. Экологическое образование и воспитание должно осуществляться не только на уроках биологического характера, но и за счет экологизации всех учебных предметов (естественно-научного, гуманитарного и технического циклов). Экологизация программ производится с учетом профиля и приоритетных для него форм деятельности.

Умения практической экологической и природоохранной деятельности формируются в условиях экологических практикумов, экскурсий, полевых занятий, при изучении и решении локальных экологических проблем, участии в массовых экологических и природоохранных мероприятиях и т. п. Формы и методы экологического образования и воспитания довольно разнообразны. Наиболее действенными являются экскурсия, беседа, деловая игра и ряд других. При выборе формы проведения занятия педагог должен обязательно учитывать возраст и уровень подготовки учащихся, чтобы выбрать наиболее приемлемую для данного контингента. От этого выбора зависит эффективность проведенной педагогом работы.

Важным аспектом выступает и внеклассная работа, которая предполагает использование самых разных форм и методов: кружковая работа, экскурсии по экологическим тропам, экологические праздники (День Земли, День охраны окружающей среды), экоКВН, ролевые и деловые игры, пресс-конференции, беседы, диспуты, встречи с деятелями науки и краеведами и т. д.

Деятельностный компонент экологического образования и воспитания реализуется в форме оказания помощи государственным и общественным организациям в решении конкретных экологических проблем родного края и их профилактики, дискуссий, бесед, конференций, проведения научной работы учащихся, подготовки публикаций экологического характера в школьной и местной прессе и т. д.

Экологическое образование и воспитание на данном этапе осуществляют и внешкольные учреждения (дома школьников, дворцы детского творчества, станции юных туристов, дома молодежи и др.). Ведущая роль в этой работе принадлежит внешкольным учреждениям экологического профиля — экологическим центрам детей и юношества. На их базе работают кружки, клубы, экотеатры, экологические патрули, «зеленые школы», научные общества учащихся. Во внешкольных учреждениях создается уникальная общеобразовательная среда, способствующая творческому становлению личности. Посещая внешкольные учреждения экологического профиля, учащиеся получают углубленные практические умения и навыки конкретной деятельности в области экологии и природоохранной деятельности. Работа таких учреждений основана на добровольности, инициативе и самостоятельности самих учащихся. В ходе учебного процесса используется широкий спектр форм, средств, методов и технологий формирования экологических знаний, умений и навыков; организуется практическая и исследовательская деятельность как наиболее приоритетные формы творческой работы, осуществляется профессиональное ориентирование и начальная подготовка подрастающего поколения в экологической сфере. Одним из достоинств работы внешкольных учреждений является обеспечение более полного удовлетворения индивидуальных досуговых интересов, запросов и предпочтений учащихся.

4. Экологическое образование и воспитание в среднеспециальных и высших учебных заведениях (на этапе профессиональной подготовки).

Экологическое образование выступает обязательной составляющей системы профессионального образования при подготовке специалистов всех категорий (уровней) независимо от их будущей профессии.

Особенностью данного этапа образования в области экологии и охраны природы является формирование экологической компетентности как составной части профессиональной подготовки.

Целью экологического образования на этапе профессиональной подготовки является формирование экологической культуры будущих специалистов, приобретение ими знаний о функционировании компонентов биосферы, их взаимосвязи и взаимозависимости, воздействии хозяйственной деятельности на окружающую среду и научных основ ее охраны, умений и навыков, связанных с конкретной профессиональной деятельностью и управлением качеством окружающей среды.

Экологическое образование на данном этапе сосредоточено на профессиональных группах, деятельность которых оказывает наибольшее влияние на окружающую среду (инженеры, архитекторы, администраторы, работники плановых органов, промышленности, сельского хозяйства и т. п.), а также на подготовке ряда категорий специалистов и ученых, работающих над конкретными экологическими проблемами (биологи, химики, гидрологи, токсикологи, почвоведы, агрономы, лесничие, архитекторы ландшафтов, инженеры по санитарии и др.). Подготовка специалистов, деятельность которых непосредственно не относится к области изучения, планирования и управления окружающей средой, но, тем не менее, прямо или косвенно оказывает на нее значительное влияние, включает общие основы междисциплинарных исследований экологической и природоохранной направленности, касающиеся как естественной, так и антропогенной среды, связанной с их профессиями.

Учебные заведения, в первую очередь вузы (как государственные, так и негосударственные), с учетом их профиля разрабатывают долговременные комплексные программы экологического образования и воспитания студентов, в которых предусматривается усвоение ими психолого-педагогических, технико-технологических, экономических, правовых, медицинских и других аспектов природоохранной работы.

Высшее образование направлено на подготовку кадров высшей квалификации, которые в значительной мере призваны разрабатывать стратегию и обеспечивать движение общества по пути устойчивого развития и гармоничного сосуществования человека и природы.

Подготовка студентов проводится по двум направлениям — экологизация учебно-воспитательного процесса и введение интегрированных курсов.

При изучении каждой учебной дисциплины в ходе обучения обеспечивается органичное сочетание содержательной части предмета с идеологией устойчивого развития.

Важным условием подготовки кадров высшей квалификации выступает единство учебно-воспитательного процесса и научной деятельности студентов в области экологии и охраны окружающей среды.

Особое значение приобретает подготовка педагогических кадров для осуществления процесса экологического образования и воспитания.

Система профессионального образования предполагает подготовку научных и научно-педагогических кадров с ориентацией на экологическую тематику посредством аспирантуры и докторантуры.

5. Последипломное экологическое образование и воспитание.

Последипломное образование способно быстро реагировать на возникающие экологические проблемы, на новые достижения науки и техники в сфере обеспечения устойчивого развития общества и природы. Его целью является ознакомление руководящих работников и специалистов в сфере образования и народного хозяйства, кадров массовых профессий с последними достижениями в области экологии и смежных наук, способах их внедрения в своей профессиональной деятельности.

Элементы экологического образования вводятся во все формы повышения квалификации руководящих кадров и специалистов, всех категорий работающих. Обобщается и распространяется передовой опыт по просвещению и образованию взрослого населения в области экологии и охраны природы. Для специалистов, чья профессиональная деятельность оказывает наибольшее влияние на окружающую среду, организуется повышение квалификации по углубленным дополнительным программам и программам подготовки без отрыва от производства в сфере экологии и охраны окружающей среды. Такие программы базируются на интегрированной междисциплинарной основе и будут содействовать повышению уровня знаний и умений специалистов.

Переход к устойчивому развитию возможен лишь на основании достижения экологической грамотности всего населения, поэтому просвещение в области окружающей среды должно охватывать людей всех возрастов. Необходимо повысить уровень понимания населением проблем окружающей среды, формировать желание быть причастными к их решению [6].

Большое внимание в системе экологического образования и воспитания отводится экопросвещению. Оно предусматривает широкую информированность населения, которая является неотъемлемой частью общих усилий в области образования, направленных на укрепление подходов, ценностей и мероприятий, совместимых с устойчивым развитием природы и общества.

Кроме образовательных учреждений, упоминавшихся выше, занимаются работой в данном направлении и учреждения социокультурной и природоохранной сферы: музеи, зоопарки, ботанические сады, национальные парки, заповедники и другие. Значитель-

ная роль отводится в этой работе общественным организациям соответствующего профиля.

Экологическое образование и воспитание призвано стать непрерывным и охватывать всю систему образования. Взаимодействие общества и природы в любых видах деятельности должно опираться на научные основы экологии и охраны природы. Это будет способствовать развитию процесса рационального природопользования и перехода биосферы в состояние ноосферы.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение экологической культуры и экологического сознания.
2. Какова основная причина кризисов взаимодействия общества и природы?
3. Назовите цель и задачи экологического образования.
4. Укажите цель и задачи экологического воспитания.
5. Перечислите принципы образования в области экологии и охраны природы.
6. Укажите этапы экологического образования и воспитания.
7. Дайте характеристику этапов экологического образования и воспитания.
8. Что является предпосылкой перехода человечества к устойчивому развитию?

ГЛОССАРИЙ

АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ — совокупность воздействий компонентов неживой природы на живую.

АНТИБИОЗ — биотические отношения, при которых наблюдается невозможность совместного обитания двух разных видов без видимых причин конкуренции.

АНТРОПИЧЕСКИЕ (АНТРОПОГЕННЫЕ) ФАКТОРЫ — совокупность воздействий человека на живую природу.

АТМОСФЕРА — газообразная, воздушная оболочка Земли.

БАКТЕРИОФАГИЯ — межвидовые отношения, при которых один вид организмов живет за счет другого вида (бактерии), используя его в пищу.

БЕНТОС — совокупность водных организмов, обитающих на дне водного объекта (на грунте и в грунте).

БИОКОСНОЕ ВЕЩЕСТВО — косное вещество, преобразованное живыми организмами (вода, почва, ил и т. п.).

БИОЛОГИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ — процесс циркуляции биологически важных химических соединений между живыми организмами и окружающей средой в пределах экосистем и биосферы.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ — совокупность всех видов организмов, обитающих на Земле.

БИОСФЕРА — живая оболочка Земли, включающая верхнюю часть литосферы, всю гидросферу, нижнюю часть атмосферы, в формировании которой живые организмы играли и играют основную роль, представляет собой совокупность всех экосистем планеты.

БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ (ОТНОШЕНИЯ) — совокупность влияния одних организмов на другие. Эти факторы носят разнообразный характер и проявляются во взаимоотношениях при совместном обитании.

БИОТОП — пространство с более или менее однородными условиями, заселенное тем или иным сообществом организмов (биоценозом).

БИОЦЕНОЗ — организованное сообщество популяций животных, растений, грибов и микроорганизмов, проживающих совместно на одной и той же территории длительное время.

ВИД — биологическая макросистема, состоящая из организмов, обладающих характерными особенностями внешнего и внутреннего строения, поведения, гене-

тическими, экологическими, биохимическими и физиологическими особенностями, занимающих определенную территорию (ареал), свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство.

ВИДОВАЯ СТРУКТУРА БИОЦЕНОЗА — качественный и количественный состав видов, входящих в биоценоз.

ВОЗОБНОВИМЫЕ РЕСУРСЫ — ресурсы, которые обладают способностью постоянно восстанавливаться по мере использования человеком.

ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ — возрастной состав, соотношение различных возрастных групп в популяции.

ГЕОБИОНТЫ — организмы, которые являются постоянными обитателями грунта, в том числе и почвы.

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ПОПУЛЯЦИЯ — складывается из экологических популяций и охватывает группу особей, заселяющих территорию с географически однородными условиями.

ГЕОКСЕНЫ — животные, иногда посещающие почву для временного укрытия или убежища.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ — процесс циркуляции воды, минеральных веществ и газов между сушей, атмосферой и Мировым океаном.

ГЕОФИЛЫ — животные, часть цикла развития которых обязательно проходит в почве.

ГИДРОБИОНТЫ — обитатели воды.

ГИДРОСФЕРА — жидкая, водная оболочка Земли.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ — кризисные экологические ситуации, актуальные для всей планеты, решение которых возможно только при участии всего человечества.

ГОМЕОСТАЗ — тенденция живых систем поддерживать внутреннюю стабильность с помощью собственных регулирующих механизмов.

ДИНАМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ — такое их состояние, при котором основные параметры колеблются в пределах средней (оптимальной) величины.

ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО — совокупность существующих (или существовавших в определенный отрезок времени) живых организмов, являющихся мощным геологическим фактором.

ЗАКАЗНИК — участок природной территории, на котором вводятся ограничения на один или несколько видов хозяйственной деятельности в целях сохранения, возобновления и воспроизводства определенных видов природных ресурсов (животного и растительного мира, ландшафтов, экосистем и т. д.).

ЗАПОВЕДНИК — значительный участок природной территории с особым типом заповедного режима с полным изъятием из хозяйственной деятельности человека.

ИСЧЕРПАЕМЫЕ РЕСУРСЫ — природные объекты и явления, запасы которых ограничены и которые при высокой скорости потребления могут иссякнуть.

КВАРТИРАНСТВО (СИНОЙКИЯ) — пространственное сосуществование разных видов, полезное для одного и безразличное для другого.

КОНКУРЕНЦИЯ — межвидовые отношения, при которых популяции разных видов в борьбе за пищу, пространство и другие необходимые условия среды воздействуют друг на друга отрицательно.

КОНСОРЦИЯ — совокупность популяций организмов, жизнедеятельность которых в пределах одного биоценоза трофически или топически связана с центральным видом.

КОНСУМЕНТЫ — потребители органического вещества.

КОСВЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА — опосредованное влияние на организм через один или несколько компонентов среды.

КОСНОЕ ВЕЩЕСТВО — твердое, жидкое и газообразное вещество, образующееся без участия живых организмов; в совокупности с живым и биокосным веществом образует биосферу.

КРАСНАЯ КНИГА — официальный документ неправительственных организаций, содержащий аннотированный и иллюстрированный перечень редких и исчезающих видов организмов, подлежащих охране.

ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ — методы изучения организмов в искусственно созданных условиях, позволяющие установить причину наблюдаемых в природе явлений.

ЛИМИТИРУЮЩИЙ (ОГРАНИЧИВАЮЩИЙ) ФАКТОР — фактор, уровень которого в качественном или количественном отношении (недостаток или избыток) оказывается близким к пределам выносливости данного организма.

ЛИТОСФЕРА — твердая поверхностная оболочка Земли.

ЛОКАЛЬНАЯ (ЭЛЕМЕНТАРНАЯ) ПОПУЛЯЦИЯ — совокупность особей вида, занимающих какой-то небольшой участок однородной территории.

ЛОКАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ — кризисные экологические ситуации на небольших территориях или в отдельных населенных пунктах, решение которых возможно на местном или региональном уровнях.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ — прием, совокупность процедур и операций по получению нового знания.

МИЦЕТОФАГИЯ — межвидовые отношения, при которых один вид организмов живет за счет другого вида (гриба), используя его в пищу.

МУТУАЛИЗМ — обоюдовыгодное сожительство двух разных видов, являющееся обязательным для обоих видов.

НАХЛЕБНИЧЕСТВО (КОММЕНСАЛИЗМ) — тип пищевых взаимоотношений между двумя видами, когда один питается за счет другого, не нанося ему никакого вреда.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК — изъятая из хозяйственного пользования природная территория, в пределах которой охрана окружающей среды сочетается с деятельностью по организации отдыха населения и природоохранного просвещения.

НЕВОЗОБНОВИМЫЕ РЕСУРСЫ — ресурсы, которые не восстанавливаются или возрождаются в сотни, тысячи раз медленнее, чем расходуются.

НЕИСЧЕРПАЕМЫЕ РЕСУРСЫ — природные объекты и явления, запасы которые неограниченны.

НЕКТОН — совокупность активно передвигающихся водных организмов, обитающих в толще воды и не имеющих непосредственной связи с дном.

НООСФЕРА — новое состояние биосферы, когда разумная деятельность человека становится главным фактором, определяющим ее существование и дальнейшее развитие.

ОБИЛИЕ — количество особей вида либо всего сообщества, приходящееся на единицу площади или объема.

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА (СРЕДА ОБИТАНИЯ) — все то (тела и явления), что окружает организм и прямо или косвенно воздействует на него.

ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ — участки суши или водного пространства с уникальными, эталонными и другими ценными природными комплексами и объектами, имеющими особое экологическое, научное, историко-культурное, эстетическое и иное значение, на которых в установленном законом порядке исключена или ограничена хозяйственная деятельность и вводится особый режим охраны и использования.

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ОБИЛИЕ — отношение числа особей данного вида к общему числу особей всех видов, выраженное в процентах.

ОХРАНА ПРИРОДЫ — комплексная наука, разрабатывающая общие принципы и методы сохранения, восстановления и улучшения природной среды и природных ресурсов.

ОХРАНА ПРИРОДЫ — система мероприятий, направленных на поддержание рационального взаимодействия человека и окружающей среды, обеспечивающая сохранение и восстановление природных богатств, предупреждающая вредное воздействие хозяйственной деятельности на природу и здоровье человека.

ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ — охраняемые государством невозобновимые природные объекты и ландшафтные комплексы, имеющие особое научное, культурно-просветительское, эстетическое или историческое значение.

ПАРАЗИТИЗМ — межвидовые отношения, при которых один вид организмов (паразит) живет за счет другого (хозяина), поселяясь внутри или на поверхности его тела, нанося ему ущерб.

ПИЩЕВАЯ (ТРОФИЧЕСКАЯ) ЦЕПЬ — последовательность организмов и их производных, в которой один организм использует предыдущий в качестве пищи.

ПИЩЕВАЯ СЕТЬ — комплекс пищевых цепей экосистемы (биоценоза), объединенных общими звеньями.

ПЛАНКТОН — совокупность водных организмов, не обладающих способностью к быстрым активным передвижениям, обитающих в толще воды.

ПЛОТНОСТЬ ПОПУЛЯЦИИ — количество особей или биомассы на единицу площади или объема.

ПОЛЕВЫЕ МЕТОДЫ — методы изучения организмов и биологических макросистем в естественной обстановке (в природе), которые позволяют установить результат воздействия фактора или комплекса факторов на организм или макросистему, выяснить аспекты их жизнедеятельности в конкретных условиях окружающей среды.

ПОЛОВАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ — соотношение между самцами и самками в популяции.

ПОПУЛЯЦИЯ — совокупность особей определенного вида, занимающих территорию в течение большого числа поколений, обладающая всеми необходимыми условиями для поддержания своей численности необозримо длительное время в постоянно изменяющейся окружающей среде.

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ — любые природные объекты и явления, используемые в хозяйственной или иной деятельности, служащие средством существования человеческого общества.

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ — удовлетворение различных потребностей общества путем использования разных видов природных ресурсов.

ПРОДУЦЕНТЫ — производители первичного органического вещества из неорганических веществ.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА БИОЦЕНОЗА — вертикальная и горизонтальная неоднородность биоценоза.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ — характер распределения особей в пространстве.

ПРОТОКООПЕРАЦИЯ — обоюдовыгодное сожительство двух разных видов, не являющееся обязательным для одного или обоих видов.

ПРЯМОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА — непосредственное влияние компонента среды на организм.

РАБОВЛАДЕЛЬЧЕСТВО — взаимодействие двух разных видов, при котором один вид (рабовладелец) извлекает выгоду, используя другой вид (раба) для обеспечения своего существования и нанося ему ущерб.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ — предполагает такое вовлечение богатств природы в сферу общественно-производственной деятельности, которое обеспечит потребности настоящих и будущих поколений людей.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ — кризисные экологические ситуации, актуальные для отдельных природных регионов или государств, решение которых возможно на международном или региональном уровнях.

РЕДУЦЕНТЫ — разрушители мертвого органического вещества до неорганических веществ.

РЕКРЕАЦИЯ — отдых населения вне стен помещений, на лоне природы.

РОЖДАЕМОСТЬ ПОПУЛЯЦИИ — количество особей, появившихся на свет за определенный период.

СИМБИОЗ (КООПЕРАЦИЯ) — обоюдовыгодное сожительство двух разных видов.

СИНУЗИЯ — совокупность видов растений, относящихся к одной или близким жизненным формам.

СМЕРТНОСТЬ ПОПУЛЯЦИИ — количество особей, погибших за определенный период.

СОЦИАЛЬНЫЙ (АНТРОПОГЕННЫЙ) ОБМЕН — сложный процесс обеспечения жизни общества за счет веществ и энергии, взятых из природы.

СУКЦЕССИОННЫЙ РЯД (СУКЦЕССИОННАЯ СЕРИЯ) — цепь сменяющих друг друга экосистем (биоценозов).

ТЕХНОСФЕРА — часть биосферы, преобразованная человеком при помощи технических средств с целью удовлетворения социально-экономических потребностей.

УСЛОВИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ (УСЛОВИЯ ЖИЗНИ) — совокупность необходимых для организма компонентов среды, с которыми он находится в неразрывном единстве и без которых не может существовать.

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ — такое развитие, при котором удовлетворение нужд нынешнего поколения происходит без ущемления возможностей будущих поколений удовлетворять свои нужды в той же мере.

ФИТОФАГИЯ — межвидовые отношения, при которых один вид (животное-фитофаг) живет за счет другого вида (растения), используя его в пищу.

ХИЩНИЧЕСТВО (ЗООФАГИЯ) — межвидовые отношения, при которых один вид организмов (хищник) живет за счет другого вида (животного-жертвы), убивая и используя его в пищу.

ЧИСЛЕННОСТЬ ПОПУЛЯЦИИ — общее количество особей на данной территории или в данном объеме.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПОПУЛЯЦИЯ — складывается из локальных популяций и представляет собой совокупность особей вида, приуроченных к конкретным экосистемам.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СУКЦЕССИЯ — последовательная смена одной экосистемы (биоценоза) другой.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ — состояние природных территорий, при котором нет угрозы нарушения экологических компонентов, разрушения экосистем под влиянием антропогенного воздействия.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НИША — «профессия» вида, т. е. функция, которую вид выполняет в биоценозе (экосистеме).

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПИРАМИДА — графическое изображение количества биомассы, особей и энергии на разных уровнях пищевой цепи.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ (ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ВАЛЕНТНОСТЬ) — способность вида адаптироваться к тому или иному диапазону фактора или факторов среды.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТРОПА — туристический маршрут незначительной протяженности, рассчитанный на прохождение за небольшой промежуток времени, на котором располагается ряд привлекательных туристических объектов, представляющих интерес с экологической и историко-культурной точек зрения.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА — система комплексной оценки проектов хозяйственного строительства и исполнения природных ресурсов на предмет экологической безопасности и системы рационального природопользования.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА — система знаний, умений и навыков, взглядов и убеждений, мотивов и ценностно-нравственных ориентаций, обеспечивающая экологически безопасное существование человека в окружающей

среде и основанная на предыдущем опыте личности и человечества в целом, проявляющаяся в непосредственной деятельности личности.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА БИОЦЕНОЗА — набор экологических группировок организмов, составляющих то или иное сообщество.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ — комплекс необходимых организму и отрицательно на него воздействующих компонентов живой и неживой природы.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ — система наблюдений и контроля за состоянием окружающей среды с целью разработки мероприятий по ее охране, рациональному природопользованию и предупреждению критических экологических ситуаций, вредных или опасных для здоровья человека и экосистем.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ — отдых в рекреационно привлекательных регионах, мало нарушенных человеческой деятельностью, сохранивших традиционный уклад жизни местного населения.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ — научное предсказание конкретных перспектив сохранения нормальной экологической обстановки в пределах определенных территорий или планеты, а также возможных изменений макросистем в процессе воздействия человека.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОЗНАНИЕ — совокупность представлений о взаимосвязи и взаимозависимости компонентов в природе и системе «человек — общество — природа», позволяющая гармонично строить взаимоотношения человека и природы.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ — состояние экосистемы, характеризующееся таким количественным и качественным соотношением слагающих ее компонентов, которое обеспечивает системе целостность и необозримо длительное существование.

ЭКОЛОГИЯ — биологическая наука, исследующая взаимосвязи и взаимоотношения организмов между собой и со средой обитания на всех уровнях интеграции, с учетом антропогенного воздействия на окружающую среду.

ЭКОСИСТЕМА — совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых компонентов живой и неживой природы, объединенных общими процессами саморегуляции и круговорота веществ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ — методы, позволяющие проанализировать и спрогнозировать результаты влияния экологических факторов на организм и биологические макросистемы.

ЯРУСНОСТЬ — явление расслоения биоценоза на разновысокие структурные части.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Использованных

1. *Вернадский, В. И.* Несколько слов о ноосфере / В. И. Вернадский // Успехи соврем. биологии. — 1944. — № 18, вып. 2 — С. 113—120.
2. *Дажо, Р.* Основы экологии / Р. Дажо ; под ред. В. В. Алпатова. — М. : Прогресс, 1975. — 415 с.
3. *Догель, В. А.* Зоология беспозвоночных : учеб. для ун-тов / В. А. Догель ; под ред. проф. Ю. И. Полянского — 7-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 1981. — 606 с.
4. Жизнь животных : в 6 т. — Т. 3 : Беспозвоночные. / под ред. Л. А. Зенкевича. — М. : Просвещение, 1969. Членистоногие Artropoda (окончание), онихофоры Onychophor. — 575 с.
5. Жизнь растений : в 6 т. — Т. 5 : Цветковые растения / под ред. А. Л. Тахтаджана. — М. : Просвещение, 1980. — 430 с.
6. Концепция образования в области окружающей среды. Республиканская программа совершенствования образования в области окружающей среды. — Минск : НИО, 2001. — 52 с.
7. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / гл. редакция Г. П. Пашков (гл. ред.) [и др.] ; гл. редкол. : Л. И. Хоружик (предс.) [и др.]. — Минск : Бел. Эн., 2004. — 320 с.
8. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. редакция Г. П. Пашков (гл. ред.) [и др.] ; гл. редкол. : Л. И. Хоружик (предс.) [и др.]. — Минск : Бел. Эн., 2005. — 456 с.
9. *Карри-Линдал, К.* Птицы над морем и сушей. Глобальный обзор миграций птиц / К. Карри-Линдал ; пер. со швед. и предисл. Л. Р. Серебряного ; послесл. В. Д. Ильичева. — М. : Мысль, 1984. — 204 с.
10. *Маврищев, В. В.* Основы экологии : учебник / В. В. Маврищев. — Минск : Высш. шк., 2003. — 416 с.
11. *Малашевич, Е. В.* Краткий словарь-справочник по охране природы / Е. В. Малашевич. — Минск : Ураджай, 1987. — 223 с.
12. *Новиков, Ю. В.* Охрана окружающей среды : учеб. пособие для учащихся техникумов / Ю. В. Новиков — М. : Высш. шк., 1987. — 287 с.
13. *Одум, Ю.* Экология: в 2-х т. : пер с англ. / Ю. Одум. — М. : Мир, 1986. — Т. 1. — 328 с.
14. *Одум, Ю.* Экология: в 2-х т. : пер с англ. / Ю. Одум. — М. : Мир, 1986. — Т. 2. — 376 с.
15. Основы экологии : учеб. пособие / В. К. Карпук [и др.]; под ред. Е. Н. Мешечко. — Минск : Экоперспектива, 2002. — 376 с.

16. Радкевич, В. А. Экология / В. А. Радкевич. — Минск : Высш. шк. — 1998. — 159 с.
17. Розанов, С. И. Общая экология : учеб. для техн. направлений и специальностей / С. И. Розанов. — СПб. : Лань, 2001. — 288 с.
18. Русский язык конца XX столетия (1985—1995) / В. Л. Воронцова [и др.] ; Е. Л. Земская (отв. ред.). — 2-е изд. — М. : Языки рус. культуры, 2000. — 473 с.
19. Состояние природной среды Беларуси : экологический бюллетень 2006 г. / под ред. В. Ф. Логинова. — Минск : Минсктиппроект, 2007. — 366 с.
20. Чижова, В. П. Принципы организации туристских потоков на особо охраняемых территориях разного типа / В. П. Чижова // Экологические проблемы сохранения исторического и культурного наследия: материалы VI Всерос. конф. : сб. науч. ст. / отв. ред. Ю. А. Веденин. — М. : Рос. НИИ культур. и природ. наследия им. Д. С. Лихачева, 2002. — С. 390—405.
21. Чумаков, Л. С. Охрана природы : пособие для учителя / Л. С. Чумаков. — Минск : Экоперспектива, 2006. — 495 с.
22. Renkonen, O. Statisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore / O. Renkonen // Ann. Zool. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo. — 1938. — № 6. — P. 1—231.

Рекомендуемых

1. Дажо, Р. Основы экологии / Р. Дажо ; под ред. В. В. Алпатова. — М. : Прогресс, 1975. — 415 с.
2. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / гл. редакция Г. П. Пашков (гл. ред.) [и др.] ; гл. редкол. : Л. И. Хоружик (предс.) [и др.]. — Минск : Бел. Эн., 2004. — 320 с.
3. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. редакция Г. П. Пашков (гл. ред.) [и др.] ; гл. редкол. : Л. И. Хоружик (предс.) [и др.]. — Минск : Бел. Эн., 2005. — 456 с.
4. Маврищев, В. В. Основы экологии : учебник / В. В. Маврищев. — Минск : Высш. шк., 2003. — 416 с.
5. Малашевич, Е. В. Краткий словарь-справочник по охране природы / Е. В. Малашевич. — Минск : Ураджай, 1987. — 223 с.
6. Основы экологии : учеб. пособие / В. К. Карпук [и др.] ; под ред. Е. Н. Мешечко. — Минск : Экоперспектива, 2002. — 376 с.
7. Радкевич, В. А. Экология / В. А. Радкевич. — Минск : Высш. шк. — 1998. — 159 с.
8. Розанов, С. И. Общая экология : учеб. для техн. направлений и специальностей / С. И. Розанов. — СПб. : Лань, 2001. — 288 с.
9. Чистик, О. В. Экология / О. В. Чистик. — Минск : Новое знание, 2000. — 247 с.
10. Чумаков, Л. С. Охрана природы : пособие для учителя / Л. С. Чумаков. — Минск : Экоперспектива, 2006. — 495 с.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие</i>	3
Р а з д е л 1. ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЮ	5
1.1 Экология как наука	5
1.1.1 Понятие экологии	5
1.1.2 Интеграция организмов в биологические макро- системы	8
1.1.3 Содержание, объект исследования и задачи экологии	9
1.1.4 Структура экологии. Основные разделы экологии . . .	10
1.1.5 Методы экологических исследований	13
1.1.6 Краткая история развития экологии	15
1.1.7 Междисциплинарные связи современной эколо- гии. Экология в жизни человека	29
1.1.8 Понятие охраны природы	31
Вопросы для самоконтроля	32
Р а з д е л 2. ЭКОЛОГИЯ ОСОБЕЙ	33
2.1 Организм и окружающая среда	33
2.1.1 Окружающая среда и условия существования ор- ганизма	33
2.1.2 Экологические факторы и их классификация	34
2.1.3 Воздействие экологических факторов на организм . . .	35
2.1.4 Экологическая пластичность (валентность)	37
2.1.5 Лимитирующий фактор	41
Вопросы для самоконтроля	43
Р а з д е л 3. ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ	44
3.1 Популяция как саморегулирующаяся система	44
3.1.1 Понятие популяции	44
3.1.2 Иерархия популяций	45

3.1.3 Понятие вида	47
3.1.4 Основные параметры популяции	48
3.1.5 Структура популяций	50
3.1.6 Динамика популяций во времени и пространстве	56
3.1.7 Гомеостаз популяций	61
Вопросы для самоконтроля	64
Р а з д е л 4. ЭКОЛОГИЯ СООБЩЕСТВ И ЭКОСИСТЕМ	65
4.1 Биоценоз как сообщество живых организмов	65
4.1.1 Понятие биоценоза и биотопа	65
4.1.2 Структура биоценозов	67
4.1.3 Межвидовые биотические отношения	78
Вопросы для самоконтроля	120
4.2 Экосистема	121
4.2.1 Понятие экосистемы и ее компоненты	121
4.2.2 Классификация экосистем	122
4.2.3 Пищевые (трофические) цепи	126
4.2.4 Функциональное значение пищевых цепей	127
4.2.5 Саморегуляция в экосистеме	127
4.2.6 Передача веществ и энергии в пищевых цепях	133
4.2.7 Круговорот веществ и поток энергии в экосистеме	135
4.2.8 Динамика и стабильность экосистем	138
Вопросы для самоконтроля	145
Р а з д е л 5. ЭКОЛОГИЯ БИОСФЕРЫ	146
5.1 Биосфера и ее строение	146
5.1.1 Понятие биосферы, ее состав и строение	146
5.1.2 Основные среды жизни в биосфере	148
5.1.3 Живое вещество биосферы	157
5.1.4 Функции живого вещества	158
5.1.5 Геологический круговорот веществ в биосфере	161
5.1.6 Биологический круговорот веществ в биосфере	163
5.1.7 Эволюция биосферы	168
5.1.8 Ноосфера	173
Вопросы для самоконтроля	175
Р а з д е л 6. ЧЕЛОВЕК И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА	177
6.1 Воздействие антропогенных факторов на природу	177
6.1.1 Воздействие промышленности на природу и здоровье человека	177
6.1.2 Сельское хозяйство и окружающая среда	183
6.1.3 Воздействие транспорта на окружающую среду	193

6.1.4 Рекреационное использование территорий и его воздействие на состояние окружающей среды . . .	197
Вопросы для самоконтроля	199
6.2 Рациональное использование и охрана природных ресурсов	200
6.2.1 Экологическое равновесие	200
6.2.2 Взаимодействие человека и природы	201
6.2.3 Природопользование. Рациональное природо- пользование	202
6.2.4 Природные ресурсы и их классификация	203
6.2.5 Рациональное использование и охрана водных, атмосферных, земельных ресурсов и полезных ископаемых	206
6.2.6 Биоресурсы — основа ресурсного потенциала биосферы	215
6.2.7 Особо охраняемые природные территории	220
6.2.8 Красная книга	230
Вопросы для самоконтроля	234
6.3 Природоохранное законодательство республики Беларусь. Экологическое международное сотрудничество	235
6.3.1 Природоохранное законодательство Республики Беларусь как юридическая основа рационального природопользования и сохранения природы	235
6.3.2 Задачи природоохранного законодательства	246
6.3.3 Международное сотрудничество в области эколо- гии и охраны природы	247
6.3.4 Республика Беларусь как субъект международно- го сотрудничества в области экологии и охраны природы	260
Вопросы для самоконтроля	262
Р а з д е л 7. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОСТИ . . .	263
7.1 Глобальные экологические проблемы	263
7.1.1 Категории экологических проблем	263
7.1.2 Сокращение биоразнообразия Земли и деградация экосистем	265
7.1.3 Потепление климата Земли	266
7.1.4 Разрушение озонового слоя	268
7.1.5 Глобальное загрязнение атмосферы и воды, за- грязнение и деградация земель	271
7.1.6 Увеличение населения Земли	274
7.2 Экологические проблемы республики Беларусь	276
7.2.1 Последствия Чернобыльской катастрофы	276

7.2.2	Последствия мелиорации	277
7.2.3	Трансформация природных ландшафтов и загрязнение земель	277
7.2.4	Загрязнение воды	278
7.2.5	Загрязнение атмосферы	279
	Вопросы для самоконтроля	280
Р а з д е л 8. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ВОСПИТАНИЕ		281
8.1	Экологическое образование и воспитание на современном этапе развития общества	281
8.1.1	Экологическое образование и воспитание как условие оптимизации взаимоотношений общества и природы	281
8.1.2	Цели и задачи экологического образования и воспитания	283
8.1.3	Этапы экологического образования и воспитания	285
	Вопросы для самоконтроля	291
	Глоссарий	292
	Список источников	299
	Использованных	299
	Рекомендуемых	300

Учебное издание

Рындевич Сергей Константинович

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

**Учебно-методическое пособие
для студентов небиологических специальностей
высших учебных заведений**

Корректоры: *И. И. Ананько, О. И. Ющук*
Компьютерная верстка *О. В. Ваницкой, Ю. В. Хохол*

Ответственный за выпуск *Е. Г. Хохол*

Подписано в печать 16.11.2009 г.
Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Отпечатано на ризографе.
Усл. печ. л. 17,90. Уч.-изд. л 15,43.
Заказ 94. Тираж 135 экз.

Издатель: учреждение образования
«Барановичский государственный университет»,
ЛИ 02330/0133468 от 09.02.2005 г.
225404, г. Барановичи, ул. Войкова, 21

ОАО «Барановичская укрупненная типография».
ЛП № 02330/0131659 от 02.02.20006 г.
225409, г. Барановичи, ул. Советская, 80.

Репозиторий Баргу

Репозиторий Баргу

Репозиторий Баргу