

Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО «Российский государственный
профессионально-педагогический университет»
Уральское отделение Российской академии образования
Академия профессионального образования

М.В. Слинкина, Г.В. Харина

ЧЕЛОВЕК И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Учебное пособие

Допущено Учебно-методическим объединением по профессионально-педагогическому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 050501.65 Профессиональное обучение (по отраслям)

Екатеринбург
2008

УДК 502 (075.8)

ББК Е081

С 47

Слинкина М.В. Человек и окружающая среда [Текст]: учеб. пособие / М.В. Слинкина, Г.В. Харина. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. профпед. ун-т», 2008. 132 с.

ISBN 978-5-8050-0278-7

В пособии рассматриваются основы организации среды обитания человека, глобальные экологические проблемы, вызванные хозяйственной деятельностью человека, пути и методы сохранения биосферы.

Пособие предназначено для студентов всех форм обучения специальности 050501 Профессиональное обучение, а также для студентов всех других специальностей, изучающих дисциплину «Экология».

Рецензенты: доктор химических наук Н.Ю. Стожко (ГОУ ВПО «Уральский государственный экономический университет»), кандидат химических наук Е.Г. Мирошникова (ГОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»)

ISBN 978-5-8050-0278-7

© ГОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2008

©М.В. Слинкина., Г.В. Харина, 2008

Оглавление

Введение.....	5
Глава 1. СОВРЕМЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ КАК МЕЖДИСЦИПЛИНАР- НЫЙ КОМПЛЕКС ЗНАНИЙ.....	7
1.1. Предмет экологии. Основные разделы экологии	7
1.2. Задачи и методы экологии	12
1.3. Уровни организации живой природы. Объекты экологии	16
Вопросы и задания для самоконтроля	18
Глава 2. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА	19
2.1. Среды обитания и экологические факторы.....	19
2.2. Закономерности воздействия абиотических факторов среды на организмы	22
2.3. Адаптация, жизненные формы и экологические ниши организ- мов.....	25
Вопросы и задания для самоконтроля	29
Глава 3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ	30
3.1. Структура экосистемы и ее элементов	30
3.2. Пищевые цепи и сети. Трофические уровни и поток энергии в экосистеме.....	34
3.3. Экологические пирамиды и продуктивность экосистемы.....	38
3.4. Биотический (биологический) круговорот веществ.....	41
3.5. Саморазвитие экосистем. Экологическая сукцессия	43
3.6. Гомеостаз экосистемы	46
3.7. Антропогенные экосистемы.....	51
Вопросы и задания для самоконтроля	52
Глава 4. БИОСФЕРА.....	54
4.1. Состав и границы биосферы	54
4.2. Живое вещество биосферы. Его химический состав, свойства и функции.....	56
4.3. Свойства биосферы.....	61
4.4. Типы круговоротов веществ в биосфере	64
4.5. Круговороты воды, углерода, кислорода, азота, фосфора и серы	66
4.6. Эволюция биосферы. Ноосфера как стадия эволюции биосферы.....	69
Вопросы и задания для самоконтроля	73
Глава 5. ЧЕЛОВЕК В БИОСФЕРЕ.....	74
5.1. Окружающая среда человека	74

5.2. Человечество как экологический фактор	75
5.3. Экологические кризисы и экологические проблемы	77
5.4. Основные виды антропогенных загрязнений.....	80
5.5. Экологические последствия загрязнения окружающей среды	87
Вопросы и задания для самоконтроля	90
Глава 6. РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	92
6.1. Природные ресурсы и их классификация.....	92
6.2. Экологические принципы рационального природопользования и охраны окружающей среды	94
6.3. Основные направления инженерной защиты окружающей сре- ды	97
6.4. Законодательно-правовой механизм природопользования	103
6.5. Нормирование качества окружающей среды.....	109
6.6. Экологический контроль и экологическая экспертиза	111
6.7. Экономический механизм природопользования и охраны окру- жающей среды	115
Вопросы и задания для самоконтроля	118
Глава 7. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ОХ- РАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	119
7.1. Международные природоохранные организации	119
7.2. Международные конференции по охране окружающей среды	122
Вопросы и задания для самоконтроля	126
Заключение	127
Библиографический список	129

Введение

Человек, обладая уникальными способностями совершенствования окружающего мира, является творцом науки и техники, но, к сожалению, одновременно и разрушителем природы. Продолжающийся рост численности населения Земли, производства и потребления усугубил проблемы истощения природных ресурсов и загрязнения окружающей среды.

В последние десятилетия люди начали осознавать, что в мире, где так много нужды и где окружающая среда ухудшается, невозможны здоровое общество и эффективно работающая экономика. Социально-экономическое развитие должно пойти по новому пути и обязано учитывать возможности природной среды. Однако мы еще не обладаем необходимыми знаниями для разумной организации нашей деятельности, для обеспечения гармоничного развития общества. Накопленные человечеством научные данные в основном ориентированы на удовлетворение конкретных, сиюминутных потребностей людей и не могут однозначно предсказать последствия деятельности общества.

Под влиянием повелительной необходимости жить с природой в гармонии и согласии человечество вынуждено отбросить вековой императив покорения природы. В приоритеты научно-технического прогресса постепенно включаются не столько увеличение производства и потребительский эгоцентризм, сколько спасение природы и сохранение среды обитания человека, так как возможностей для самовосстановления и самоочищения природных систем остается все меньше. Идея защиты окружающей среды во всей мировой культуре сегодня стала господствующей общественной парадигмой.

Человечество стоит перед необходимостью реализации безопасного экологического развития. Для этого необходимы новые знания об окружающей среде, новые технологии, новые нормы поведения. Все это немислимо без изучения экологии. Экологические знания не только объясняют неизвестные стороны действительности, но и призваны выполнять предписывающие функции по отношению к человеческой деятельности.

В предлагаемом учебном пособии представлены основы организации нашей среды обитания, которые должен знать каждый житель планеты Земля. Учебное пособие содержит необходимые базовые сведения об организации, функционировании и саморазвитии природных экосистем; о той роли, которую вся совокупность живых организмов играет в преобразовании абиотической среды и поддержании устойчивости биосферы; о тех негативных

изменениях, которые происходят в биосфере в результате хозяйственной деятельности человека и являются проявлением современного экологического кризиса; о путях и методах сохранения биосферы, среди которых законодательно-правовой и экономический механизмы природопользования, нормирование качества окружающей среды, международное сотрудничество в области охраны окружающей среды и др.

В целом содержание учебного пособия ориентировано на Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования РФ. Пособие включает материал, частично излагаемый в лекционном курсе, а также рекомендуемый для обязательного самостоятельного изучения в соответствии с рабочей программой дисциплины «Экология».

Цель учебного пособия – оказание помощи студентам всех форм обучения в качественном усвоении материала курса экологии, выполнении индивидуальных контрольных работ, организации самостоятельной работы по изучению экологии в течение семестра и в период экзаменационной сессии.

Авторы надеются, что представленный в учебном пособии материал изложен в доступной форме, легко усваивается и способен максимально облегчить изучение экологии.

Глава 1. СОВРЕМЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ КАК МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ КОМПЛЕКС ЗНАНИЙ

1.1. Предмет экологии. Основные разделы экологии

Экология – это область знания, изучающая взаимоотношения организмов и их сообществ с окружающей средой.

Возникновение экологии стало возможным во второй половине XIX в., когда было накоплено достаточно сведений о многообразных живых организмах и особенностях их образа жизни. Ученые начали понимать, что не только строение и развитие организмов, но и их взаимоотношения со средой обитания подчинены определенным закономерностям, которые заслуживают специального изучения [13,17,21].

Заслуга выявления роли среды в развитии живой природы принадлежит создателю эволюционной теории *Ч. Дарвину*. Благодаря взаимодействию организмов с окружающей средой в процессе борьбы за существование (под борьбой Дарвин понимал все формы противоречивых связей вида со средой) происходит их естественный отбор и выживают более приспособленные организмы. Борьба за существование выступает в роли своеобразного «фильтра», с помощью которого среда «отфильтровывает» лишь наиболее приспособленных особей и направляет эволюцию видов живой природы по пути совершенствования приспособительных возможностей организмов. Таким образом, *Ч. Дарвин* указал путь научного постижения механизмов взаимодействия живых организмов с окружающей природной средой.

По этому пути пошел известный немецкий биолог *Э. Геккель*, который ввел термин «экология» (1866) и дал определение новой науки: «Экология – это познание экономики природы, одновременное исследование взаимоотношений всего живого с органическими и неорганическими компонентами среды, включая антагонистические и неантагонистические отношения животных и растений, конкурирующих друг с другом» [17, с.11]. Термин «экология» образован от двух греческих слов (*ойкос* – дом, жилище, родина и *логос* – наука, учение) и означает дословно «наука о доме» или «наука о местообитании». По Геккелю, экология – наука «о домашнем быте» живых организмов. Она должна исследовать все те «запутанные взаимоотношения», которые *Ч. Дарвин* условно обозначил как борьбу за существование.

Экология возникла из потребностей биологии, первоначально являлась ее разделом и долгое время развивалась как биологическая наука, в которой не

находилось места для человека и проблемы взаимодействия его с природой. Впервые поставил вопрос о воздействии человеческого общества на окружающую природную среду *В.И. Вернадский*. Он доказал, что по мощности воздействия на биосферу антропогенные процессы к началу XX в. стали сопоставимы с геологическими процессами. Понадобилось несколько десятилетий, чтобы научная мысль пришла к выводу о том, что развитие цивилизации в существующей форме ведет к деградации природы, угрожающей выживанию человека как биологического вида. Такой вывод, предупреждающий о возможности экологической катастрофы, заставил современную науку обратить пристальное внимание на проблемы окружающей природной среды, на вопросы экологии человека как живого организма и человеческого общества как особой совокупности живых организмов. Наука, ранее сосредоточившаяся на изучении отдельных видов, популяций и элементарных сообществ, перенесла центр внимания на всю биосферу как совокупность живых организмов на Земле, системно объединенную в единое целое с атмосферой, гидросферой и литосферой, их веществом и пространством.

В последние десятилетия, когда угроза глобального экологического кризиса заставила рассматривать человеческую деятельность на планете с позиций законов живой природы, произошло быстрое расширение экологии. Вобрав в себя проблемы окружающей среды, она не только использует достижения других разделов биологии, но и вторгается в смежные с биологией дисциплины – науки о Земле, в физику, химию, в различные инженерные области, предъявляет новые требования к информатике и вычислительной технике, находит приложение за пределами естественных наук – в экономике, политике, социологии, этике. Этот процесс проникновения идей и проблем экологии в другие области знания называется *экологизацией*. Экологизация отражает потребность общества в объединении науки и практики для предотвращения экологической катастрофы. Экология превратилась из частного раздела биологии в обширный и еще окончательно не сформировавшийся комплекс фундаментальных и прикладных дисциплин, который российский ученый *Н.Ф. Реймерс* (1992) назвал *всеобщей экологией* или *мегаэкологией* [25].

Расширение предмета экологии привело к появлению ряда новых ее определений. Все чаще она трактуется как система научных знаний о взаимоотношениях общества и природы.

Современному широкому пониманию экологии соответствует следующее определение, данное известным американским экологом Ю. Одумом (1986) [19]: *экология* – это междисциплинарная область знания об устройстве и функционировании многоуровневых систем в природе и обществе в их взаимосвязи.

Таким образом, для экологически грамотного хозяйствования на Земле нужно знать очень много – от того, как взаимодействуют со средой отдельные организмы, до понимания общепланетарных связей жизни и места в них человеческого общества. Это многообразие знаний отражено в структуре и содержании современной экологии, которая включает следующие основные разделы: «Общая экология», «Биоэкология», «Геоэкология», «Экология человека», «Социальная экология» и «Прикладная экология». Каждый раздел имеет свой предмет, свои подразделы и связи с другими частями экологии и смежными науками.

Общая экология объединяет разнообразные экологические знания на едином научном фундаменте. Ее подразделы: «Теоретическая экология», устанавливающая общие закономерности функционирования экологических систем с использованием, в частности, математического моделирования, и «Экспериментальная экология», обеспечивающая методическим инструментарием различные разделы науки.

Биоэкология – «классическая» экология, сформировавшаяся в рамках биологии. В ней выделяются, в зависимости от объекта исследования, следующие подразделы:

«*Аутэкология*» – экология отдельных особей как представителей определенного вида организмов; изучает взаимодействие отдельного организма со средой его обитания (образ жизни, взаимодействие с отдельными элементами окружающей среды, поведение и т. п.);

«*Популяционная экология (или демэкология)*» – экология генетически однородных групп одного вида, имеющих общее местообитание. Этот подраздел изучает взаимоотношения между организмами и средой на уровне популяций, каждая из которых обладает качественно иными реакциями на окружающую среду, нежели одна особь, и меняет численность во времени и пространстве под воздействием многих условий среды;

«*Синэкология*» – экология многовидовых сообществ (биоценозов). Невозможно понять биологические особенности того или иного вида, прогнозировать динамику и поведение его популяций в изменяющейся среде и

тем более управлять им, если не рассматривать его во взаимосвязи с другими видами и компонентами окружающей среды.

Другой принцип деления относится к таксономическим группам организмов – царствам бактерий, грибов, растений, животных и к более мелким систематическим категориям: типам, классам, отрядам. Например, экология насекомых, экология птиц, экология китов и т. п.

Геоэкология изучает взаимоотношения организмов и среды их обитания с точки зрения влияния географических факторов. Включает подразделения по природно-климатическим зонам (экология тундры, экология тайги, экология степей, экология гор и т.д.) и типам ландшафтов (экология речных долин, экология морских берегов, экология болот и т.п.).

Экология человека – комплекс дисциплин, изучающих взаимодействие человека как индивида (биологической особи) и личности (социального субъекта) с окружающей его средой; рассматривающих вопросы сохранения и развития здоровья людей на основе выявления зависимости организма человека, его психики от состояния природной и социальной среды.

Социальная экология изучает систему «общество – природа» с точки зрения воздействия общества на природную среду и окружающей природной среды на общество. Она исследует и теоретически обобщает специфические связи между обществом, человеком, техникой и природной средой в контексте глобальных проблем человечества с целью сохранения среды обитания человека как биологического и социального существа.

Прикладная экология – большой комплекс дисциплин, связанных с различными областями деятельности человека. Прикладная экология формирует экологические критерии экономики, исследует механизмы антропогенных воздействий на окружающую человека среду, следит за ее качеством, осуществляет экологическую регламентацию хозяйственной деятельности, разрабатывает технические средства охраны окружающей среды и восстановления нарушенных человеком природных систем. В качестве подразделов прикладной экологии выделяют инженерную, сельскохозяйственную, биоресурсную и промысловую, коммунальную, медицинскую экологию.

Инженерная экология изучает взаимодействие техники и природы, способы управления природно-техническими системами в целях защиты природной среды и обеспечения экологической безопасности. Она призвана обеспечить экологически безопасное производственное освоение территорий и соответствие техники и технологии промышленных объектов экологическим

требованиям. Центральное место в сфере инженерной экологии занимает промышленная экология, которая изучает воздействие промышленности на природу и окружающую человека среду, разрабатывает средства регламентации этих воздействий и защиты от них окружающей среды.

Сельскохозяйственная экология занимается вопросами рациональной эксплуатации земельных ресурсов, повышения продуктивности и получения экологически чистой продукции.

Коммунальная экология, экология поселений – подразделы прикладной экологии, изучающие особенности и влияние различных факторов искусственно преобразованной среды обитания людей в жилищах, населенных пунктах, в городах (урбоэкология).

Медицинская экология изучает экологические условия возникновения, распространения и развития болезней человека, обусловленных природными факторами и неблагоприятными техногенными воздействиями среды. Медицинская экология включает в качестве подраздела рекреационную экологию, т. е. экологию отдыха и оздоровления людей.

Из изложенного видно, что экологизации подверглись многие науки и сферы практической деятельности. В их пограничных областях возникают новые дисциплины.

Геоэкология тесно взаимодействует с биогеографией – наукой о географическом распределении живых организмов; экология человека – с антропологией, геронтологией и медициной. Еще теснее переплетаются с родственными дисциплинами ветви прикладной экологии: экология города имеет много общего с коммунальной гигиеной; медицинская экология в значительной мере опирается на токсикологию, патологию и эпидемиологию; большинство требований промышленной экологии совпадает с нормами безопасности и культуры производства, гигиены труда и производственной санитарии, эргономики и безопасности жизнедеятельности.

Размах экологизации указывает на то, что экология претендует на лидирующее положение в современной науке и способствует синтезу фундаментальных знаний о природе и обществе. По выражению Н.Ф. Реймерса (1994), «экология выросла из коротких штанишек, надетых на нее Э. Геккелем, но еще не удостоилась нового костюма» [25, с.12] – научного признания, соответствующего ее общественной значимости.

Таким образом, развитие экологии можно проследить на основе изменения ее предмета. Среди естественных наук экология первая стала включать в свое содержание интересы человека, вопросы улучшения

жизнедеятельности людей. Экологические знания имеют не только познавательные, но и эстетические и этические аспекты. В отличие от науки классического типа экология становится как бы «нормативным естествознанием»: она несет ответственность не только за истинность результатов, но и за их применение. Знания традиционной науки дают возможность создать могучие средства деятельности, но не определяют, насколько разумна и оптимальна сама ее цель. Новые направления экологии призваны восполнить этот пробел в развитии науки.

1.2. Задачи и методы экологии

Основные задачи современной экологии (в ее широком понимании как всеобщей экологии) можно сформулировать следующим образом [1,3,5]:

1. Всеобъемлющая диагностика состояния природы планеты и ее ресурсов; определение порога устойчивости биосферы по отношению к антропогенной нагрузке и степени обратимости изменений, обусловленных человеческой деятельностью.

2. Прогнозирование изменений состояния окружающей человека среды при различных сценариях социально-экономического развития разных стран, регионов и человечества в целом.

3. Формирование новой идеологии и методологии эгоцентризма, связанной с переходом к постиндустриальной цивилизации и направленной на экологизацию экономики, производства, техники, политики, образования.

4. Разработка концептуальных представлений и рекомендаций относительно пути экологически ориентированного социально-экономического развития общества.

5. Формирование экологического мировоззрения и такой стратегии поведения человеческого общества, такой экономики и таких технологий, которые приведут масштабы и характер хозяйственной деятельности в соответствие с экологической выносливостью природы и предотвратят глобальный экологический кризис.

Методическую основу современной экологии составляет сочетание системного подхода, натуральных наблюдений, эксперимента и моделирования. Экология давно уже перестала быть чисто описательной дисциплиной, сейчас в ней преобладают количественные методы – измерения, расчеты, математический анализ. Системный подход пронизывает большинство экологических

исследований, так как любой объект экологии является системой – совокупностью закономерно связанных друг с другом функциональных элементов, представляющих целостное образование, единство. В системном подходе объединяются аналитические и синтетические приемы исследования. Разнообразие исследовательских и прикладных задач влечет за собой и разнообразие применяемых в экологии методов. Их можно объединить в несколько групп [1].

Методы регистрации и оценки состояния среды являются необходимой частью любого экологического исследования. К ним относятся метеорологические наблюдения; измерения температуры, прозрачности, солености воды и анализ ее химического состава; определение характеристик почвенной среды; измерения освещенности, радиационного фона, напряженности физических полей; определение химической и бактериальной загрязненности среды и т.п.

К этой же группе методов следует отнести мониторинг – периодическое или непрерывное слежение за состоянием экологических объектов и за качеством окружающей среды. Большое практическое значение имеет регистрация состава и количества вредных примесей в воде, почве и растениях в зонах антропогенного загрязнения, а также исследования переноса загрязнителей в разных средах. В настоящее время техника экологического мониторинга быстро развивается, используя новейшие методы физико-химического и химического экспресс-анализа, дистанционного зондирования, телеметрии и компьютерной обработки данных. Важным средством экологического мониторинга, позволяющим в ряде случаев получить интегральную оценку качества среды, является биоиндикация — использование для контроля состояния среды некоторых организмов, особо чувствительных к изменениям среды и к появлению в ней вредных примесей.

Методы количественного учета организмов и методы оценки биомассы и продуктивности растений и животных лежат в основе изучения природных сообществ. Для этого применяются подсчеты особей на контрольных площадках, в объемах воды или почвы, маршрутные учеты, отлов и мечение животных, наблюдения за их перемещениями с помощью телеметрии и другие средства вплоть до аэрокосмической регистрации численности стад, скоплений рыбы, густоты древостоя, состояния посевов и урожайности полей. Изучение динамики численности популяций потребовало введения в экологию методов демографии. Все это необходимо для овладения управлением экосистемами, для предотвращения гибели

видов и снижения биологического разнообразия и биопродуктивности экосистем.

Исследования влияния факторов среды на жизнедеятельность организмов составляют наиболее разнообразную группу методов экологии. В их число входят различные, подчас сложные и длительные, наблюдения в природе. Но чаще применяются экспериментальные методы, когда в лабораторных условиях регистрируется воздействие строго контролируемого фактора на те или иные функции растений или животных, а также анализируется применимость полученных на животных результатов к экологии человека. Этим путем устанавливаются оптимальные или граничные условия существования. В частности, так определяются критические и летальные дозы химических и других агентов, по которым рассчитывают предельно допустимые концентрации вредных веществ и уровни воздействия, лежащие в основе экологического нормирования. В данном случае экология смыкается с физиологией, биохимией, токсикологией. Эколог использует применяемую в этих дисциплинах экспериментальную технику. Методы этой категории важны также при определении устойчивости экосистем и изучении адаптации – приспособлений растений, животных и человека к различным условиям среды.

Методы изучения взаимоотношений между организмами в многовидовых сообществах составляют важную часть системной экологии. Здесь также важны натурные наблюдения и лабораторные исследования пищевых отношений, пищевого поведения, опыты с переносом «меток», например радиоактивных изотопов, с помощью которых можно определить, какое количество органического вещества и энергии переходит от одного звена пищевой цепи к другому: от растений – к травоядным животным, от травоядных – к хищникам и т.д.

Особо следует упомянуть экспериментальную методику создания и исследования искусственных сообществ и экосистем, т.е. по существу лабораторное натурное моделирование взаимодействий организмов друг с другом и с окружающей средой. В ряде случаев для этих целей создают искусственные, частично замкнутые и самоподдерживающиеся многовидовые системы.

Кибернетические исследования и методы математического моделирования приобретают все большее значение в экологии. Потребность в них для целей управления и прогнозирования очень велика. Существуют

близкие к реальным процессам математические модели техногенных эмиссий, распространения загрязнителей в атмосфере, самоочищения реки. Намного сложнее моделирование экологических систем. В свое время были получены обобщенные аналитические модели многих экологических процессов. Но реальные объекты экологии столь сложны, что с трудом поддаются строгому математическому описанию даже при значительном упрощении задач. Поскольку в большинстве случаев речь идет о многоуровневых нелинейных задачах с большим числом переменных, аналитические решения практически невозможны и на первое место выдвигаются численные методы имитационного моделирования, основанные на применении современной вычислительной техники.

В последние годы благодаря мощным компьютерам нового поколения и новым средствам программирования появилась возможность количественного решения ряда сложных системных экологических задач. При этом все большее значение приобретают такие новые компьютерные методы, как применение технологии нейронных сетей и аппарата теории нечетких множеств. Быстро совершенствуются приемы глобального моделирования, основанные на проблемно-прогножном подходе. Они позволяют рассматривать варианты сценариев и строить обоснованные прогнозы глобального развития.

Методы прикладной экологии быстро развиваются. Ее важными средствами становятся:

- создание геоинформационных систем (ГИС-технологий) и банков экологической информации, относящихся к различным регионам, территориям, ландшафтам, агросистемам, промышленным центрам, городам;
- комплексный эколого-экономический анализ состояния территорий для целей экологической диагностики и оздоровления экологической обстановки;
- методы экологически ориентированного проектирования хозяйственных и гражданских объектов, основанные на принципах и расчетах экологического соответствия;
- технологические методы снижения отходности, побочных эмиссий и вредного действия производственных комплексов, процессов, устройств и изделий;
- методы оценки влияния техногенных загрязнений и деградации окружающей среды на здоровье людей и состояние природных систем;

- методы контроля экологической регламентации хозяйственной деятельности: экологический мониторинг; экологическая аттестация и паспортизация хозяйственных объектов, территориальных природно-производственных комплексов; экологическая экспертиза; оценка ожидаемых воздействий проектируемых и строящихся объектов на окружающую среду.

1.3. Уровни организации живой природы. Объекты экологии

Иерархическая организация живой природы позволяет условно подразделить ее на ряд уровней. *Уровень организации живой природы* – это функциональное место биологической системы определенной сложности в общей иерархии живого. Обычно выделяют следующие уровни организации живой материи: молекулярный (молекулярно-генетический), клеточный, организменный, популяционно-видовой, экосистемный и биосферный, которые различаются по принципам организации и масштабам явлений.

Основные свойства живых систем – структурная организация, способность к самовоспроизведению, обмен веществ и энергии, раздражимость, поддержание постоянства внутренней среды, способность к адаптации и некоторые другие – реализуются уже на клеточном уровне. Однако полнота всех естественных проявлений жизни представлена только на двух последних уровнях – экосистем и биосферы, так как ни одна клетка, ни один организм, ни один вид, ни одна экосистема не могут существовать без множества других клеток, организмов, видов, экосистем и создаваемых ими условий существования.

Названные уровни отражают *иерархию биологических систем*, при которой меньшие системы входят как подсистемы (элементы) в состав больших систем, которые, в свою очередь, сами являются подсистемами более крупных систем. Свойства каждого отдельного уровня значительно сложнее и многообразнее предыдущего. Нельзя предсказать свойства каждого последующего биологического уровня, исходя из свойств отдельных составляющих его более низких уровней, подобно тому, как нельзя предсказать свойства воды, исходя из свойств водорода и кислорода. Такое явление называют *эмерджентностью* – наличием у системного целого особых свойств, не присущих его подсистемам (элементам).

Экология изучает уровни биологической организации от организмов до биосферы [9].

Организм находится на низшей ступени иерархии объектов экологии в качестве представителя биологического вида и рассматривается в экологии как целостная система, взаимодействующая с окружающей средой.

Вид – совокупность популяций особей, способных к скрещиванию с образованием плодового потомства, обладающих рядом общих морфологических и физиологических признаков и населяющих определенный ареал. Каждый вид в природе представлен несколькими, часто многими, популяциями.

Популяция – совокупность особей одного вида, имеющих общий генофонд, населяющих определенное пространство с относительно однородными условиями обитания и отделенная от других популяций этого вида той или иной формой изоляции. Популяция рассматривается как элементарная единица процесса эволюции, способная реагировать на изменения среды перестройкой своего генофонда. Популяции разных видов объединяются в систему более высокого ранга – сообщество.

Сообщество, или биоценоз – совокупность совместно обитающих и связанных друг с другом популяций разных видов растений, животных и микроорганизмов. Любой биоценоз занимает определенный участок суши или водоема с более или менее однородными условиями, который называется биотопом или экотопом. Это среда обитания всех членов сообщества. Сообщество и среда его обитания образуют экологическую систему, или экосистему.

Экосистема, или биогеоценоз – пространственно определенная совокупность организмов разных видов и среды их обитания, объединенных вещественно-энергетическими и информационными взаимодействиями. Примеры экосистем – лес, озеро, степь, море и т.д. Понятие экосистемы применимо как к природным, так и к искусственным системам (например, аквариум, теплица, пшеничное поле, космический корабль). Термин «биогеоценоз» применяется только по отношению к природным экосистемам. Совокупность всех экосистем Земли образует глобальную экосистему – биосферу, которая находится на высшей ступени иерархии биологических систем.

Биосфера – совокупность всех живых организмов и их среды обитания в пределах планеты; оболочка Земли, населенная живыми организмами и качественно преобразованная ими. В пределах биосферы протекает жизнь человечества в целом и каждого из нас в отдельности.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое экология? Кто ввел в науку термин «экология»?
2. Что составляет предмет изучения биэкологии, социальной экологии и экологии человека? Что объединяет разные направления экологии?
3. В чем состоят особенности экологической науки в целом? Находят ли они отражение в задачах, решаемых современной экологией?
4. Назовите и охарактеризуйте основные методы экологии.
5. Какие уровни организации биологических систем изучает экология? Каким образом они связаны друг с другом?

Глава 2. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА

2.1. Среды обитания и экологические факторы

Под *экологической средой*, или *средой обитания*, понимают всю совокупность тел и явлений, с которыми организм находится в прямых или косвенных взаимоотношениях. В земных условиях существуют четыре типа среды обитания живых организмов: водная, наземно-воздушная, почвенная и организменная – тело другого организма, используемое паразитами [29]. Среды обитания сильно различаются по условиям жизни.

Водная среда самая древняя. Освещенность в ней убывает с глубиной, поэтому растительные организмы могут существовать только в верхних горизонтах водной толщи. При погружении на каждые 10 м давление возрастает на одну атмосферу. Глубоководные обитатели способны переносить давление, которое в тысячи раз больше наземного. В водной среде по сравнению с сушей более мягкий температурный режим, но имеется дефицит кислорода, растворимость которого в воде невелика и уменьшается при загрязнении и нагревании воды. Очень важна степень солености воды, которая возрастает при переходе от пресных вод к морским и океаническим. Водная среда относительно однородна (гомогенна) в пространстве и стабильна во времени.

Наземно-воздушная среда отличается другим набором особенностей. В ней много кислорода, света, более резкие изменения температуры, значительно слабее перепады давления и часто возникает дефицит влаги. У наземных обитателей очень разнообразны приспособления, связанные с обеспечением себя водой, особенно в засушливых условиях. Воздух имеет гораздо меньшую плотность, чем вода, поэтому постоянная жизнь в воздухе невозможна. Хотя многие виды умеют летать, питание и размножение организмов происходит на поверхности земли. Наземно-воздушная среда неоднородна (гетерогенна) в пространстве и очень динамична во времени.

Почвенная среда создана живыми организмами. Это гетерогенная среда, состоящая из трех фаз. Твердые частицы пронизаны в почве порами и полостями, заполненными частично водой, а частично воздухом, поэтому почву населяют мелкие как водные, так и воздуходышащие организмы. Воздух в почвенных полостях обогащен углекислым газом и обеднен кислородом. Температурные колебания очень резки у поверхности, но быстро сглаживаются с глубиной. Имеется дефицит света или полное его отсутствие. Главная

особенность почвенной среды – постоянное поступление органического вещества, в основном за счет отмирающих корней растений и опадающей листвы. Это ценный источник энергии для организмов, поэтому почва – это самая насыщенная жизнью среда. Ее скрытый от глаз мир очень богат и разнообразен. В почвенной среде обитания условия более постоянны, чем в наземно-воздушной среде, но более динамичны, чем в водной и организменной.

Организменная среда – клетки тела, кровь, лимфа, ткани, органы хозяина. Паразиты живут в условиях практически неограниченного запаса пищи. Организм хозяина служит им также защитой от внешних воздействий. Им не грозит высыхание, а колебания температуры или смягчены, или почти отсутствуют. Для организменной среды характерно наибольшее постоянство во времени из всех сред обитания.

Воздействие среды воспринимается организмами через посредство факторов среды, называемых экологическими.

Экологический фактор – это любой элемент среды обитания, способный прямо или косвенно влиять на живой организм. Каждая из сред обитания отличается особенностями воздействия экологических факторов. Экологические факторы делят на три группы: абиотические, биотические и антропогенные [15–17, 19,24].

Абиотические факторы – факторы неживой (косной) природы. К ним относят следующие факторы: *климатические* (свет, температура, влажность, ветер, давление и др.), *геологические* (землетрясения, извержения вулканов, движение ледников и др.), *топографические* (рельеф местности), *эдафические*, или *почвенно-грунтовые* (плотность, структура, pH, гранулометрический состав, химический состав и др.), *гидрологические* (вода, течение, соленость и др.). К абиотическим факторам относят также физические поля (гравитационное, магнитное, электромагнитное) и радиоактивное излучение. Иначе абиотические факторы делят на физические, химические и эдафические.

Биотические факторы – факторы живой природы, воздействие живых организмов друг на друга. В зависимости от воздействующего организма различают биотические факторы *фитогенные* (влияние растений), *зоогенные* (влияние животных) и *микробогенные* (влияние микробов). Все биотические факторы обусловлены внутривидовыми и межвидовыми взаимодействиями, которые могут быть как положительными, так и отрицательными. Взаимодействие может быть положительным для обоих видов (мутуализм), положительным для одного и отрицательным для другого (хищничество, паразитизм), отрицательным для обоих видов (конкуренция), положительным

для одного и безразличным для другого (комменсализм), отрицательным для одного и безразличным для другого (аменсализм).

Мутуализм – широко распространенная форма взаимовыгодных отношений между организмами. Классическим примером мутуализма служат лишайники, в которых симбионты – гриб и водоросль – физиологически дополняют друг друга. Многие травы и деревья нормально существуют лишь в сожительстве с почвенными грибами, поселяющимися на их корнях. Грибы способствуют проникновению воды и минеральных веществ из почвы в корни растений, а сами из корней растений получают углеводы и другие органические вещества, необходимые для их существования. Примерами мутуализма являются взаимовыгодные отношения между цветковыми растениями и опыляющими их насекомыми; между тлями и «пасущими» их муравьями; между бобовыми растениями и поселяющимися на их корнях азотфиксирующими бактериями.

Хищничество и паразитизм. В этих взаимодействиях соединяются и противостоят благоприятствование и угнетение. Хищник умерщвляет жертву и использует ее в качестве пищи, например, олень – растения, волк – оленя. Паразит использует другой организм (хозяина) как среду обитания и источник питания, причиняя ему вред, но, как правило, не уничтожая его. Паразитизм широко распространен в природе. Существует 60 – 65 тыс. видов, ведущих паразитический образ жизни, что составляет 6 – 7 % от общего числа видов, живущих на Земле. Нет ни одного вида многоклеточных животных или растений, которые не имели бы своих паразитов. Они обнаруживаются даже у бактерий. Взаимоотношения «хищник – жертва» и «паразит – хозяин» являются пищевыми отношениями, которыми обусловлены последовательности цепей питания и трофических уровней. Именно пищевые отношения определяют соотношение численностей и биомасс организмов.

Конкуренция – взаимоотношения, возникающие между организмами одного вида (внутривидовая конкуренция) или разных видов (межвидовая конкуренция) в одинаковых условиях среды или в условиях со сходными экологическими требованиями. Организмы могут конкурировать за пищевые ресурсы, убежище, свет и т.д. Конкуренция – единственная форма экологических отношений, отрицательно сказывающаяся на обоих взаимодействующих партнерах. Двустороннее угнетение имеет место всегда, когда совпадают экологические ниши и ограничена емкость среды. Обычно, если два вида с одинаковыми потребностями оказываются в одном сообществе, рано или поздно один конкурент вытесняет другого, который переселяется в

другое место, переключается на другую пищу или вымирает. Это экологическое правило было сформулировано Г.Ф. Гаузе и получило название «*принцип конкурентного исключения*» [9]. Конкуренция приводит к естественному отбору в направлении увеличения экологических различий между конкурирующими видами, образованию ими разных экологических ниш.

Комменсализм – взаимоотношения, при которых один из партнеров получает пользу от сожительства, используя другого в качестве жилища (квартиранство) или источника питания (нахлебничество), которому присутствие первого безразлично. Например, комменсалами крупных акул являются сопровождающие их рыбы-прилипалы; тропические рыбки укрываются от нападения хищников среди щупалец актиний; падальщики (грифы, гиены, шакалы) питаются останками жертв, частично съеденных крупными хищниками и т. д.

Аменсализм – взаимоотношения, при которых один организм воздействует на другой и подавляет его жизнедеятельность, а сам не испытывает никаких влияний со стороны подавляемого. Например, затемнение елью растущих под ней светолюбивых трав; подавляющее действие на один организм продуктов жизнедеятельности другого организма (это явление называется аллелопатия), так, гриб-пеницилл продуцирует вещества, подавляющие жизнедеятельность бактерий.

Антропогенные факторы – факторы, связанные с деятельностью человека, которая меняет режимы природных экологических факторов и создает новые, изменяя среду обитания организмов. Часть антропогенных факторов связана с хозяйственным изъятием природных ресурсов, нарушением естественных ландшафтов: вырубкой лесов, распашкой степей, осушением болот, промыслом растений и животных. Другая часть обусловлена загрязнением природной среды (воздуха, водоемов, почвы) отходами производства и потребления.

2.2. Закономерности воздействия абиотических факторов среды на организмы

Живой организм подвергается воздействию многих экологических факторов одновременно, и ему необходимы определенные режимы (абсолютные значения и динамика) температуры, влажности, света и других факторов среды [15–17,24]. Ответная реакция организма зависит от количества

(дозы) фактора. Так, ограничение дозы или отсутствие любого из необходимых растению веществ ведет к одинаковому результату – замедлению роста, даже если все остальные вещества присутствуют в требуемых количествах. Это обнаружил немецкий ученый *Ю. Либих* – один из основоположников агрохимии. Он установил, что развитие растений зависит не от тех химических элементов (веществ), которые присутствуют в почве в достаточных количествах, а от тех, которых не хватает. Например, достаточное для растения содержание азота или фосфора в почве не может компенсировать недостаток железа или калия. Сформулированное Ю. Либихом в 1840 г. правило называют *законом минимума Либиха: веществом, присутствующим в минимуме, управляется урожай, определяется его величина и стабильность во времени.*

Закон минимума справедлив не только для растений, но и для всех живых организмов, включая человека, которому недостаток каких-либо элементов в организме приходится компенсировать употреблением минералов и витаминов.

Жизненная активность организма угнетается не только при недостатке какого-либо экологического фактора, но и при его избытке. Наиболее благоприятно фактор среды действует на организм при некотором среднем его значении, оптимальном для данного организма. Чем шире пределы колебаний фактора, при которых организм может сохранять жизнеспособность, тем выше устойчивость, т.е. толерантность данного организма к соответствующему экологическому фактору. Таким образом, *толерантность* – это способность организма выдерживать отклонения экологических факторов от оптимальных для его жизнедеятельности значений. Впервые предположение о лимитирующем (ограничивающем) влиянии максимального значения фактора наряду с минимальным было высказано в 1913 г. американским зоологом *В. Шелфордом*, установившим фундаментальный биологический *закон толерантности, или закон лимитирующих факторов: любой живой организм имеет определенные, эволюционно унаследованные верхний и нижний пределы устойчивости (толерантности) к любому экологическому фактору.*

Или другая формулировка закона: *даже единственный фактор за пределами зоны своего оптимума приводит к стрессовому состоянию организма и за пределами зоны толерантности – к его гибели.*

Такой экологический фактор, уровень которого выходит за пределы оптимума и приближается к любой границе толерантности организма, называют *лимитирующим фактором*. По-другому, лимитирующим является фактор, присутствующий в избытке или недостатке по сравнению с оптимальными потребностями в нем организма.

Таким образом, факторы среды имеют количественное выражение. По отношению к каждому фактору можно выделить зону оптимума (зону нормальной жизнедеятельности), зону стресса, или пессимума (зону угнетения) и пределы устойчивости (толерантности) – нижний и верхний, за которыми существование организма невозможно. Значения экологического фактора между верхним и нижним пределами устойчивости (выносливости) называются зоной толерантности (рис.1). Виды с широкой зоной толерантности называются *эврибионтными*, с узкой – *стенобионтными*. Организмы, переносящие значительные колебания температуры, называются *эвритермными*, а приспособленные к узкому интервалу температур – *стенотермными*.

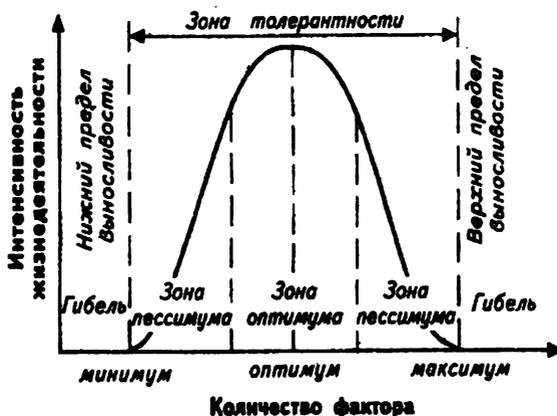


Рис. 1. Воздействие экологического фактора на организм

Способность живых организмов переносить количественные колебания действия экологического фактора называется, как было сказано выше, толерантностью или устойчивостью, а также *экологической валентностью* или пластичностью. Экологические валентности отдельных особей не совпадают, поэтому экологическая валентность вида шире экологической валентности каждой отдельной особи. Экологические валентности вида к разным экологическим факторам могут существенно различаться. Набор экологических валентностей по отношению к разным факторам среды составляет экологический спектр вида.

Численность любого вида будет наивысшей там, где все параметры среды для него оптимальны. Она снизится, но все же не упадет до нуля, если значение одного или значения нескольких факторов среды окажутся для данного вида стрессовыми (лимитирующими). Вид отсутствует там, где величина хотя бы одного из факторов выходит за пределы его устойчивости. Лимитирующие факторы определяют географический ареал вида. Знание человеком лимитирующих факторов для того или иного вида организмов позволяет, изменяя условия среды обитания, либо подавлять, либо стимулировать его развитие.

Закон толерантности (закон лимитирующих факторов) Шелфорда имеет непосредственное отношение к санитарно-гигиеническому нормированию содержания загрязняющих веществ в воздухе, воде, почве и пищевых продуктах. Загрязняющие вещества – это экологические факторы среды антропогенного происхождения, и их действие на организм человека подчиняется закону лимитирующих факторов Шелфорда.

Пусть на рис. 1 количество фактора – это концентрация химического вещества C . При концентрациях меньше минимума и больше максимума человек погибает. Необратимые изменения в его организме произойдут при концентрациях, попадающих в зону толерантности, но лежащих за пределами зоны оптимума в зонах пессимума и являющихся для человека лимитирующими ($C_{\text{лимит}}$). Так как в санитарной охране окружающей среды важны верхние пределы устойчивости человека к вредным веществам, то фактическая концентрация загрязняющего вещества не должна превышать $C_{\text{лимит}}$ вещества, соответствующую верхнему пределу зоны оптимума. Именно эта концентрация имеет смысл предельно допустимой концентрации вредного вещества.

При охране окружающей среды следует обеспечивать состав и режимы экологических факторов в пределах унаследованной толерантности живого (в первую очередь человеческого) организма, т.е. таким образом, чтобы ни один фактор не оказывался лимитирующим по отношению к организму.

2.3. Адаптация, жизненные формы и экологические ниши организмов

Динамичность экологических факторов во времени-пространстве определяется астрономическими, геологическими и гелиоклиматическими

условиями. Поэтому абиотические факторы среды выполняют управляющую роль по отношению к живым организмам. В результате у организмов в процессе эволюции и естественного отбора вырабатываются наследственно закрепленные особенности, обеспечивающие устойчивость к воздействию абиотических факторов среды и успех в конкуренции с другими видами, называемые *адаптациями*. Адаптация как процесс и результат приспособления организмов к условиям окружающей среды является фундаментальным свойством живой природы.

Адаптации можно разделить на морфологические, физиологические и этологические (поведенческие).

Морфологические адаптации сопровождаются изменением в строении организма. Например, видоизменение листа у растений пустынь.

Физиологические адаптации – изменения в физиологии организма. Например, способность верблюда обеспечивать организм влагой путем окисления запасов жира; наличие в пищеварительном тракте животных набора ферментов, определяемого составом пищи.

Этологические адаптации – изменения в поведении. Например, сезонные миграции млекопитающих и птиц; впадение некоторых животных в спячку в зимний период.

Среди приспособлений организмов к среде особую роль играют морфологические адаптации. Изменения в наибольшей степени затрагивают органы, находящиеся в непосредственном соприкосновении с окружающей средой. В результате наблюдается конвергенция (сближение) морфологических (внешних) признаков у разных видов, и они могут быть внешне похожими, если ведут сходный образ жизни в сходных условиях среды. Так, например, конвергентное сходство имеют прыгающие животные разных континентов, роющие млекопитающие, бегающие хищники и т.д. Морфологический (морфофизиологический) тип приспособления животного или растения либо вида к определенным условиям среды и определенному образу жизни называют **жизненной формой организма (вида)**. Существует много классификаций организмов по жизненным формам. Так, например, среди обитателей водной среды (гидробионтов) выделяют следующие жизненные формы [17]:

- **бентос** – донные организмы, ведущие прикрепленный или свободный образ жизни (водоросли, цветковые растения, черви, моллюски);

- **перифитон** – животные и растения, прикрепленные к стеблям высших растений и поднимающиеся над дном (черви, моллюски, личинки многих животных);

- *планктон* (фито- и зоопланктон) – плавающие организмы, способные совершать вертикальные и горизонтальные перемещения преимущественно в соответствии с движением водных масс (микроскопические водоросли, мелкие рачки, икра и личинки рыб);

- *нектон* – свободно плавающие организмы (рыбы, ракообразные, крупные водные насекомые);

- *нейстон* – организмы, обитающие у поверхности воды (личинки комаров, водомерки).

Любой вид адаптирован к строго определенным факторам окружающей среды. Требования организма к составу и режимам экологических факторов определяют границы распространения того вида, к которому этот организм принадлежит, т.е. ареал, а в пределах ареала – конкретные места обитания.

Местообитание – пространственно ограниченная совокупность условий среды (абиотической и биотической), обеспечивающая весь цикл развития особей одного вида. Другими словами, это место, где живет организм, его «адрес». Например, лес, луг, болото или даже внутренняя среда другого организма.

Для совокупной характеристики физического пространства, занимаемого организмами вида, и их функциональной роли в биотической среде обитания (сообществе), включая способ питания, образ жизни и взаимоотношения с другими видами, введен термин «экологическая ниша». Таким образом, **экологическая ниша** – это совокупность всех жизненных условий, необходимых для существования вида, и его функциональная роль в сообществе. Знание экологической ниши позволяет ответить на вопросы: как, где и чем питается вид, чьей добычей он является, каким образом и где он отдыхает и размножается. Экологическая ниша – это как бы «профессия» организма. Каждый вид имеет свою, только ему присущую экологическую нишу, т. е. сколько на Земле видов живых организмов, столько и экологических ниш. Это сводит к минимуму конкуренцию между видами в сообществе, так как они адаптированы к питанию разным кормом в разное время суток и в разных местах. К примеру, птички зарянки, поедающие земляных червей, не конкурируют с дятлами и зерноядными воробьями; мухоловки и летучие мыши ловят насекомых, но первые – днем, а вторые – ночью; жираф объедает листья с верхушек деревьев, поэтому не конкурирует с другими травоядными. Такая специализация организмов позволяет наиболее полно использовать все пригодное для жизни пространство и источники пищи. Экологические ниши совместно живущих видов могут частично перекрываться, но полностью

никогда не совпадают, так как вступает в действие принцип конкурентного исключения и один вид вытесняет другой из данного сообщества. *Интродуцированные* (завезенные, переселенные) виды могут вызвать вымирание местных видов в результате успешной конкуренции за их ниши.

Человек имеет свою, только ему присущую экологическую нишу, выработанную в процессе эволюции. Как биологический вид человек может обитать только в пределах весьма ограниченного пространства – суши экваториального пояса (тропики, субтропики), где и возникло семейство гоминид. Благодаря своим социальным свойствам человек расширил границы своего начального ареала и расселился в высоких, средних и низких широтах, освоил глубины океана и космос. Однако его фундаментальная экологическая ниша при этом практически не изменилась, и за пределами исходного ареала он может выживать, преодолевая лимитирующие факторы среды не путем адаптаций, а с помощью специально создаваемых защитных устройств и приспособлений (отапливаемые жилища, теплая одежда, кислородные приборы и т.п.), которые имитируют его нишу, подобно тому, как это делается для экзотических растений и животных в зоопарках и ботанических садах. Тем не менее, полностью воспроизвести все факторы, необходимые человеку с точки зрения закона толерантности, не всегда удастся. Например, в космическом полете невозможно воспроизвести такой важнейший фактор, как гравитация.

В условиях промышленных предприятий многие факторы (шум, вибрация, температура, электромагнитные поля, концентрация химических веществ в воздухе и др.) находятся периодически или постоянно за пределами толерантности человеческого организма, что приводит к возникновению профессиональных заболеваний. Поэтому существует специальная система технических и организационных мероприятий, направленных на обеспечение безопасности трудовой деятельности путем снижения уровня воздействия на организм опасных и вредных экологических факторов.

Поступающие в окружающую природную среду и в пищу химические соединения являются экологическими факторами, а следовательно, элементами экологической ниши. По отношению к ним устойчивость человеческого организма мала, и такие вещества оказываются лимитирующими факторами, разрушающими нишу.

Таким образом, все законы экологии справедливы для человека в той же мере, что и для других живых организмов.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Назовите основные среды обитания организмов. Какая из них самая динамичная во времени, а какая имеет наибольшее постоянство? Почему?

2. Что такое экологические факторы среды? Какие экологические факторы особенно важны в водной и какие – в наземно-воздушной среде обитания?

3. Назовите и охарактеризуйте разные типы непищевых взаимоотношений между организмами.

4. Назовите абиотические факторы среды. На примере любого из них дайте определения зоны оптимума, зоны пессимума и зоны толерантности. Различаются ли они у разных видов?

5. Что такое лимитирующий фактор? Какие наблюдения привели к формулировке закона лимитирующих факторов? Сформулируйте этот закон и объясните практическое значение его для человека.

6. Назовите типы адаптаций и охарактеризуйте особую роль морфологической адаптации.

7. Дайте определения местообитания и экологической ниши. Поясните разницу между ними. Охарактеризуйте экологическую нишу человека.

Глава 3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

3.1. Структура экосистемы и ее элементов

Экосистему можно определить как совокупность популяций различных видов растений, животных и микроорганизмов, взаимодействующих между собой и окружающей их средой таким образом, что эта совокупность сохраняется неопределенно долгое время.

Природные экосистемы могут быть водными и наземными, разного объема и протяженности: лужа с ее обитателями, река, пруд, озеро, океан, луг, роша, тайга, степь – все это примеры разномасштабных экосистем. Более мелкие экосистемы входят в состав все более крупных, вплоть до общей экосистемы Земли. Очень крупные наземные экосистемы называются биомами (тропические леса, пустыни, тайга, тундра). Также в зависимости от масштаба выделяют микроэкосистемы (подушка лишайника), мезоэкосистемы (пруд, озеро), макроэкосистемы (океан) и глобальную экосистему (биосфера Земли).

Термин «экосистема» введен английским ботаником *А. Тенсли* (1935) и применим как к природным, так и к искусственным системам (см.гл. 1.). В нашей стране для обозначения природных комплексов принят термин *биогеоценоз* (от греч. *биос* – жизнь, *гео* – Земля, *ценоз* – сообщество), предложенный академиком *В.Н. Сукачевым* (1942), т.е. биогеоценоз – это синоним экосистемы только применительно к природным образованиям.

Любую экосистему можно разделить на совокупность живых организмов, которую называют *биотой*, и неживые факторы окружающей среды. Другими словами, экосистема включает два компонента: биотический – сообщество, или биоценоз, и абиотический – биотоп, или экотоп [15–17, 28–30].

Термин «биоценоз» предложен немецким зоологом *К. Мебиусом* (1877). Он обозначает взаимосвязанную совокупность популяций растений (фитоценоз), животных (зооценоз) и микроорганизмов (микробоценоз), совместно обитающих в пределах определенного объема пространства (биотопа). Все элементы экосистемы связаны друг с другом (рис. 2). В чистом виде ни фитоценоз, ни зооценоз, ни микробоценоз в природе не встречаются, как и биоценоз в отрыве от биотопа.

Рассмотрим более подробно структуру биотического компонента экосистемы. Выделяют трофическую, пространственную и видовую структуру биоценоза.

Трофическая структура формируется пищевыми связями, которые являются важнейшим видом взаимоотношений между организмами в биоценозе. Все организмы, живые и мертвые, являются пищей для других организмов. Несмотря на громадное разнообразие экосистем, им свойственна примерно одинаковая биотическая структура: все они включают одни и те же категории организмов, взаимодействующих стереотипным образом. Это продуценты, консументы, детритофаги и редуценты.

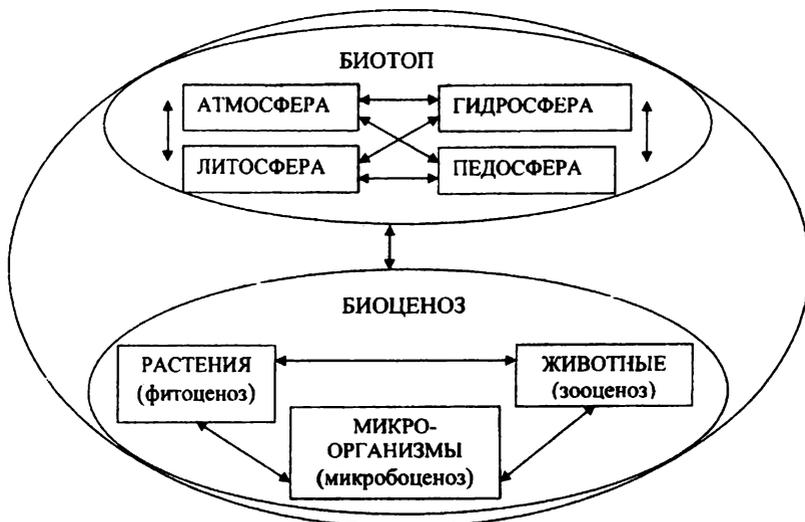
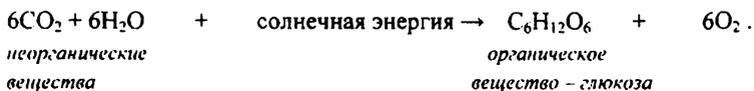


Рис. 2. Схема экосистемы

Продуценты, или *автотрофы* («самопитающиеся», от греч. *автос* – сам, *трофос* – питание) – это организмы, способные производить органические вещества (белки, жиры, углеводы и др.) из неорганических веществ (CO_2 , H_2O , минеральных солей и др.) окружающей среды, используя фотосинтез (зеленые растения) и хемосинтез (хемосинтезирующие бактерии). Главную роль в продуцировании органических веществ выполняют зеленые растения, в которых под действием солнечного света протекает процесс фотосинтеза и энергия света накапливается в органических соединениях в форме химической энергии:



Все остальные организмы питаются готовым органическим веществом, которое служит им источником энергии и материалом для формирования своего тела. Таким образом, зеленые растения производят пищу для всех остальных организмов экосистемы, которые являются *гетеротрофами*, т.е. «питающимися другими».

Консументы – гетеротрофные организмы, потребляющие органическое вещество продуцентов или других консументов. Различают консументы первого порядка (растительноядные, или фитофаги), второго порядка (плотоядные, или зоофаги) и более высоких порядков, причем некоторые животные соответствуют нескольким таким уровням.

Детритофаги и редуценты – это гетеротрофные организмы, потребляющие мертвые растительные и животные остатки (мертвое органическое вещество – детрит), например, опавшие листья, фекалии, трупы животных. К детритофагам относятся земляные черви, раки, термиты, муравьи и т. д. Различают первичных детритофагов, питающихся непосредственно детритом, вторичных и т. д. Значительная часть детрита гниет и разлагается в процессе питания грибов и бактерий. Они выполняют в биоценозе специфическую роль: полностью разлагают органические вещества до неорганических веществ (минерализуют органические вещества), поэтому их выделяют в особую подгруппу детритофагов и называют редуцентами или деструкторами.

Следует учитывать, что и продуценты, и консументы частично выполняют функции редуцентов, выделяя в окружающую среду минеральные вещества – продукты метаболизма.

Пространственная структура – распределение организмов разных видов в пространстве (по вертикали и горизонтали). Пространственная структура образуется прежде всего растительной частью биоценоза. Различают *ярусность* (структура биоценоза по вертикали) и *мозаичность* (структура по горизонтали). Например, в широколиственном лесу выделяют 5 – 6 ярусов: деревья первой, второй величины, подлесок, кустарник, высокие травы, низкие травы. В каждом ярусе растительности преимущественно обитают свои животные из состава биоценоза. В водных экосистемах вертикальная структура задается в первую очередь абиотическими условиями: освещенностью, температурой и др. Мозаичность реализуется в виде неравномерного

распределения популяций по площади из-за неоднородности почвенно-грунтовых условий, микроклимата, рельефа и т.п.

Видовая структура – это количество видов, образующих биоценоз, и соотношение их численностей. Видовой состав и насыщенность биоценоза зависят от условий среды. На Земле существуют как резко обедненные сообщества полярных пустынь, так и богатейшие сообщества тропических лесов и коралловых рифов.

Виды, преобладающие по численности, массе и развитию, называют *доминантными*. Среди них выделяют *эдификаторы* («строители»), которые своей жизнедеятельностью в наибольшей степени формируют среду обитания, предопределяя существование других организмов, и без которых другие виды существовать не могут. Именно они порождают разнообразие видов в биоценозе. Как правило, эдификаторами выступают растения – ель, сосна, кедр (в хвойных лесах); ковыль (в степях) и лишь изредка животные. Например, ель в еловом лесу наряду с доминантностью обладает сильными эдификаторными свойствами, выражающимися в способности затенять почву, создавать кислую среду своими корнями, образовывать специфические подзолистые почвы. Вследствие этого под пологом ели могут жить только тенелюбивые растения.

Каждый вид в природе состоит из одной или нескольких популяций, и популяция, таким образом, является формой существования вида в сообществе, его наименьшей эволюционирующей единицей. **Популяция** – это определенным образом организованная совокупность особей одного вида, свободно скрещивающихся и дающих плодовитое потомство. Она имеет возрастную структуру, т. е. определенное соотношение численности особей разного возраста (предрепродуктивного, репродуктивного и пострепродуктивного); половую структуру – определенное соотношение полов, причем, как правило, количество самцов и самок различно; пространственную структуру – характер распределения особей в пределах ареала и др.

Основные характеристики популяции: плотность – число особей, приходящихся на единицу площади или объема; численность – общее число особей на выделяемой территории; рождаемость – число новых особей, появившихся в результате размножения в единицу времени; смертность – число особей, погибших за определенный отрезок времени; прирост популяции – разница между рождаемостью и смертностью.

Человек в своей конкретной практике имеет дело не с отдельными особями и видами, а именно с популяциями растений и животных, меняя их численность, структуру и другие количественные характеристики, что ведет к

снижению интенсивности воспроизводства, а в ряде случаев – к исчезновению популяции.

С возникновением человеческого общества и образованием стабильных поселений человека возникли *синантропные виды*, популяции которых обитают вблизи человека: в его жилищах, в местах размещения отходов жизнедеятельности. Это тараканы, клопы, мухи, мыши и др. Они могут быть вредителями, паразитами, переносчиками опасных инфекционных заболеваний, т. е. выступать в качестве опасных экологических факторов.

3.2. Пищевые цепи и сети. Трофические уровни и поток энергии в экосистеме

Существование любого биоценоза возможно только при постоянном притоке энергии. По существу, вся жизнь на Земле существует за счет энергии солнечного излучения, которая переводится фотосинтезирующими организмами в химические связи органических веществ (химическую энергию). Гетеротрофы получают энергию с пищей. Все живые существа являются объектами питания других живых существ, т. е. связаны между собой вещественно-энергетическими отношениями. Пищевые связи в сообществах — это механизм передачи энергии от одного организма к другому или другим. Питаясь друг другом, живые организмы образуют *пищевую цепь* – последовательность организмов, по которой энергия, заключенная в пище, передается от ее первоначального источника. Различают два типа пищевых цепей (рис. 3). *Цепи выедания (или пастбищные)* – пищевые цепи, начинающиеся с живых фотосинтезирующих организмов. Например: фитопланктон → зоопланктон → рыбы-микрофаги → рыбы-макрофаги → птицы-ихтиофаги. *Цепи разложения (или детритные)* – пищевые цепи, начинающиеся с отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных. Например: детрит → детритофаги → хищники микрофаги → хищники макрофаги.

Таким образом, поток энергии, проходящий через экосистему, как бы разбивается на два основных направления. Энергия к консументам поступает через живые ткани растений или через запасы мертвого органического вещества.

В каждом сообществе пищевые цепи сложным образом переплетаются и образуют *пищевые сети*, так как организмы любого вида являются

потенциальными объектами для пищи многих других видов. Например, врагами тлей служат личинки и жуки божьих коровок, личинки мух, пауки, насекомоядные птицы и многие другие животные. За счет дубов в лиственных лесах могут жить несколько сотен форм различных членистоногих, паразитических грибков и т.д.; хищники обычно легко переключаются с одного вида пищи на другой. Некоторые хищники могут потреблять в определенной мере и растительную пищу. Пищевые сети в биоценозах очень сложны. Однако первое впечатление о том, что энергия в трофических сетях может долго мигрировать от одного организма к другому, обманчиво. На самом деле путь каждой конкретной порции энергии, накопленной растениями, короток, он может передаваться не более чем через 4 – 5 звеньев, состоящих из последовательно питающихся друг другом организмов.

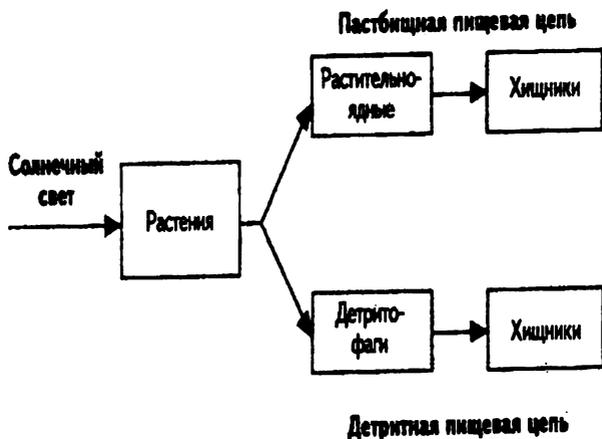


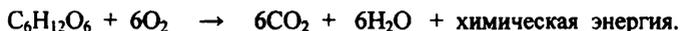
Рис.3. Модель потока энергии, показывающая связь между пастбищной и детритной пищевыми цепями

Место каждого звена в цепи питания называют *трофическим уровнем*. *Первый трофический уровень* – это всегда продуценты, растения – создатели органического вещества, биомассы; *второй трофический уровень* составляют травоядные животные – потребители, или консументы первого порядка; потребители травоядных животных – плотоядные – составляют следующий трофический уровень и являются консументами второго порядка; потребители плотоядных форм относятся к консументам третьего порядка и т.д. При этом

имеет значение пищевая специализация организмов-консументов. Виды с широким спектром питания могут включаться в пищевую цепь на разных трофических уровнях. Например, человек, в рацион которого входят и растительная и животная пища, может в разных пищевых цепях быть консументом первого, второго и третьего порядков.

Количество энергии, расходуемой на поддержание организмом собственной жизнедеятельности, в цепи трофических уровней растет, а продуктивность падает. Энергетический баланс консументов складывается следующим образом. Поглощенная пища обычно усваивается не полностью. Неусвоенная пища вновь возвращается во внешнюю среду в виде экскрементов и в последующем может быть вовлечена в другие цепи питания. Процент усвояемости зависит от состава пищи и набора пищеварительных ферментов организма. У животных усвояемость варьирует в пределах от 12 – 20 % (у некоторых детритофагов) до 75 % (у плотоядных видов).

Большая часть усвоенной пищи разрушается с высвобождением химической энергии, которая обеспечивает все функции организма (его жизнедеятельность) и теряется в конце концов в виде выделяемого телом тепла (тепловой энергии). Процесс окисления органических веществ кислородом, содержащимся в воздухе, происходящий на уровне клетки с выделением энергии, необходимой для жизнедеятельности, называется *клеточным дыханием*. В целом он противоположен фотосинтезу:



Меньшая часть усвоенной энергии идет собственно на ассимиляцию, т.е. на образование тканей, биомассы самого организма или на запасание питательных веществ. Обычно продуктивность каждого последующего трофического уровня составляет 5 – 20 % от продуктивности предыдущего. Траты на дыхание во много раз больше энергетических затрат на увеличение массы организма. Конкретные соотношения зависят от стадии развития и физиологического состояния особи. У молодых особей траты на рост достигают больших величин, тогда как взрослые используют энергию пищи в основном на поддержание обмена веществ и созревание половых клеток.

Таким образом, большая часть энергии в цепи питания при переходе с одного уровня на другой теряется. К следующему звену в цепи питания поступает только та энергия, которая заключена в массе предыдущего поедаемого звена (около 10 %).

Р. Линдеман (1942) [9] сформулировал *правило десяти процентов*, согласно которому с одного трофического уровня переходит на другой, более высокий уровень (по «лестнице» продуцент – консумент – редуцент) в среднем около 10 % энергии, поступившей на предыдущий уровень.

Потери энергии составляют около 90 % при каждом переходе через трофическую цепь. Например, если энергия растительного организма составляет 1000 Дж, то при полном поедании его травоядным животным в теле последнего ассимилируется всего 100 Дж, в теле хищника 10 Дж, а если этот хищник будет съеден другим, то в его теле ассимилируется только 1 Дж энергии, т.е. 0,1 %. В результате энергия, накопленная зелеными растениями в цепях питания, стремительно иссякает. Поэтому пищевая цепь не может включать более 4 – 5 звеньев. Добавим, что растения связывают в процессе фотосинтеза в среднем лишь 1 – 5 % энергии солнечного света.

Потерянная в цепях питания энергия может быть восполнена только за счет поступления новых ее порций. В экосистемах не может быть круговорота энергии, подобного круговороту веществ. Жизнь и функционирование любой экологической системы возможны только при *однонаправленном потоке солнечной энергии*, преобразованной автотрофами в форму химической энергии и передаваемой гетеротрофам.

Все биологические процессы в экосистемах подчиняются законам термодинамики – науки о превращениях одних видов энергии и работы в другие. *Первый закон термодинамики* (закон сохранения энергии) постулирует, что *энергия не возникает и не исчезает, а лишь переходит из одной формы в другую*. В экосистеме солнечная энергия превращается в химическую энергию (энергию химических связей органических веществ), большая часть которой используется живыми организмами для жизнедеятельности (совершения работы, начиная с уровня клетки). Согласно одной из формулировок *второго закона термодинамики*, *при любых превращениях энергии (или совершении работы) часть ее теряется в виде тепла*. Поэтому в экосистеме при передаче энергии с одного трофического уровня на другой происходят большие потери энергии в виде тепла, которое рассеивается в окружающей среде, и только 10 % энергии от первоначального количества передается по пищевой цепи. В отличие от энергии, которая при переходе на более высокий трофический уровень десятикратно теряется, токсичные и радиоактивные вещества примерно в такой же пропорции накапливаются, т. е. их концентрация десятикратно увеличивается. Этот факт

зафиксирован в *правиле биологического усиления*, справедливого для всех биоценозов.

3.3. Экологические пирамиды и продуктивность экосистемы

Прогрессивное снижение ассимилированной энергии в ряду трофических уровней находит отражение в структуре экологических пирамид [2, 17, 24].

Экологическая пирамида – графическое изображение соотношения трофических уровней в экосистеме, которое выражается в числе особей, в количестве биомассы (суммарной массы организмов) и в количестве заключенной в особях энергии. Соответственно, различают пирамиды чисел, пирамиды биомасс и пирамиды энергии. Каждый трофический уровень пирамиды изображается условно в виде прямоугольника, площадь которого соответствует численному значению количества особей или их биомассе либо энергии. Прямоугольники имеют одинаковую высоту, но разную длину. Нижний прямоугольник, самый большой по длине и площади, соответствует первому трофическому уровню – продуцентам; следующий прямоугольник, меньший по площади, соответствует второму трофическому уровню – первичным консументам и т.д. Расположив эти прямоугольники в соподчиненной последовательности, получают соответствующую пирамиду (рис. 4).

Пирамида чисел (или пирамида Элтона, названная по имени американского ученого, впервые сформулировавшего принцип построения экологической пирамиды) отражает уменьшение численности организмов от продуцентов к консументам.

Пирамида биомасс показывает изменение биомасс на каждом последующем трофическом уровне: для наземных экосистем пирамида биомасс сужается кверху, для водных экосистем она, наоборот, расширяется (перевернутая пирамида), что связано с быстрым потреблением планктона консументами.

Пирамида энергии имеет универсальный характер и отражает уменьшение количества энергии, содержащейся в продукции, создаваемой на каждом последующем трофическом уровне.

Пирамиды энергии являются наиболее полезными из трех типов экологических пирамид. Они позволяют сравнивать различные биоценозы и

выявлять относительную значимость популяций в пределах одного сообщества.

На рис. 4 показаны экологические пирамиды, построенные американским экологом Ю. Одумом. Он рассмотрел в качестве примера условный биоценоз, состоящий из одного мальчика (12 лет), питающегося в течение года только телятиной, и телят, которые едят исключительно траву люцерну.

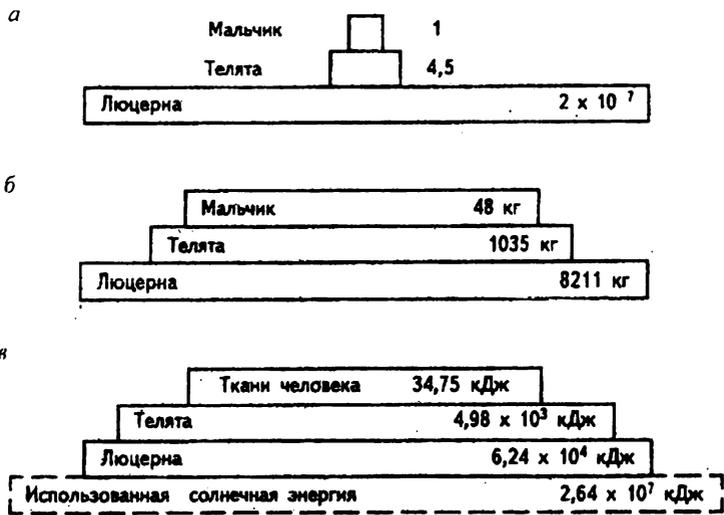


Рис. 4. Пирамиды чисел (а), биомасс (б) и энергии (в), представляющие пищевую цепь «люцерна – телята – мальчик»

Пирамида чисел (а) показывает, что если бы мальчик питался в течение одного года только телятиной, то для этого ему потребовалось бы 4,5 теленка, а для пропитания телят необходимо засеять поле в 4 га люцерной, что составит 2×10^7 растений. В пирамиде биомасс (б) число особей заменено их биомассой. В пирамиде энергии (в) учтена солнечная энергия. Люцерна использует 0,24 % солнечной энергии. Для накопления продукции телятами в течение года используется 8 % энергии, аккумулированной люцерной. На развитие и рост ребенка в течение года используется 0,7 % энергии, аккумулированной телятами. В результате чуть более одной миллионной доли солнечной энергии,

падающей на поле в 4 га, используется для пропитания ребенка в течение одного года.

Поскольку на каждом трофическом уровне энергия теряется, то для человека наиболее эффективным способом извлечения энергии является потребление растительной пищи (вегетарианство), а наиболее дорого использование в пищу хищных видов. Так, по энергии, затраченной на рост, 1 кг окуня или щуки обходится природе в 7 раз «дороже», чем 1 кг говяжьего мяса. Поэтому плотоядные животные разводятся людьми в редких случаях, например в пушном звероводстве. Однако, питаясь только растительной пищей, следует учитывать, что животный белок содержит больше незаменимых аминокислот, а растительный белок переваривается труднее, чем животный, из-за необходимости предварительного разрушения жестких клеточных стенок.

Каждая экосистема обладает определенной продуктивностью.

Продуктивность, или продукция – это суммарное количество биомассы, образовавшееся за конкретный период времени, т. е. скорость образования биомассы (органического вещества). Биомассой называется масса организмов определенной группы (продуцентов, консументов, редуцентов) или сообщества в целом. Биомассу выражают в единицах массы вещества или количеством энергии, заключенной в тканях, отнесенных к единице площади или объема местообитания – кг/га, г/м², кДж/м³ и т. д.

Различают первичную и вторичную продукцию сообщества.

Первичная продукция – биомасса, созданная за единицу времени продуцентами. Она делится на валовую и чистую. **Валовая первичная продукция** (общая ассимиляция) – это общая биомасса, созданная растениями в ходе фотосинтеза. Часть ее расходуется на поддержание жизнедеятельности растений – траты на дыхание (40 – 70 %). Оставшаяся часть составляет **чистую первичную продукцию** (чистая ассимиляция), которая в дальнейшем используется консументами и редуцентами или накапливается в экосистеме.

Вторичная продукция – биомасса, созданная за единицу времени консументами. Определенному количеству органического вещества эквивалентно определенное количество энергии. Например, 1 г сухого органического вещества растения в среднем имеет энергетическую ценность, равную 19 кДж. Так как энергия при переходе от одного трофического уровня к другому теряется, то продуктивность каждого последующего трофического уровня всегда меньше продуктивности предыдущего трофического уровня в среднем в 10 раз.

Самой высокой биомассой и продуктивностью обладают тропические дождевые леса, самой низкой – пустыни и тундры. Если в экосистеме скорость прироста растений (образования первичной продукции) выше темпов переработки ее консументами и редуцентами, то это ведет к увеличению биомассы продуцентов. Если при этом присутствует недостаточно быстрая утилизация продуктов опада в цепях разложения, то происходит накопление мертвого органического вещества. Это ведет к заторфовыванию болот, образованию мощной лесной подстилки и т.п. В стабильных экосистемах биомасса остается постоянной, так как практически вся продукция расходуется в цепях питания.

Продуктивность – важнейшее для человека свойство биосферы, зависящее от продуктивности слагающих ее естественных и антропогенных экологических систем. Благодаря способности экосистемы производить биомассу человек получает необходимые ему пищевые и многие технические ресурсы. Проблема обеспечения численно растущего человечества пищей – это, в сущности, проблема повышения продуктивности сельского хозяйства. Поэтому знание законов биологической продуктивности и потерь энергии имеет большое практическое значение, так как позволяет сознательно и грамотно строить хозяйственную деятельность таким образом, чтобы получать возможно большую первичную и вторичную продукцию. Воздействие человека на экологические системы, связанное с их разрушением или загрязнением, непосредственно ведет к прерыванию потока энергии и вещества, а значит – к снижению продуктивности. Например, из-за задымления и снижения прозрачности воздуха может образоваться барьер между потоком солнечной энергии и воспринимающими ее продуцентами. Вредные вещества в атмосфере могут привести к гибели части ассимиляционного аппарата растений. Спекание подстилки и гибель редуцентов в результате попадания в почву токсичных отходов прервут возврат минеральных компонентов в трофические цепи. Поэтому охрана окружающей среды может рассматриваться и как система мероприятий, направленных на предотвращение снижения продуктивности биосферы.

3.4. Биотический (биологический) круговорот веществ

Все живые организмы в экосистеме связаны друг с другом и с окружающей абиотической средой через вещество и энергию. Поток энергии, заключенной в

пище, движущийся однонаправленно от автотрофов к гетеротрофам, неразрывно связан с превращением и перемещением веществ.

В экосистеме органические вещества синтезируются автотрофами из неорганических веществ, являющихся запасами *биогенных элементов (биогенов)* – химических элементов, необходимых для существования живых организмов и обязательно входящих в их состав. Затем они потребляются гетеротрофами. Выделенные в процессе жизнедеятельности или после гибели организмов (как автотрофов, так и гетеротрофов) органические вещества подвергаются минерализации, т.е. превращению в неорганические вещества, которые могут быть вновь использованы автотрофами для синтеза органических веществ. Так осуществляется *биотический круговорот веществ* – круговорот биогенных элементов, обусловленный синтезом и разрушением органических веществ в процессе жизнедеятельности организмов [1 – 3, 9, 13, 17].

Для осуществления биотического круговорота веществ необходимы солнечная энергия, биогенные элементы (С, Н, О, Р, N, S и др.), продуценты, консументы, детритофаги и редуценты. Последние полностью минерализуют органические вещества и замыкают биотический круговорот (рис. 5).

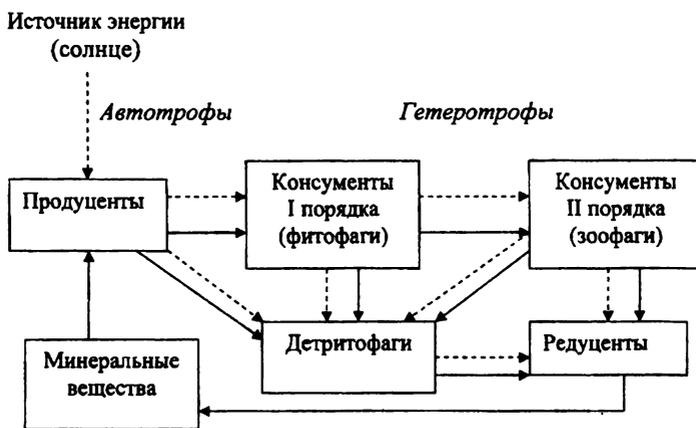


Рис. 5. Схема биотического круговорота веществ в экосистеме (сплошные линии – перенос вещества, пунктирные линии – перенос энергии)

Запасы веществ (биогенов), усваиваемых организмами и, прежде всего, продуцентами, в природе не безграничны. Если бы эти вещества не использовались многократно, будучи вовлеченными в круговорот, то жизнь на

Земле была бы вообще невозможна. Это значит, что жизнь на нашей планете осуществляется как постоянный круговорот веществ, поддерживаемый потоком солнечной энергии. Общий биотический круговорот веществ на нашей планете складывается из взаимодействия множества частных круговоротов, происходящих на уровне отдельных экосистем (см. п. 4.4). Следует отметить, что наряду с биогенами в круговороте участвуют многие токсичные и радиоактивные вещества, способные накапливаться в организмах. В пищевых цепях при переходе на более высокий трофический уровень концентрация этих веществ многократно увеличивается. Этот процесс называется *биоаккумуляцией* или *кумуляцией*. Он приводит к отравлениям организмов высших трофических уровней и особенно опасен для человека, находящегося на вершине экологической пирамиды.

Биотический круговорот веществ имеет высокую, но неполную степень замкнутости. Часть вещества может на время выбывать из биотического круговорота: осаждаться на дне океанов, морей, выпадать в глубины земной коры, образуя осадочные породы, которые могут вновь включаться в круговорот живыми организмами. В результате неполной замкнутости биотических круговоротов в экосистемах происходят благоприятные изменения среды обитания, образуется почва, известняки и прочие горные породы биогенного происхождения.

Таким образом, биогены в экосистемах совершают практически полный круговорот, попадая из абиотической среды в живые организмы, из них – в абиотическую среду и вновь возвращаясь в живое. Биотический круговорот веществ является результатом согласованной деятельности живых организмов, требующей постоянных затрат энергии. Нарушение этой согласованности влечет за собой серьезные изменения круговоротов веществ в экосистемах, нарушение их сбалансированности. Это главная причина таких негативных явлений, как падение почвенного плодородия, снижение урожая растений, роста и продуктивности животных, зарастание водоемов и, в целом, постепенного разрушения природной среды.

3.5. Саморазвитие экосистем. Экологическая сукцессия

Биотические круговороты веществ – основа устойчивости экосистем. *Устойчивость* – это способность системы сохранять свою структуру и функции, т.е. качественно определенное состояние после внеш-

него воздействия. Основная причина неустойчивости экосистем – *несбалансированность круговорота веществ*. Если в биоценозах деятельность одних видов не компенсирует деятельность других, то условия среды неминуемо изменяются и одни виды вытесняются другими, теми, для которых новые условия экологически более выгодны. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не сформируется уравновешенное сообщество, которое способно поддерживать баланс веществ в экосистеме. Таким образом, в природе происходит *саморазвитие* экосистем от неустойчивого состояния к устойчивому [1, 15, 17].

Примерами неустойчивых экосистем являются зарастающие пруды или мелкие озера. В таких водоемах, особенно если в них смываются с окружающих полей удобрения, бурно развиваются и прибрежная растительность, и одноклеточные водоросли (фитопланктон). Растения (автотрофы) не успевают перерабатываться водными обитателями (гетеротрофами) и, отмирая, образуют на дне слои торфа. Озеро мелеет и постепенно прекращает свое существование, превращаясь сначала в болото, а затем в сырой луг, который сменяется кустарниками и, наконец, лесом.

Такое саморазвитие экосистем, при котором в пределах одной и той же территории (биотопа) происходит последовательная смена одного биоценоза другим в направлении повышения устойчивости экосистемы, называется *экологической сукцессией*.

В зависимости от причин, вызвавших смену биоценоза, сукцессии делят на природные и антропогенные, аутогенные (эндогенные) и аллогенные (экзогенные).

Природные сукцессии происходят под действием естественных причин, не связанных с деятельностью человека. Для них характерен целый ряд общих закономерностей: постепенное увеличение видового разнообразия, смена доминирующих видов, усложнение цепей питания, увеличение в сообществах доли видов с длительными циклами развития, усиление взаимовыгодных связей в биоценозе, увеличение биомассы и т. д. Изменения происходят медленно и постепенно, на всех стадиях смены одного сообщества другим экосистема достаточно сбалансирована и разнообразна. Длительность природной сукцессии составляет десятки, сотни, тысячи и даже миллионы лет (эволюционная сукцессия).

Антропогенные сукцессии связаны с деятельностью человека. Например, смена биоценозов в результате пожаров, вырубки леса, осушения болот, выработки торфяников, прокладки дорог и т.д. Глубокою

трансформацию почвенно-растительного покрова вызывают строительные работы, горные выработки и др.

Аутогенные сукцессии (самопорождающиеся) возникают вследствие внутренних причин (изменения среды под воздействием сообщества).

Аллогенные сукцессии (порожденные извне) вызваны внешними причинами (например, изменение климата).

В зависимости от первоначального состояния субстрата (основы), на котором развивается сукцессия, различают первичные и вторичные сукцессии.

Первичные сукцессии развиваются на участках, не заселенных ранее живыми организмами (на скалах, обрывах, сыпучих песках, в новых водоемах и т. п.). Классический пример первичной сукцессии – постепенное обрастание голой скалы с развитием в конечном итоге на ней леса (сначала скала покрывается лишайниками и мхами, потом травами, затем кустарниками и деревьями).

Вторичные сукцессии происходят на месте уже существующих биоценозов после их нарушения (в результате вырубki, пожара, вспашки земли, извержения вулкана и т. п.). На рис.6 показаны фазы вторичной наземной сукцессии после лесного пожара.

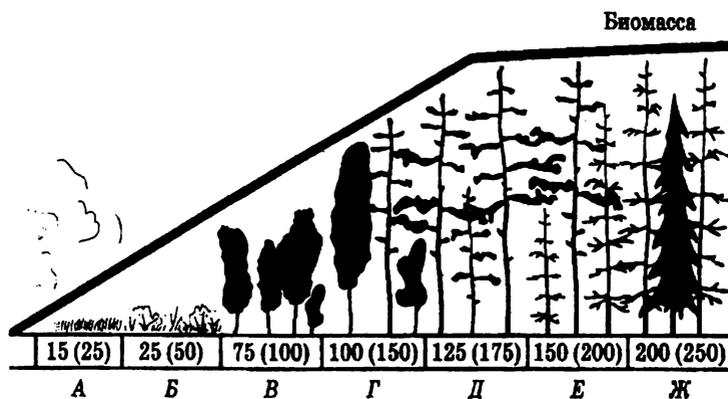


Рис. 6. Фазы сукцессии сибирского хвойного леса после опустошительного лесного пожара:

А – веерниковый луг; Б – зарастание кустарниками; В – березовый или осиновый лес; Г – смешанный лес; Д – сосновый лес; Е – сосново-кедровый лес; Ж – кедрово-пихтовый лес: числа в прямоугольниках – колебания в длительности прохождения фаз сукцессии (в скобках указан срок их окончания)

В своем развитии экосистема стремится к устойчивому состоянию. Скорость изменений, происходящих при переходе от наименее устойчивого состояния к более устойчивому, постепенно замедляется. *Замедление темпов* – одна из главных особенностей саморазвития экосистем. Приближаясь к устойчивому состоянию, они могут надолго задерживаться на отдельных стадиях. Сукцессионные изменения происходят до тех пор, пока не сформируется стабильная экосистема, производящая максимальную биомассу. Сукцессия заканчивается формированием сообщества, наиболее адаптированного к комплексу сложившихся условий. Такое сообщество, находящееся в равновесии с окружающей средой, называется *климаксным* или *зрелым сообществом*, а заключительное, относительно устойчивое состояние сменяющих друг друга экосистем – *климаксом*.

Воздействие человека (прямое или косвенное) может существенным образом изменять сукцессионные процессы, замедлять или ускорять их. Однако сукцессии подчиняются определенным закономерностям и являются неотъемлемым свойством любой наземной или водной экосистемы. Непродуманное вмешательство в них человека без глубокого знания природы конкретной системы может привести к ее распаду. Поскольку сукцессия экосистемы есть целостный и последовательный процесс, это изменение во времени не отдельных разрозненных живых компонентов, а всей биоты, всех пищевых цепей и всего комплекса абиотических факторов. Например, вспышки массового размножения насекомых в лесах есть проявление сукцессионного процесса, а подавление этих вспышек человеком посредством ядохимикатов может иметь не только положительные, но и отрицательные последствия, так как уничтожение одного из участников сукцессии прямо и косвенно влияет на других.

Умение управлять процессами саморазвития экосистем – очень важная задача современной хозяйственной деятельности.

3.6. Гомеостаз экосистемы

В зависимости от условий экосистемы могут меняться, даже радикальным образом, в результате сукцессий, и, тем не менее, они длительное время остаются стабильными, сохраняя постоянный видовой состав. Постоянство важнейших экологических параметров обозначают как *гомеостаз*

экосистемы. Он поддерживается саморегуляцией во всех звеньях экосистемы, сбалансированностью происходящих в ней процессов обмена веществом и энергией между всеми компонентами, находящимися в динамическом равновесии. *Гомеостаз* еще определяют как состояние устойчивого динамического (подвижного) равновесия, сохраняющегося в изменяющихся условиях среды. Для экосистемы наряду с термином «гомеостаз» употребляется термин «экологическое равновесие».

Для управления экосистемой не требуется регуляции извне – это *саморегулирующаяся система*. С точки зрения науки управления, именуемой кибернетикой, саморегулирующийся гомеостаз на экосистемном уровне обеспечен множеством управляющих (гомеостатических) механизмов [1].

Гомеостатический механизм – это *обратная связь*. Один из гомеостатических механизмов – подсистема «хищник – жертва» (рис. 7). Между условно выделенными кибернетическими блоками управление осуществляется посредством положительных и отрицательных связей.

Положительная обратная связь «усиливает отклонение», например, увеличивает чрезмерно популяцию жертвы. *Отрицательная обратная связь* «уменьшает отклонение», например, ограничивает рост популяции жертвы за счет увеличения численности популяции хищников. Эта кибернетическая схема (см. рис. 7, а) отлично иллюстрирует процесс коэволюции в системе «хищник – жертва», так как в этой «связке» развиваются и взаимные адаптационные процессы. Если в эту систему не вмешиваются другие факторы (например, человек уничтожил хищника), то результат саморегуляции будет описываться гомеостатическим плато (см. рис. 7, б) – областью отрицательных связей, а при нарушении системы начинают преобладать обратные положительные связи, что может привести к гибели системы.

Наиболее устойчивы сложные экосистемы с большим видовым разнообразием, и самая стабильная из них – биосфера, а наиболее неустойчивы молодые экосистемы. Это объясняется тем, что в сложных системах создается саморегулирующийся гомеостаз за счет взаимодействия круговоротов веществ и потоков энергии, а стабильность сообщества определяется числом связей между видами в трофической цепи.

Стабильность экосистемы в течение длительного времени предполагает, что и популяция каждого входящего в нее вида остается более или менее неизменной. *Устойчивое увеличение или снижение численности популяции приведет к изменению экосистемы в целом.*

Численность любой популяции (число особей в популяции) чрезвычайно динамична, т.е. подвержена постоянным изменениям, она постоянно колеблется вокруг некоторого среднего уровня в соответствии с изменяющимися условиями. На численность популяций влияют самые разнообразные факторы: погода, обеспеченность пищей, хищники, болезни, возрастной состав, соотношение полов и др. Однако в этом многообразии можно выделить две группы факторов – абиотических и биотических.

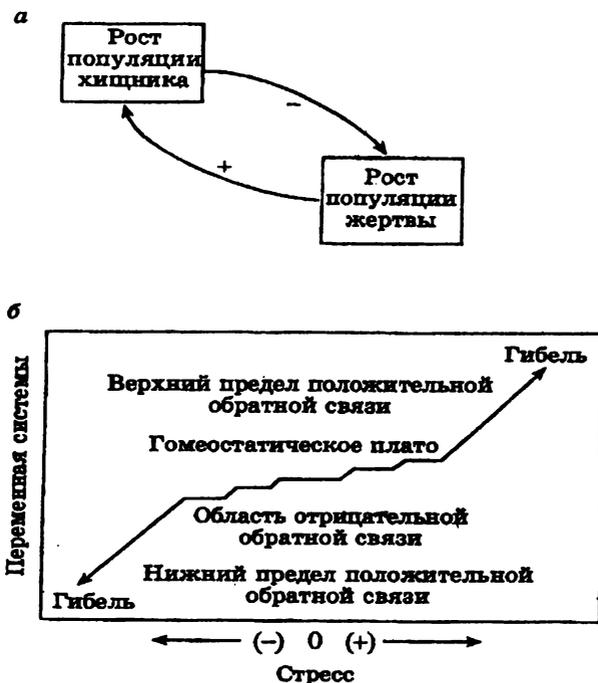


Рис. 7. Элементы кибернетики в применении к экосистеме:

а – взаимодействие положительной (+) и отрицательной (-) обратных связей в системе «хищник – жертва»; *б* – гомеостатическое плато, в пределах которого посредством отрицательной обратной связи поддерживается относительная стабильность системы при воздействиях, вызывающих нарушение стабильности

Абиотические факторы действуют *односторонне*. Они влияют на популяцию, но сами *не зависят* от ее численности и плотности (числа особей, приходящихся на единицу площади или объема). Они *не регулируют* плотность популяции, а просто отклоняют ее в ту или иную сторону. *Биотические*

факторы (межвидовые и внутривидовые отношения) зависят от плотности популяций и относятся к регуляторам их численности, так как регуляция – это *двустороннее взаимодействие*. Она возникает по принципу отрицательной обратной связи (см. рис. 7, а), когда рост численности популяции вызывает все увеличивающееся противодействие этому росту. Действительно, чем выше численность жертв, тем больше пищи для хищников и паразитов, тем быстрее могут распространяться возбудители опасных заболеваний и тем сильнее обостряется конкуренция внутри собственного вида. При падении численности действие регуляторов ослабевает. На этом принципе основаны *биотические связи* – *межвидовые и внутривидовые отношения*. Именно они удерживают плотность популяции в определенных границах, не допуская виды до критического состояния – подрыва собственных ресурсов [15].

Ресурсы, за счет которых существуют виды (пища, убежища, подходящие места для размножения и т.п.), на любой территории имеют пределы. Эти пределы ресурсов называются *емкостью среды*. Безграничный рост численности губелен для любого вида, так как приводит к подрыву его жизнеобеспечения. Пока биотический потенциал популяции (способность быстро увеличивать свою численность при благоприятных условиях) реализуется полностью, происходит неограниченный *экспоненциальный рост* численности популяции, не зависящий от ее плотности (рис. 8, кривая 1). Это продолжается, пока низка конкуренция за ресурсы. Однако после превышения емкости среды скорость роста популяции снижается по мере роста ее численности вплоть до нуля при достижении предельной численности (см. рис. 8, кривая 2), т.е. плотность (численность) популяции влияет на ее дальнейший рост.

Внутривидовые отношения и есть тот механизм, посредством которого обеспечивается саморегуляция численности популяций у пределов емкости среды, а у более высокоорганизованных видов иногда даже задолго до истощения ресурсов.

Выделяют три механизма торможения роста численности популяций:

- 1) при возрастании плотности повышается частота контактов между особями, что вызывает у них *стрессовое состояние*, уменьшающее рождаемость и повышающее смертность;
- 2) при возрастании плотности усиливается миграция в новые местообитания, краевые зоны, где условия менее благоприятны и смертность увеличивается;

3) при возрастании плотности происходят изменения генетического состава популяции, например, быстро размножающиеся особи заменяются медленно размножающимися.

Понимание механизмов регуляции численности популяций чрезвычайно важно для возможности управления этими процессами. Деятельность человека часто сопровождается сокращением численности популяций многих видов. Причины этого в чрезмерном истреблении особей, ухудшении условий жизни вследствие загрязнения окружающей среды, беспокойства животных, особенно в период размножения, сокращение ареала и т.д. В природе нет и не может быть «хороших» и «плохих» видов, все они необходимы для ее нормального развития.

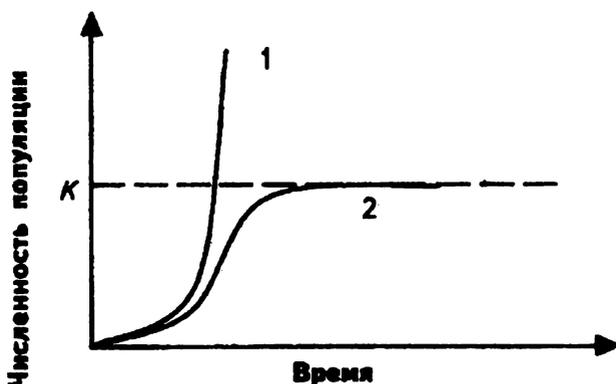


Рис. 8. Кривые роста численности популяций:

- 1 – экспоненциальный рост численности популяции, не зависящий от ее плотности;
- 2 – рост численности популяции, зависящий от ее плотности; K – емкость среды (предельная численность)

Нарушение человеком регуляторных связей в природе имеет негативные последствия и для экосистем, и для самого человека. Например, до промышленного земледелия виды, которые мы называем сельскохозяйственными вредителями, не являлись таковыми, потому что не размножались в таких количествах, находясь под влиянием многочисленных регуляторов. При сплошной распахке земель в обедненных видами сообществах *тип динамики численности* многих насекомых, питающихся культурными растениями, превратился из *стабильного* в *сильно изменчивый* (колебания в десятки раз) или *взрывной* (превышение обычной численности в сотни и тысячи раз), доставляя много неприятностей человеку.

Другой пример нарушения саморегуляции – интродукция (введение) видов. Интродуцированный вид не всегда сталкивается на новом месте с естественными врагами, способными контролировать его численность. В результате его популяция стремительно растет, нанося чудовищный вред местной экосистеме, включая вымирание многих видов. Классический пример этому – интродукция кроликов в Австралию.

Таким образом, естественное равновесие между видами зависит от плотности (численности) популяций. Ее увеличение вызывает увеличивающееся противодействие этому росту. Но когда речь идет о человеке, такая обратная связь не работает: с помощью техники он может эксплуатировать природные ресурсы вплоть до полного их истощения, приводя к исчезновению видов и целых экосистем. В этом смысле мы подобны интродуцированному виду, не встречающему естественных врагов.

3.7. Антропогенные экосистемы

К антропогенным экосистемам относятся агроэкосистемы и урбосистемы [13].

Агроэкосистемы (сельскохозяйственные экосистемы, агроценозы) – искусственные экосистемы, возникающие в результате сельскохозяйственной деятельности человека (пашни, сенокосы, пастбища). Агроэкосистемы создаются человеком для получения высокой чистой продукции автотрофов (урожая). В них, так же как в естественных сообществах, имеются продуценты (культурные растения и сорняки), консументы (насекомые, птицы, мыши и т.д.) и редуценты (грибы и бактерии). Обязательным звеном пищевых цепей в агроэкосистемах является человек.

Отличия агроценозов от естественных биоценозов:

- незначительное видовое разнообразие (агроценоз состоит из небольшого числа видов, имеющих большую численность);
- короткие цепи питания;
- неполный круговорот веществ (часть питательных элементов выносятся с урожаем);
- источник энергии не только Солнце, но и деятельность человека (мелиорация, орошение, применение удобрений);
- искусственный отбор (действие естественного отбора ослаблено, отбор осуществляет человек);
- отсутствие саморегуляции (регуляцию осуществляет человек) и др.

Таким образом, агроценозы являются неустойчивыми системами и способны существовать только при поддержке человека.

Урбосистемы (урбанистические системы) – искусственные системы (экосистемы), возникающие в результате развития городов и представляющие собой средоточие населения, жилых зданий, промышленных, бытовых, культурных объектов и т.д. В их составе можно выделить следующие территории: промышленные зоны, где сосредоточены промышленные объекты различных отраслей хозяйства, являющиеся основными источниками загрязнения окружающей среды; селитебные зоны (жилые, или «спальные» районы) с жилыми домами, административными зданиями, объектами быта, культуры и т.п.; рекреационные зоны, предназначенные для отдыха людей (лесопарки, базы отдыха и т.п.); транспортные системы и сооружения, пронизывающие всю городскую систему (автомобильные и железные дороги, метрополитен, заправочные станции, гаражи, аэродромы и т.п.). Существование урбозкосистем поддерживается за счет агроэкосистем и энергии горючих ископаемых, а также атомной промышленности.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое экосистема? Какие категории организмов образуют ее трофическую структуру, какова их роль в экосистеме и какие трофические уровни они занимают?

2. Какие виды называют доминантными, эдификаторами и синантропными? Приведите примеры.

3. Какие изменения происходят с энергией при прохождении по пищевой цепи?

4. Чем для человека выгодно вегетарианство? Дайте ответ, используя законы термодинамики.

5. Введите понятия продуктивности экосистемы, первичной и вторичной продукции. Как называется продукция, используемая первичными консументами? Каким образом человек изменяет продуктивность экосистем?

6. Что такое биотический круговорот веществ и какие компоненты необходимы для его осуществления?

7. Дайте определение и приведите примеры первичной и вторичной сукцессий, климаксной экосистемы. В чем отличие природной сукцессии от антропогенной?

8. Что такое гомеостаз экосистемы? Почему равновесие экосистемы – это равновесие популяций?

9. Назовите основные отличия агроценоза от биоценоза.

Глава 4. БИОСФЕРА

4.1. Состав и границы биосферы

Биосфера — это часть оболочек земного шара, населенная живыми организмами и активно преобразующаяся ими.

Термин «биосфера» впервые применил австрийский геолог Э. Зюсс (1875), понимавший ее как тонкую пленку жизни на земной поверхности, в значительной мере определяющую «Лик Земли». Представление о широком влиянии жизни на природные процессы было сформулировано В.В. Докучаевым, который показал зависимость процесса почвообразования не только от климата, но и от совокупного влияния растительных и животных организмов. Заслуга создания целостного учения о биосфере принадлежит русскому академику В.И. Вернадскому [16, 17]. Он разработал учение о биосфере как глобальной системе нашей планеты, в которой основной ход геохимических и энергетических процессов определяется *живым веществом* – совокупностью всех живых организмов планеты. В.И. Вернадский распространил понятие биосферы не только на сами организмы, но и на среду их обитания. Это придало концепции биосферы биогеохимический смысл. До этого все явления, меняющие в масштабе геологического времени облик Земли, рассматривались как чисто физические, химические или физико-химические (размыв, растворение, осаждение, выветривание пород и т.д.). В.И. Вернадский создал учение о геологической роли живых организмов и показал, что деятельность последних является важнейшим фактором преобразования минеральных оболочек Земли [4]. С именем В.И. Вернадского связано создание социально-экономической концепции биосферы, отражающей ее превращение на определенном этапе в *ноосферу*. Это связано с деятельностью человека, которая приобретает роль самостоятельной геологической силы.

Согласно В.И. Вернадскому, *биосфера* — это такая оболочка, в которой существует и существовала в прошлом жизнь и которая подвергалась и подвергается воздействию живых организмов. Он выделил следующие геологически взаимосвязанные типы веществ, входящих в состав биосферы:

- *живое вещество*, образованное совокупностью организмов, включая человека;
- *биогенное вещество*, которое создается и перерабатывается в процессе жизнедеятельности организмов (газы атмосферы, каменный уголь, нефть, сланцы, известняки и др.);

- *косное вещество*, которое образуется без участия живых организмов (продукты тектонической деятельности, метеориты);
- *биокосное вещество*, представляющее собой совместный результат жизнедеятельности организмов и абиогенных процессов (почвы).

В состав абиотического компонента биосферы (среды обитания организмов) входит часть атмосферы, вся гидросфера и часть литосферы.

Атмосфера — воздушная оболочка Земли. Химический состав атмосферы многообразен, но в основном в ней (точнее, в тропосфере – приземном слое атмосферы) присутствуют азот (около 78 %) и кислород (около 21 %), в меньших концентрациях – углекислый газ (около 0,03 %) и аргон (около 0,9 %). Из этих четырех газов, составляющих тропосферу, только аргон не связан с жизнедеятельностью организмов, а поступление и расход кислорода, азота, углекислого газа регулируются живыми организмами. За тропосферой следует стратосфера, в которой на высоте около 20 км находится *озоновый экран*, защищающий все живое от коротковолнового ультрафиолетового излучения.

Гидросфера — водная оболочка Земли. Вода является важной составной частью всех компонентов биосферы и одним из необходимых факторов существования живых организмов. Основная часть воды (95 %) заключена в Мировом океане, который занимает более 70 % поверхности земного шара; глубина Мирового океана в среднем составляет 4 км, наибольшая – около 11 км. Вода содержится в виде пара и облаков в земной атмосфере, существует в виде ледников в замороженном состоянии, атмосферные воды проникают в толщу осадочных пород, формируя подземные воды. Химический состав природных вод формируется под действием живых организмов непосредственно и косвенно. Живые организмы и продукты их жизнедеятельности способствуют разрушению горных пород и вымыванию из них различных веществ. С речным стоком эти вещества поступают в Мировой океан. В пресных и в морских водах растворенные вещества концентрируются многими организмами. Из газов, растворенных в воде, наибольшее значение имеют кислород и углекислый газ. Количество кислорода в гидросфере значительно варьируется в зависимости от температуры и присутствия живых организмов. Концентрация углекислого газа также различна, но в целом количество его в океане примерно в 60 раз больше, чем в атмосфере.

Литосфера — твердая оболочка Земли. Общий химический состав земной коры определяют немногие химические элементы. Всего лишь 8 элементов распространены в земной коре в весомом количестве (более 1 %) –

кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, магний, натрий, калий. Наиболее распространенным элементом является кислород, составляющий почти половину массы земной коры (47,3 %).

Исходным материалом для почвообразования служат поверхностные слои горных пород. Из них под воздействием микроорганизмов, растений и животных формируется почвенный покров. Организмы концентрируют в своем составе биогенные элементы. После отмирания животных и растений и их разложения эти элементы переходят в состав почвы, благодаря чему в ней аккумулируются биогенные элементы, а также накапливаются продукты разложения органических веществ.

Границы биосферы определяются областью распространения живых организмов в атмосфере, гидросфере и литосфере. Верхняя граница биосферы проходит примерно на высоте 20 км, т.е. живые организмы расселены в тропосфере и нижних слоях стратосферы. Лимитирующим фактором расселения в атмосфере является нарастающая с высотой интенсивность ультрафиолетовой радиации. Все живое, проникающее выше границы озонового слоя, погибает. В гидросферу биосфера проникает на всю глубину Мирового океана, что подтверждается обнаружением живых организмов и органических отложений до глубины 10 – 11 км. В литосфере живые организмы обнаруживаются на глубине 3 – 5 км.

4.2. Живое вещество биосферы. Его химический состав, свойства и функции

Главную роль в учении о биосфере В.И. Вернадского играют представления о живом веществе и его функциях.

В.И. Вернадский пришел к выводу, что, несмотря на многообразие живых организмов, на атомном уровне между ними нет различий. Все они состоят из одних и тех же элементов и представляют собой особое вещество – живое вещество биосферы.

По относительному содержанию элементы, входящие в состав живых организмов, принято делить на три группы.

1. *Макроэлементы* – Н, О, С, N (в сумме около 98 – 99 %, их еще называют основными элементами), Са, Cl, К, S, P, Mg, Na, Fe, Si (в сумме 1 – 2 %).

2. **Микроэлементы** – Mn, Co, Zn, Cu, B, I, F и др. Их суммарное содержание в организме составляет порядка 0,1 %.

3. **Ультрамикроэлементы** – Au, Hg, Se и др. Их содержание в организме очень незначительно, а физиологическая роль большинства из них не раскрыта.

Химические элементы, которые входят в состав живых организмов и при этом выполняют биологические функции, называются *биогенными*. Даже те из них, которые содержатся в клетках в ничтожно малых количествах, ничем не могут быть заменены и совершенно необходимы для жизни.

Живое вещество биосферы обладает следующими уникальными особенностями, обуславливающими его крайне высокую преобразующую деятельность [28].

1. **Способность быстро занимать (осваивать) все свободное пространство.** В.И.Вернадский назвал это *всюдностью жизни*. Данное свойство позволило ему сделать вывод о том, что для определенных геологических периодов количество живого вещества было примерно постоянным (константой). Способность быстрого освоения пространства связана как с интенсивным размножением (некоторые простейшие формы организмов могли бы освоить весь земной шар за несколько часов или дней, если бы не было факторов, сдерживающих их потенциальные возможности размножения), так и со способностью организмов интенсивно увеличивать поверхность своего тела. Например, площадь листьев растений, произрастающих на 1 га, составляет 8 – 10 га и более. То же относится к корневым системам.

2. **Движение не только пассивное, но и активное,** т.е. не только под действием силы тяжести, гравитационных сил и других факторов, но и против течения воды, силы тяжести, движения воздушных потоков и т.п.

3. **Устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти** (включение в круговороты веществ). Благодаря саморегуляции живые организмы способны поддерживать постоянный химический состав и сохранять условия внутренней среды, несмотря на значительные изменения условий внешней среды. После смерти эта способность утрачивается, а органические остатки очень быстро разрушаются. Образовавшиеся органические и неорганические вещества включаются в круговороты.

4. **Высокая приспособительная способность (адаптация)** к различным условиям и в связи с этим освоение не только всех сред жизни (водной, наземно-воздушной, почвенной, организменной), но и крайне трудных по физико-химическим параметрам условий. Например, некоторые организмы

переносят температуры, близкие к значениям абсолютного нуля ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$), микроорганизмы встречаются в термальных источниках с температурами до $140\text{ }^{\circ}\text{C}$, в водах атомных реакторов, в бескислородной среде, в ледовых панцирях и т.п.

5. *Феноменально высокая скорость протекания реакций.* Она на несколько порядков выше, чем в неживом веществе. Об этом свойстве можно судить по скорости переработки вещества организмами в процессе жизнедеятельности. Например, гусеницы некоторых насекомых потребляют за день количество пищи, которое в 100 – 200 раз больше веса их тела. Дождевые черви (масса их тел примерно в 10 раз больше биомассы всего человечества) за 150 – 200 лет пропускают через свои организмы весь однометровый слой почвы. По представлениям В.И. Вернадского, практически все осадочные породы, а это слой до 3 км, на 95 – 99 % переработаны живыми организмами.

6. *Высокая скорость обновления живого вещества.* Подсчитано, что в среднем для биосферы она составляет 8 лет, при этом для суши – 14 лет, а для океана, где преобладают организмы с коротким периодом жизни (например, планктон), – 33 дня. В результате высокой скорости обновления живого вещества за всю историю существования жизни общая масса живого вещества, прошедшего через биосферу, примерно в 12 раз превышает массу Земли. Только небольшая часть его (доли процента) законсервирована в виде органических остатков (по выражению В.И. Вернадского, «ушла в геологию»), остальная же часть включилась в процессы круговорота.

Все перечисленные и другие свойства живого вещества обуславливаются концентрацией в нем больших запасов энергии. Согласно В.И. Вернадскому, по энергетической насыщенности с живым веществом может соперничать только лава, образующаяся при извержении вулканов.

Живое вещество производит на Земле непрерывную, не прекращающуюся ни на мгновение работу по переработке своего окружения, по его изменению.

По словам В.И. Вернадского, живое вещество выполняет *геохимическую функцию*, которая заключается в преобразовании облика планеты и осуществляется через питание, дыхание и размножение организмов, как живших ранее, так и живущих в настоящее время.

Выделяют следующие основные *геохимические функции* живого вещества [2, 21]:

1. *Энергетическая* – связывание и запасание солнечной энергии в органическом веществе и последующее рассеяние энергии при потреблении и минерализации органического вещества. Эта функция связана с питанием,

дыханием, размножением и другими процессами жизнедеятельности организмов. Основным источником биогеохимической активности организмов – солнечная энергия, используемая в процессе фотосинтеза зелеными растениями и некоторыми микроорганизмами для создания органического вещества, являющегося пищей и обеспечивающего энергией все остальные организмы.

2. **Газовая** – способность изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом. В частности, включение углерода в процессы фотосинтеза, а затем в цепи питания обуславливало аккумуляцию его в биогенном веществе (органические остатки, известняки и т.п.). В результате этого шло постепенное уменьшение содержания углерода и его соединений, прежде всего углекислого газа, в атмосфере с десятков процентов до современных 0,03 %. Это же относится к накоплению в атмосфере кислорода, образованию озона и другим процессам. С газовой функцией живого вещества связаны два переломных периода в развитии биосферы. Первый относится ко времени, когда содержание кислорода в атмосфере достигло примерно 1 % от современного уровня. Это обусловило появление первых аэробных организмов (способных жить только в среде, содержащей кислород). С этого времени восстановительные процессы в биосфере стали дополняться окислительными. Это произошло примерно 1,2 млрд лет назад. Второй переломный период связывают со временем, когда концентрация кислорода достигла примерно 10 % от современной. Это создало условия для синтеза озона и образования озонового слоя в верхних слоях атмосферы, что обусловило возможность освоения организмами суши (до этого функцию защиты организмов от губительных ультрафиолетовых лучей выполняла вода, под слоем которой возможна была жизнь).

3. **Концентрационная** – «захват» из окружающей среды живыми организмами и накопление в них (в большей степени, чем в окружающей среде) атомов биогенных химических элементов. Питание, дыхание и размножение организмов и связанные с ними процессы создания, накопления и распада органического вещества обеспечивают постоянный круговорот веществ, в ходе которого атомы большинства химических элементов проходили через живое вещество бесчисленное число раз. Так, например, весь кислород атмосферы оборачивается через живое вещество за 2000 лет, углекислый газ – за 300 лет, а вся вода биосферы — за 2 млн лет. Разные организмы в разной степени способны аккумулировать из среды обитания различные элементы, например, железобактерии накапливают железо; простейшие фораминиферы, а также многие моллюски и кишечнополостные – кальций; хвощи, диатомовые

водоросли – кремний; губки – йод; асцидии – ванадий и т.д. Концентрационная способность живого вещества повышает содержание атомов химических элементов в организмах по сравнению с окружающей средой на несколько порядков. Содержание углерода в растениях в 200 раз, а азота – в 30 раз превышает количество этих элементов в земной коре. Содержание марганца в некоторых бактериях может быть в миллионы раз больше, чем в окружающей среде. Результат концентрационной деятельности живого вещества – образование залежей горючих ископаемых, известняков, рудных месторождений и т.п.

4. **Окислительно-восстановительная** – окисление и восстановление различных веществ с помощью живых организмов. Под влиянием живых организмов происходит интенсивная миграция атомов элементов с переменной валентностью (Fe, Mn, Cr, S, P, N), создаются их новые соединения, происходит отложение сульфидов и минеральной серы, образование сероводорода и т.п.

5. **Деструктивная** – разрушение организмами и продуктами их жизнедеятельности как остатков органического вещества, так и косных веществ. Наиболее существенную роль в этом отношении выполняют редуценты (деструкторы) – грибы и бактерии.

6. **Транспортная** – перенос вещества и энергии в результате активной формы движения организмов. Такой перенос может осуществляться на огромные расстояния, например, при миграциях и кочевках животных. С транспортной функцией в значительной мере связана концентрационная роль сообществ организмов, например, в местах их скопления (птичьи базары и другие колониальные поселения).

7. **Средообразующая** – преобразование физико-химических параметров среды. Эта функция является в значительной мере интегральной – представляет собой результат совместного действия других функций. Она имеет разные масштабы проявления. Результатом действия средообразующей функции является и вся биосфера, и почва как одна из сред обитания, и более локальные структуры. К средообразующим свойствам растительного покрова относятся создание микроклимата, очистка воздуха и вод от загрязняющих веществ, усиление питания грунтовых вод, защита почв от эрозии и т.п.

8. **Рассеивающая** – функция, противоположная концентрационной – рассеивание веществ в окружающей среде. Она проявляется через трофическую и транспортную деятельность организмов. Например, рассеивание вещества при выделении организмами экскрементов, смене покровов и т.п. Железо гемоглобина крови рассеивается кровососущими насекомыми.

9. **Информационная** – накопление живыми организмами определенной информации, закрепление ее в наследственных структурах и передача последующим поколениям. Это одно из проявлений адаптационных механизмов.

10. **Биогеохимическая деятельность человека** – превращение и перемещение веществ биосферы в результате человеческой деятельности для хозяйственных и бытовых нужд человека. Например, использование концентраторов углерода – нефти, угля, газа и др.

Таким образом, биосферу можно также определить как сложную динамическую систему, осуществляющую улавливание, накопление и перенос энергии путем обмена веществ между живым веществом и окружающей средой.

4.3. Свойства биосферы

Биосфера обладает рядом свойств.

Целостность и дискретность. Целостность биосферы обусловлена тесной взаимосвязью слагающих ее компонентов. Она достигается круговоротом вещества и энергии. Изменение одного компонента неизбежно приводит к изменению других и биосферы в целом. При этом биосфера – не механическая сумма компонентов, а качественно новое образование, обладающее своими особенностями и развивающееся как единое целое. Биосфера – система с прямыми и обратными (отрицательными и положительными) связями, которые, в конечном счете, обеспечивают механизмы ее функционирования и устойчивости. На понимании целостности биосферы основываются теория и практика рационального природопользования. Учет этого свойства позволяет предвидеть возможные изменения в природе, дать прогноз результатов воздействия человека на природу.

Централизованность. Центральным звеном биосферы выступают живые организмы (живое вещество). Это свойство, к сожалению, часто недооценивается человеком, и в центр биосферы ставится только один вид – человек (идея антропоцентризма).

Устойчивость и саморегуляция. Биосфера способна возвращаться в исходное состояние, гасить возникающие возмущения, создаваемые внешними и внутренними воздействиями, включением определенных механизмов. Гомеостатические механизмы биосферы связаны в основном с живым

веществом, его свойствами и функциями. Биосфера за свою историю пережила ряд таких возмущений, многие из которых были значительными по масштабам (извержения вулканов, встречи с астероидами, землетрясения и т.п.). Гомеостатические механизмы биосферы подчинены принципу Ле Шателье – Брауна: при действии на систему сил, выводящих ее из состояния устойчивого равновесия, последнее смещается в том направлении, в котором эффект этого воздействия ослабляется.

Ритмичность. Биосфера проявляет ритмичность развития – повторяемость во времени тех или иных явлений. В природе существуют ритмы разной продолжительности. Основные из них – суточный, годовой, внутривековые и сверхвековые. Суточный ритм проявляется в изменении температуры, давления и влажности воздуха, облачности, силы ветра, в явлениях приливов и отливов, циркуляции бризов, процессах фотосинтеза у растений, поведении животных. Годовая ритмика – это смена времен года, изменения в интенсивности почвообразования и разрушения горных пород, сезонность в хозяйственной деятельности человека. Суточная ритмика, как известно, обусловлена вращением Земли вокруг оси, годовая – движением Земли по орбите вокруг Солнца. Разные экосистемы обладают различной суточной и годовой ритмикой. Годовая ритмика лучше всего выражена в умеренном поясе и очень слабо – в экваториальном. Наблюдаются и более продолжительные ритмы (11, 22 – 23, 80 – 90 лет и др.). Ритмические явления не повторяют полностью в конце ритма того состояния природы, которое было в его начале. Именно этим и объясняется направленное развитие природных процессов.

Круговорот веществ и энергозависимость. Биосфера – открытая система. Ее существование невозможно без поступления энергии извне. Основная доля приходится на энергию Солнца. В отличие от количества солнечной энергии, количество атомов вещества на Земле ограничено. Круговорот веществ обеспечивает неисчерпаемость отдельных атомов химических элементов. При отсутствии круговорота, например, за короткое время был бы исчерпан основной «строительный материал» живого – углерод.

Большое разнообразие. Биосфера – система, характеризующаяся большим разнообразием. Это свойство обусловлено следующими причинами: разными средами жизни (водной, наземно-воздушной, почвенной, организменной); разнообразием природных зон, различающихся по климатическим, гидрологическим, почвенным, биотическим и другим

свойствам: наличием регионов, различающихся по химическому составу (геохимические провинции); биологическим разнообразием живых организмов.

В настоящее время описано более 2 млн видов. Однако реальное число видов на Земле в несколько раз больше, чем их описано. Не учтены многие насекомые и микроорганизмы, особенно в тропических лесах, глубинных частях океанов и в других малоосвоенных местообитаниях. Кроме этого, современный видовой состав – это лишь небольшая часть видового разнообразия, которое принимало участие в процессах биосферы за период ее существования. Каждый вид имеет определенную продолжительность жизни (10 – 30 млн лет), поэтому число видов, принимавших участие в эволюции биосферы, исчисляется сотнями миллионов. Считается, что к настоящему времени арену биосферы оставили более 95 % видов. По видовому составу на Земле преобладают животные (около 2 млн видов) над растениями (около 0,5 млн). В то же время запасы фитомассы составляют 99 % запасов живой биомассы Земли. Биомасса суши в 1000 раз превышает биомассу океана [7].

Разнообразие обеспечивает возможность дублирования, подстраховки, замены одних звеньев другими, степень сложности и прочности пищевых и других связей. Поэтому разнообразие рассматривают как основное условие устойчивости любой экосистемы и биосферы в целом. К сожалению, практически вся без исключения деятельность человека приводит к упрощению экосистем любого ранга. Сюда следует отнести и уничтожение отдельных видов или резкое уменьшение их численности, и создание агроценозов на месте сложных природных систем. Например, полностью исчезли с лица земли степи как тип экосистем и ландшафтов, резко уменьшились площади лесов (до появления человека они занимали примерно 70 % суши, а сейчас – не более 23 %). Идет дальнейшее, невиданное по масштабам уничтожение лесных экосистем, особенно наиболее ценных и сложных тропических, спрямление русел рек, создание промышленных районов и т.п.

Простые экосистемы с малым разнообразием удобны для эксплуатации, они позволяют в короткое время получить значительный объем нужной продукции (например, с сельскохозяйственных полей), но за это приходится рассчитывать на снижение устойчивости экосистем, их распадом и деградацией среды.

Не случайно, что биологическое разнообразие отнесено Конференцией ООН по окружающей среде и развитию (1992) к числу трех важнейших экологических проблем, по которым приняты специальные заявления или

конвенции. Кроме сохранения разнообразия, такие конвенции приняты по сохранению лесов и по предотвращению изменения климата.

4.4. Типы круговоротов веществ в биосфере

Круговорот веществ – многократное участие веществ в процессах, протекающих в атмосфере, гидросфере и литосфере, в том числе в тех слоях, которые входят в состав биосферы Земли. Круговорот веществ осуществляется при непрерывном поступлении (потоке) внешней энергии Солнца и внутренней энергии Земли.

В зависимости от движущей силы с определенной долей условности внутри круговорота веществ можно выделить геологический, биотический (биогеохимический) и антропогенный круговороты [13]. До возникновения человека на Земле осуществлялись только первые два.

Геологический круговорот (большой круговорот веществ в природе) – круговорот веществ, движущей силой которого являются эндогенные и экзогенные геологические процессы.

Эндогенные процессы (процессы внутренней динамики) происходят под влиянием внутренней энергии Земли. Это энергия, выделяющаяся в результате радиоактивного распада, химических реакций образования минералов, кристаллизации горных пород и т.д. К эндогенным процессам относятся тектонические движения, землетрясения, магматизм, метаморфизм. *Экзогенные процессы* (процессы внешней динамики) протекают под влиянием внешней энергии Солнца. Экзогенные процессы включают выветривание горных пород и минералов, удаление продуктов разрушения с одних участков земной коры и перенос их на новые участки, отложение и накопление продуктов разрушения с образованием осадочных пород. К экзогенным процессам относятся геологическая деятельность атмосферы, гидросферы (рек, временных водотоков, подземных вод, морей и океанов, озер и болот, льда), а также живых организмов и человека.

Крупнейшие формы рельефа (материки и океанические впадины) и крупные формы (горы и равнины) образовались за счет эндогенных процессов, а средние и мелкие формы рельефа (речные долины, холмы, овраги, барханы и др.), наложенные на более крупные формы, – за счет экзогенных процессов. Таким образом, эндогенные и экзогенные процессы

противоположны по своему действию. Первые ведут к образованию крупных форм рельефа, вторые – к их сглаживанию.

Магматические горные породы в результате выветривания преобразуются в осадочные. В подвижных зонах земной коры они погружаются вглубь Земли. Там под влиянием высоких температур и давлений они переплавляются и образуют магму, которая, поднимаясь на поверхность и застывая, образует магматические породы.

Таким образом, геологический круговорот веществ протекает без участия живых организмов и осуществляет перераспределение вещества между биосферой и более глубокими слоями Земли.

Биотический (биогеохимический) круговорот (малый круговорот веществ в биосфере) – круговорот веществ, движущей силой которого является деятельность живых организмов. В отличие от большого геологического, малый биогеохимический круговорот веществ совершается в пределах биосферы. Главным источником энергии круговорота является солнечная радиация, которая порождает фотосинтез. В экосистеме органические вещества синтезируются автотрофами из неорганических веществ. Затем они потребляются гетеротрофами. В результате выделения в процессе жизнедеятельности или после гибели организмов (как автотрофов, так и гетеротрофов) органические вещества подвергаются минерализации, т.е. превращаются в неорганические вещества, которые могут быть вновь использованы автотрофами для синтеза органических веществ.

В биогеохимических круговоротах различают две части:

1) резервный фонд – это часть вещества, не связанная с живыми организмами;

2) обменный фонд – значительно меньшая часть вещества, которая связана прямым обменом между организмами и их непосредственным окружением.

В зависимости от расположения резервного фонда биогеохимические круговороты можно разделить на два типа:

1) круговороты газового типа с резервным фондом веществ в атмосфере и гидросфере (круговороты углерода, кислорода, азота);

2) круговороты осадочного типа с резервным фондом в земной коре (круговороты фосфора, кальция, железа и др.).

Круговороты газового типа более совершенны, так как обладают большим обменным фондом, а значит, способны к быстрой *саморегуляции*. Круговороты осадочного типа менее совершенны, они более инертны, так как

основная масса вещества содержится в резервном фонде земной коры в «недоступном» живым организмам виде. Такие круговороты легко нарушаются от различного рода воздействий, и часть обмениваемого материала выходит из круговорота. Возвратиться опять в круговорот она может лишь в результате геологических процессов или путем извлечения живым веществом. Однако извлечь нужные живым организмам вещества из земной коры гораздо сложнее, чем из атмосферы.

Интенсивность биотического круговорота в первую очередь определяется температурой окружающей среды и количеством воды. Так, например, биотический круговорот протекает во влажных тропических лесах интенсивнее, чем в тундре. Кроме того, в тундре биологические процессы протекают только в теплое время года.

С появлением человека возник антропогенный круговорот, или обмен веществ. *Антропогенный круговорот (обмен)* – круговорот (обмен) веществ, движущей силой которого является деятельность человека. В нем можно выделить две составляющие: биологическую, связанную с функционированием человека как живого организма, и техническую, связанную с хозяйственной деятельностью людей (техногенный круговорот).

Геологический и биотический круговороты в значительной степени замкнуты, чего нельзя сказать об антропогенном круговороте. Поэтому часто говорят не об антропогенном круговороте, а об антропогенном обмене веществ. Незамкнутость антропогенного круговорота веществ приводит к истощению природных ресурсов и загрязнению природной среды, что и является основной причиной всех экологических проблем человечества.

4.5. Круговороты воды, углерода, кислорода, азота, фосфора и серы

Круговорот воды относится к большому (геологическому), а круговороты биогенных элементов (углерода, кислорода, азота, фосфора, серы и др.) – к малому (биогеохимическому) круговороту.

Круговорот воды. Он осуществляется между сушей и океаном через атмосферу. Вода испаряется с поверхности Мирового океана и либо переносится на сушу, где выпадает в виде осадков, которые вновь возвращаются в океан в виде поверхностного и подземного стока, либо выпадает в виде осадков на поверхность океана. В круговороте воды на Земле

ежегодно участвует более 500 тыс. км³ воды. Круговорот воды в целом играет основную роль в формировании природных условий на нашей планете. С учетом транспирации воды растениями и поглощения ее в биогеохимическом цикле весь запас воды на Земле расходуется и восстанавливается за 2 млн лет.

Круговорот углерода. Продуценты улавливают углекислый газ из атмосферы и переводят его в органические вещества, консументы поглощают углерод в виде органических веществ с телами продуцентов и консументов низших порядков, редуценты минерализуют органические вещества и возвращают углерод в атмосферу в виде углекислого газа. В Мировом океане круговорот углерода усложнен тем, что часть углерода, содержащегося в мертвых организмах, опускается на дно и накапливается в осадочных породах. Эта часть углерода выключается из биологического круговорота и поступает в геологический круговорот веществ.

Главным резервуаром биологически связанного углерода являются леса, они содержат до 500 млрд т этого элемента, что составляет 2/3 его запаса в атмосфере [3]. Вмешательство человека в круговорот углерода (сжигание угля, нефти, газа, дегумификация) приводит к возрастанию содержания CO₂ в атмосфере и развитию парникового эффекта. Скорость круговорота CO₂, т.е. время, за которое весь углекислый газ атмосферы проходит через живое вещество, составляет около 300 лет.

Круговорот кислорода. Главным образом круговорот кислорода происходит между атмосферой и живыми организмами. В основном свободный кислород (O₂) поступает в атмосферу в результате фотосинтеза зеленых растений, а потребляется в процессе дыхания животными, растениями и микроорганизмами и при минерализации органических остатков. Незначительное количество кислорода образуется из воды и озона под воздействием ультрафиолетовой радиации. Большое количество кислорода расходуется на окислительные процессы в земной коре, при извержении вулканов и т.д. Основная доля кислорода продуцируется растениями суши – почти 3/4, остальная часть – фотосинтезирующими организмами Мирового океана. Скорость круговорота – около 2 тыс. лет. Установлено, что на промышленные и бытовые нужды ежегодно расходуется 23 % кислорода, который образуется в процессе фотосинтеза, и эта цифра постоянно возрастает.

Круговорот азота. Запас азота (N₂) в атмосфере огромен (78 % от ее объема). Однако растения могут поглощать азот только в связанной форме, в основном в виде NH₄⁺ или NO₃⁻. Свободный азот из атмосферы связывают азотфиксирующие бактерии и переводят его в доступные растениям формы. В

растениях азот закрепляется в органическом веществе (в белках, нуклеиновых кислотах и пр.) и передается по цепям питания. После отмирания живых организмов редуценты минерализуют органические вещества и превращают их в аммонийные соединения, нитраты, нитриты, а также в свободный азот, который возвращается в атмосферу.

Нитраты и нитриты хорошо растворимы в воде и могут мигрировать в подземные воды и растения и передаваться по пищевым цепям. Если их количество слишком велико, что часто наблюдается при неправильном применении азотных удобрений, то происходит загрязнение вод и продуктов питания, а это, в свою очередь, вызывает заболевания человека.

Круговорот фосфора. Основная масса фосфора содержится в горных породах, образовавшихся в прошлые геологические эпохи. В биогеохимический круговорот фосфор включается в результате процессов выветривания горных пород. В наземных экосистемах растения извлекают фосфор из почвы (в основном в форме PO_4^{3-}) и включают его в состав органических соединений (белков, нуклеиновых кислот, фосфолипидов и др.) или оставляют в неорганической форме. Далее фосфор передается по цепям питания. После отмирания живых организмов и с их выделениями фосфор возвращается в почву.

При неправильном применении фосфорных удобрений, водной и ветровой эрозии почв большие количества фосфора удаляются из почвы. С одной стороны, это приводит к перерасходу фосфорных удобрений и истощению запасов фосфорсодержащих руд (фосфоритов, апатитов и др.). С другой стороны, в результате поступления из почвы в водоемы больших количеств таких биогенных элементов, как фосфор, азот и сера происходит **эвтрофикация** водоемов – обогащение водоема биогенами, стимулирующее рост фитопланктона («цветение» воды). Но большая часть фосфора уносится в море. В водных экосистемах фосфор усваивается фитопланктоном и передается по трофической цепи вплоть до морских птиц. Их экскременты (гуано) либо сразу попадают назад в море, либо сначала накапливаются на берегу, а затем все равно смываются в море. Из отмирающих морских животных, особенно рыб, фосфор снова попадает в море и в круговорот, но часть скелетов рыб достигает больших глубин и заключенный в них фосфор снова попадает в осадочные породы, т.е. выключается из биогеохимического круговорота.

Круговорот серы. Основной резервный фонд серы находится в отложениях и почве, но, в отличие от фосфора, имеется резервный фонд и в атмосфере. Главная роль в вовлечении серы в биогеохимический круговорот

принадлежит микроорганизмам. Одни из них восстановители, другие – окислители.

В горных породах сера встречается в виде сульфидов (FeS_2 и др.), в растворах – в форме сульфат-иона (SO_4^{2-}), в газообразной фазе – в виде сероводорода (H_2S) или сернистого газа (SO_2). В некоторых организмах сера накапливается в чистом виде (S) и при их отмирании на дне морей образуются залежи самородной серы.

По содержанию в морской среде сульфат-ион занимает второе место после хлора и является основной доступной формой серы, которая потребляется автотрофами и включается в состав белков.

В наземных экосистемах сера поступает в растения из почвы в основном в виде сульфатов. В живых организмах сера содержится в белках, в виде ионов и т.д. После гибели живых организмов часть серы восстанавливается в почве микроорганизмами до H_2S , другая часть окисляется до сульфатов и вновь включается в круговорот. Образовавшийся сероводород улетучивается в атмосферу, там окисляется и возвращается в почву с осадками.

Сжигание человеком ископаемого топлива (особенно угля), а также выбросы химической промышленности приводят к накоплению в атмосфере сернистого газа, который, реагируя с парами воды, выпадает на землю в виде кислотных дождей.

Биогеохимические циклы не столь масштабны, как геологические, и в значительной степени подвержены влиянию человека. Хозяйственная деятельность нарушает их замкнутость.

4.6. Эволюция биосферы. Ноосфера как стадия эволюции биосферы

Высокая степень замкнутости биотического круговорота и биологическая регуляция окружающей среды – закономерный результат эволюции биосферы. Эволюция биосферы состоит из добиотической фазы, в ходе которой химическая эволюция подготавливала возникновение жизни, и собственно биологической эволюции. Согласно сложившимся представлениям, последовательность основных этапов такова [1, 2]:

Добиотическая эволюция:

1. Образование планеты и ее атмосферы (около 4,5 млрд лет назад). Первичная атмосфера имела высокую температуру, была резко

восстановительной и содержала водород, азот, пары воды, метан, аммиак, инертные газы, возможно, диоксид углерода, цианистый водород, формальдегид и другие простые соединения.

2. Возникновение абиотического круговорота веществ в атмосфере за счет ее постепенного остывания и энергии солнечного излучения. Появляется жидкая вода, формируется гидросфера, круговорот воды, водная миграция элементов и многофазные химические реакции в растворах. Благодаря автокатализу происходит образование и рост молекул.

3. Образование органических соединений в процессах конденсации и полимеризации простых соединений углерода, азота, водорода, кислорода за счет энергии ультрафиолетового излучения Солнца, радиоактивности, электрических разрядов и других энергетических импульсов. Аккумуляция лучистой энергии в органических веществах в результате фотохимических реакций.

4. Возникновение круговорота органических соединений углерода, включающего реакции аккумуляции солнечной энергии и окислительно-восстановительные реакции. Дальнейшее усложнение органических веществ и появление устойчивых комплексов макромолекул, обладающих способностью к редупликации; возникновение молекулярных систем самовоспроизведения.

Биотическая эволюция:

5. Возникновение жизни (около 3,5 млрд лет назад). Структуризация белков и нуклеиновых кислот с участием биомембран приводит к появлению вирусоподобных тел и первичных клеток, способных к делению, – сначала хемоавтотрофных прокариот, затем – эукариот. Возникает биотический круговорот и формируются биосферные функции живого вещества.

6. Развитие фотосинтеза и обусловленное им изменение состава среды: биопродукция кислорода служит причиной постепенного перехода к окислительной атмосфере. Ускоряется биогенная миграция элементов. Появление многоклеточных организмов, наземных растений и животных приводит к дальнейшему усложнению биотического круговорота. Возникают сложные экологические системы, содержащие все уровни трофической организации. Достигается высокая степень замкнутости биотического круговорота.

7. Увеличение биологического многообразия и усложнение строения и функциональной организации живых существ и биосферы в целом. Организмами заняты все экологические ниши на планете. Полностью сформировались средообразующая функция биосферы и биологический

контроль ее гомеостаза. Преобразование среды вследствие деятельности организмов оказывает обратное действие на биоту и уравнивается ее средорегулирующей функцией.

8. Появление человека – лидера эволюции. Возникновение и развитие человеческого общества, вовлечение в техногенез непропорционально больших (по мерам биосферы) потоков вещества и энергии нарушает замкнутость биотического круговорота, вызывает антропогенные экологические кризисы и становится негативным фактором эволюции.

В современную эпоху наступил качественно новый этап развития биосферы, когда деятельность человека, преобразующая поверхность Земли, по своим масштабам стала соизмеримой с геологическими процессами. Как отмечал В.И. Вернадский, биогеохимическая роль человека за последнее столетие стала значительно превосходить роль других, наиболее активных в биогеохимическом отношении организмов.

В 1944 г. В.И. Вернадский развил представление о переходе биосферы в *ноосферу* – высшую стадию развития биосферы, связанную с возникновением и развитием в ней цивилизованного человечества. Этап, когда разумная человеческая деятельность становится главным, определяющим фактором развития на Земле [4].

Термин «ноосфера» был предложен французским естествоиспытателем *Э.Леруа* в середине 1920-х гг. По мнению Э.Леруа, ноосфера характеризует процесс перехода биосферы в новое эволюционное состояние под воздействием человека. На творчество Э.Леруа оказала сильное влияние работа В.И.Вернадского «Автотрофность человечества», опубликованная на французском языке в 1925 г. В ней обращалось внимание на особую роль человека в преобразовании биосферы, переводе ее в качественно новое состояние. «В биосфере существует великая геологическая, быть может, космическая сила, планетарное действие которой обычно не принимается во внимание. Эта сила есть разум человека, устремленная и организованная воля его, как существа общественного», — писал великий ученый [4, с. 256].

Определенное развитие концепция ноосферы получает в работах другого французского ученого и философа *П.Тейяр де Шардена*, особенно в его книге «Феномен человека». Ноосфера, в его трактовке, возникает и разворачивается вне биосферы. Это пласт мыслей, «обволакивающий» планету.

Новое содержание понятию «ноосфера» придал В.И.Вернадский в последние годы своей жизни. Для него ноосфера – такое же материальное образование, как и биосфера. Он писал: «Наблюдается интенсивный рост

влияния одного вида живого вещества – цивилизованного человечества – на изменение биосферы. Под влиянием научной мысли и человеческого труда биосфера переходит в новое состояние – в ноосферу» [4, с. 258].

Представление о ноосфере позволяет раскрыть перспективу современной цивилизации, вырастающую из осмысления развития природы и человеческой деятельности. Оно ориентирует человечество в оптимальном выборе пути дальнейшего развития – в гармонии с природой. В эпоху ноосферы развитие общества должно достичь определенной устойчивости, ибо предполагается, что развитие цивилизации происходит с обязательным учетом природных основ и гуманистических ценностно-мировоззренческих установок.

Ноосфера – это порождение разума человека, и ее развитие должно основываться на высшем проявлении интеллекта – научном познании, на глубоко продуманных и аргументированных действиях людей. В наше время благодаря науке человек становится решающей силой в общем эволюционном процессе и круговоротах биосферы. Свои биосферные функции он сможет выполнить именно в эпоху ноосферы. В.И.Вернадский, поднимая проблему регулирования обмена веществ с биосферой, имел в виду не только естественные взаимоотношения человека с природной средой, но и связи, обусловленные социальной деятельностью человека. Эти идеи оказались чрезвычайно актуальными в современных условиях. Они все в большей степени находят отражение в способах решения проблем социальной экологии.

Основные предпосылки перехода биосферы в ноосферу следующие:

- высокий уровень развития науки, всесторонняя обоснованность любой человеческой деятельности;
- политическое единство человечества, исключаящее войны из жизни людей;
- высокое качество жизни людей в самых разных частях нашей планеты;
- социальное равенство людей на Земле, исключаящее национализм, расизм, нищету, эксплуатацию;
- развитость средств массовой информации и коммуникаций;
- наличие альтернативных технологий, источников энергии, особенно эффективных способов утилизации энергии Солнца.

Ноосфера – это становление качественно нового состояния в ходе эволюции планеты, когда процессы и явления биосферы в конечном счете направляются человеческим интеллектом. В этот период определяются способы и средства целенаправленного, двуединого развития биосферы и общества, обеспечивающие их гармоничное развитие [32].

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дайте определение биосферы. Какие компоненты входят в состав биосферы и что является верхней границей биосферы?

2. Назовите свойства живого вещества. Какие из них, по вашему мнению, наиболее важны и можно ли выделить одно из свойств в качестве основного?

3. Исходя из геохимических функций живого вещества, поясните роль живых организмов в преобразовании абиотической окружающей среды и создании условий, благоприятных для жизни.

4. Чем обусловлено такое свойство биосферы, как целостность? Дайте ответ, опираясь на другие свойства биосферы.

5. Какие типы круговоротов веществ существуют в природе и чем они различаются?

6. Охарактеризуйте круговороты углерода и азота. К какому типу биогеохимического круговорота веществ они относятся? В чем их сходство и различие?

7. Охарактеризуйте круговороты фосфора и серы. К какому типу биогеохимического круговорота веществ они относятся? В чем их сходство и различие?

8. Поясните, каким образом человек нарушает круговороты основных биогенных элементов – углерода, азота, фосфора и серы.

9. Что такое ноосфера? Как представлял себе В. И. Вернадский становление ноосферы?

Глава 5. ЧЕЛОВЕК В БИОСФЕРЕ

5.1. Окружающая среда человека

Окружающая среда современного человека состоит из четырех взаимосвязанных компонентов [17, 25].

1. *Собственно природная среда («первая природа»)* – факторы естественного происхождения, воздействующие на человека. Она состоит из среды *абиотической* (солнечный свет, ветер, химический состав атмосферы и природных вод, магнитное и гравитационное поля и т.д.) и среды *биотической* (животные, растения и микроорганизмы природных экосистем).

2. *Квазиприродная среда («вторая природа»)* – преобразованные человеком экосистемы. Это пахотные земли, грунтовые дороги, сады, парки, лесопарки. Они постепенно разрушаются без регулирующего воздействия человека. Расширение территорий квазиприродной среды требует возрастающих вещественно-энергетических затрат на ее поддержание.

3. *Искусственная, или техногенная, среда («третья природа»)* – весь искусственный мир, созданный человеком, не имеющий аналогов в естественной природе, чуждый ей. Без непрерывного обновления он немедленно начинает разрушаться. Сюда относятся асфальт и бетон современных городов (здания, дороги и т.д.), транспорт, технологическое оборудование, мебель и все вещи, необходимые человеку и т.д.

4. *Социальная среда* создается отношениями между людьми и их группами, отношениями между людьми и создаваемыми ими материальными и культурными ценностями, воздействующими на человека. Воздействие включает:

- экономическую обеспеченность в соответствии с выработанным обществом эталоном (это обеспеченность жильем, пищей, одеждой и другими потребительскими товарами);
- возможность пользоваться материальными и культурными ценностями (театрами, музеями, библиотеками, товарами и т.д.);
- степень уверенности в завтрашнем дне (отсутствие или наличие страха перед социальным кризисом, потерей работы, болезнью, голодом и т.д.);
- моральные нормы общения;
- обеспеченность социально-психологическим пространственным минимумом, позволяющим избежать нервно-психического стресса от

перенаселения. Скученность отрицательно сказывается на психическом состоянии людей и их здоровье.

Социальная среда интегрируется с природной, квазиприродной и искусственной средами. Все факторы каждой из сред тесно взаимосвязаны и составляют объективные и субъективные стороны «качества жизни человека». Ни в коем случае нельзя думать, что какой-то из элементов может быть заменен другим или безболезненно выброшен из общей системы окружающей человека среды. Элементы среды способны лишь усиливать или ослаблять действие друг друга. Так, например, природный климатический дискомфорт можно ослабить лучшей организацией искусственной и социальной сред.

Благодаря достижениям научно-технического прогресса человек преодолел свою зависимость от условий собственно природной среды (природных лимитирующих факторов). Но при этом он все более попадает в зависимость от условий, создаваемых другими компонентами окружающей среды – квазиприродной, искусственной и социальной средами. Под их воздействием организм человека испытывает огромные нагрузки. Так, квазиприродная и искусственная среды являются источником химических, физических и биологических загрязнений. Факторы социальной среды могут привести к психологическим стрессам и истощению нервной системы человека.

5.2. Человечество как экологический фактор

Человек в окружающей среде, с одной стороны, является объектом воздействия экологических факторов, с другой – сам оказывает воздействие на среду. С этой точки зрения человек и человечество в целом характеризуются важными особенностями. Важная черта человека как экологического фактора заключается в осознанности, целенаправленности и массивном воздействии на природу.

Любой биологический вид имеет ограниченные энергетические ресурсы, что лимитирует его воздействие на окружающую среду. Например, зеленые растения в процессе фотосинтеза используют всего лишь 1 % энергии Солнца, падающей на Землю, консументы – часть энергии органических веществ, образуемых организмами предшествующего трофического уровня. Человечество в процессе трудовой и интеллектуальной деятельности расширяет круг доступных источников энергии вплоть до энергии ядерных и термоядерных реакций. Сначала человечество, совершив переход от

присваивающего хозяйства к производящему (аграрная революция, 10-е тыс. до н.э.), использовало мускульную энергию домашних животных, затем – механическую энергию воды и ветра, а начиная с промышленной революции (17 – 18 вв.) активно использует химическую энергию ископаемого топлива – невозобновимых природных ресурсов. С помощью *дополнительных источников* энергии человек приспосабливает среду обитания к собственным потребностям, коренным образом изменяя природу Земли: в древности – за тысячелетия, в средние века – за столетия, сейчас – за немногие годы. Использование дополнительных источников энергии позволило людям преодолеть основные природные лимитирующие факторы и тем самым – естественные ограничения роста их численности.

Прирост народонаселения, энергообеспеченности, технической вооруженности людей создает предпосылки для заселения любых экологических ниш. Человечество представляет единственный на Земле вид, который сумел приспособиться к экстремальным условиям и стал осваивать природные ресурсы всех географических зон. Это превратило человека в экологический фактор с глобальным распространением влияния.

Благодаря воздействию на все главные компоненты биосферы влияние человечества достигает самых отдаленных экологических зон планеты: примером может служить обнаружение пестицида ДДТ в печени пингвинов и тюленей, отловленных в Антарктиде, где никогда не применялся этот ядохимикат.

Особенностью человека как экологического фактора является активный, творческий характер его деятельности. Энергия, которую использует человек, обращается на изменение среды обитания. Экологический оптимум человека как существа биологического ограничен, в связи с этим возможность существования в различных средах обитания достигается не путем изменения собственной биологии, а путем изменения окружающей среды. Человек в результате трудовой деятельности создает вокруг себя искусственную среду обитания. Естественные экосистемы вытесняются антропогенными экосистемами, абсолютно доминирующим фактором в которых является человек, так как антропогенные системы не обладают способностью к саморегуляции и самовосстановлению.

В результате человеческой деятельности происходят изменения физической среды – газового состава воздуха, качества воды и пищи, климата, потока солнечной энергии и других факторов, которые отражаются на здоровье и работоспособности людей. В отклоняющихся экстремальных условиях

затрачивается много сил и средств на искусственное создание и поддержание оптимальных условий среды.

Масштабы взаимодействия современного общества с природой определяются не биологическими потребностями человека, а непрерывно нарастающим уровнем технического и социального развития. Техническая мощь человека достигла масштабов, соизмеримых с биосферными процессами. Например, строительная и горнодобывающая техника ежегодно перемешают на поверхность земли больше материала, чем сносится в море всеми реками мира в результате водной эрозии. В отличие от всех других видов, человек взаимодействует с окружающей средой, изменяя ее и приспособлявая к себе, с помощью *культуры* – *специфического способа организации и развития человеческой деятельности, представленной в продуктах материального и духовного труда* [22]. Человеческая деятельность на планете изменяет климат, влияет на состав атмосферы и Мирового океана, изменяет те параметры биосферы, которые обеспечивают возможность жизни на планете.

5.3. Экологические кризисы и экологические проблемы

Прогрессирующее хозяйственное освоение природы и сопутствующие ему многочисленные нарушения природного равновесия стали источником цивилизационных проблем, которые сегодня принято называть экологическими. *Экологическая проблема* – это отражение противоречий, возникающих в системе связей общества с природной средой, на человеке и условиях его жизнедеятельности. На начальных этапах развития цивилизации экологические проблемы носили локальный характер и не оказывали существенного влияния на устойчивость биосферы. В период становления техногенной цивилизации человечество, по образному выражению В.И. Вернадского, «становится могучей геологической силой», преобразующей природные ландшафты Земли [4, с. 480]. Во второй половине XX в. рост населения планеты и мощное антропогенное воздействие на биосферу до предела обострили экологические проблемы, и последние пятьдесят лет цивилизация находится в состоянии экологического кризиса, поставившего биосферу на грань разрушения.

Экологический кризис (чрезвычайная экологическая ситуация) – экологическое неблагополучие, характеризующееся устойчивыми отрицательными изменениями окружающей среды и представляющее угрозу

для здоровья людей. Это напряженное состояние взаимоотношений между человечеством и природой, обусловленное несоответствием размеров производственно-хозяйственной деятельности человека ресурсно-экологическим возможностям биосферы. Экологический кризис характеризуется не столько усилением воздействия человека на природу, сколько резким усилением влияния измененной людьми природы на общественное развитие и человека.

Экологическая катастрофа (экологическое бедствие) – экологическое неблагополучие, характеризующееся глубокими необратимыми изменениями окружающей среды и существенным ухудшением здоровья населения. Это природная аномалия, нередко возникающая на основе прямого или косвенного воздействия человеческой деятельности на природные процессы и ведущая к остро неблагоприятным экономическим последствиям или массовой гибели населения определенного региона.

Экологический кризис – обратимое явление, в котором человек выступает активно действующей стороной. Катастрофа – необратимое явление, здесь человек – уже лишь пассивная, страдающая сторона.

В истории человечества выделяют три антропогенных экологических кризиса [17, 25].

1. **Первый антропогенный экологический кризис (кризис консументов)** связан с массовым уничтожением крупных животных. Полагают, что он мог произойти 10 – 50 тыс. лет назад. Считается, что значительное число крупных млекопитающих ледникового и межледникового периодов в Северной Америке и Евразии, таких, как мастодонт и мамонт, некоторые виды верблюдов и лошадей, гигантские ленивцы, исчезли не в результате воздействия неблагоприятных климатических условий, как полагают некоторые ученые, а были истреблены ордами бродячих охотников ледникового периода, уже применявших метательное оружие. Выходом из кризиса считается *аграрная революция*, заключающаяся в переходе от собирательства и охоты к земледелию и скотоводству.

2. **Второй антропогенный экологический кризис (кризис продуцентов)** произошел 150 – 350 лет назад и был вызван вырубкой леса, использовавшегося как топливо и строительный материал, и общим истощением растительности. Выходом из кризиса является *промышленная революция*, смысл которой – использование всех форм ископаемого топлива для работы машин и механизмов.

3. *Третий (современный) антропогенный экологический кризис* – кризис загрязнения и угрозы истощения природных ресурсов. Редуценты не успевают очищать биосферу от антропогенных продуктов или потенциально не способны это сделать в силу неприродного характера выбрасываемых синтетических веществ, поэтому этот кризис называют *кризисом редуцентов*.

Главная причина современного экологического кризиса – высокая антропогенная нагрузка на природу, которую обуславливают следующие факторы:

1. *Безудержный и очень быстрый рост численности населения Земли*. За последние 100 лет численность населения возросла с 1,6 до 6 млрд человек. При этом еще в 1950 г. численность населения Земли составляла 2,5 млрд человек. В середине XX в. произошел демографический взрыв – резкое ускорение темпов роста населения. Рост численности населения Земли подчиняется экспоненциальному закону, и такая же экспоненциальная зависимость характерна для роста мировой экономики, которая удовлетворяет растущие потребности человека путем изъятия природных ресурсов, приводящего к техногенной деградации окружающей среды. Ведь каждому человеку нужны крыша над головой, свет, тепло, еда, одежда и многое другое. И до сих пор большинство этих потребностей удовлетворяется за счет жесточайшей эксплуатации природы.

2. *Возрастающее производство и потребление энергии*, основанное на использовании невозобновимых природных ресурсов, приводящих к их истощению, разрушению экосистем и загрязнению окружающей среды. К концу XX в. потребление энергии увеличилось в 14 раз. Еще в середине XIX в. доля мышечной энергии человека в общем энергетическом балансе мира составляла 96 %, а в конце XX в. – всего 1 %.

3. *Несовершенство промышленных и сельскохозяйственных технологий*. Загрязнение воздуха, воды, почв, вырубка лесов и распашка степей, эрозия почвы – все это показатель того, как мы еще мало умеем и знаем, какой ценой и за счет чего достигается наше материальное благополучие.

4. *Господствующее в настоящее время антропоцентрическое сознание и закрепившееся в нем потребительское отношение человека к природе и природным ресурсам*. Антропоцентрический тип экологического сознания основан на представлениях об исключительности человека в мире природы, его главенствующей функции, позволяющей ему управлять миром по своему усмотрению, строить свои взаимоотношения с природой по правилам, которые устанавливает сам человек. Для антропоцентрического экологического

сознания характерны противопоставление человека как высшей ценности и природы как его собственности; прагматический характер мотивов и целей взаимодействия с природой: правильно и разрешено то, что полезно человеку.

Важнейшими проявлениями экологического кризиса являются истощение природных ресурсов и загрязнение окружающей среды, которые рассматриваются как глобальные экологические проблемы.

Истощение природных ресурсов является результатом нерационального природопользования и проявляется в сокращении запасов ископаемого топлива и пресной воды (к 2100 г. запасы пресной воды на Земле могут быть исчерпаны); уменьшении биологического разнообразия (за XX в. исчезла 1/5 часть всех видов животных и растений); деградации почвенного покрова (площадь пустынь в результате неправильного землепользования ежегодно увеличивается на 6 млн га), сокращении площади лесов (глобальное сокращение лесов в 18 раз опережает их восстановление) [12, 14].

Загрязнение окружающей среды проявляется в изменении химического состава атмосферного воздуха, природных вод и почвенного покрова, изменении круговорота веществ. Главные источники антропогенного загрязнения воздуха – энергетика, транспорт, металлургическая, химическая и нефтехимическая промышленность; гидросферы – предприятия целлюлозно-бумажной, нефтеперерабатывающей, химической и легкой промышленности, сельское хозяйство. Основная масса промышленных твердых и жидких отходов образуется на предприятиях горнодобычи и горнопереработки, энергетике, металлургической и химической отраслей промышленности.

5.4. Основные виды антропогенных загрязнений

Загрязнение – это привнесение в какую-либо среду новых, не характерных для нее физических, химических и биологических агентов или превышение естественного уровня этих агентов в среде. Объектом загрязнения всегда является биогеоценоз, и наличие вредных веществ приводит к нарушению обмена веществ, снижению интенсивности деятельности продуцентов и продуктивности биоценоза в целом.

Загрязнения можно классифицировать следующим образом:

- 1) *химическое (ингредиентное)* загрязнение, представляющее собой совокупность веществ, чуждых естественным биогеоценозам (бытовые стоки, ядохимикаты и удобрения, продукты сгорания и т.д.);

2) *физическое (параметрическое)* загрязнение среды, связанное с изменением ее качественных параметров окружающей среды (шумовое, тепловое, световое, электромагнитное, радиационное);

3) *биологическое* загрязнение, заключающееся в воздействии на состав и структуру популяций и отдельных ее представителей биологических агентов (патогенные микроорганизмы, преднамеренная или случайная интродукция видов, бактериологическое оружие).

5.4.1. Химическое загрязнение

Наибольшую проблему при химическом загрязнении окружающей природной среды создают некоторые ядохимикаты, с трудом выявляемые из-за их очень низких концентраций, но способные постепенно накапливаться в организме, вызывая многочисленные расстройства здоровья, в том числе рак. Большинство из них принадлежит к одному из двух классов: тяжелым металлам или синтетическим органическим соединениям [15,18, 23, 26, 31].

Тяжелые металлы — металлы с большим атомным весом (свинец, цинк, ртуть, медь, никель, железо, ванадий, кадмий и др.). Они широко используются в промышленности. Тяжелые металлы чрезвычайно ядовиты. Их ионы, проникая в организм, взаимодействуют с рядом ферментов, подавляя их активность. Таким образом, попадание в организм очень малых их количеств чревато крайне тяжелыми физиологическими и неврологическими последствиями. Основными источниками загрязнения тяжелыми металлами служат работа металлургических предприятий, сжигание угля, нефти и различных отходов, производство стекла, удобрений, цемента, автотранспорт и пр. Новейшие расчеты показали, что вклад антропогенного свинца составляет 94 – 97% (остальное – природные источники), кадмия – 84 – 89, меди – 56 – 87, никеля – 66 – 75, ртути – 58 %.

Все сложные молекулы в составе растительных и животных организмов – это природные органические вещества. Помимо них люди научились получать сотни тысяч органических соединений, используемых для производства пластмасс, синтетических волокон, искусственного каучука, лакокрасочных покрытий, растворителей, пестицидов, защитных покрытий для дерева и др. Такие вещества называют *синтетическими органическими соединениями*. Многие из них настолько напоминают природные, что могут усваиваться организмом и взаимодействовать с некоторыми ферментами и другими системами. Именно они и создают проблемы. Организм может оказаться неспособным разлагать их или включать в метаболизм иным путем: в

результате они нарушают его функционирование. При определенных дозах возможны острое отравление и смерть. Однако и небольшие дозы, получаемые на протяжении длительного периода, приводят к весьма неприятным эффектам, например канцерогенному (развитие рака), мутагенному (появлению мутаций) и тератогенному (возникновение врожденных дефектов у детей). Наиболее опасны *галогенированные углеводороды* – органические соединения, в которых один или более атомов водорода замещены атомами хлора, брома, фтора или йода. Наиболее распространены содержащие хлор, т.е. *хлорированные углеводороды*. Их часто применяют при изготовлении пластмасс (поливинилхлорид, или ПВХ), пестицидов (ДДТ), растворителей (тетрахлорфенол), электроизоляции (полихлорированные бифенилы, или ПХБ), пламягасящих веществ и многих других изделий.

Как тяжелые металлы, так и галогенированные углеводороды особенно опасны ввиду способности к *биоаккумуляции*, когда малые, кажущиеся безвредными дозы, получаемые в течение длительного периода, накапливаются в организме, создают в итоге токсичную концентрацию и наносят ущерб здоровью [30].

Биоаккумуляция происходит по следующим причинам:

- во-первых, из-за отсутствия биodeградации. Тяжелые металлы как химические элементы невозможно разрушить или преобразовать в ходе химических процессов; для хлорсодержащих углеводородов в организме нет ферментов, способных их расщепить;

- во-вторых, тяжелые металлы и галогенированные углеводороды легко поглощаются, но если и выводятся, то очень медленно. Организм не способен освободиться от них, выводя их с мочой, поскольку тяжелые металлы прочно связываются с белками, а галогенированные углеводороды растворяются в жирах гораздо лучше, чем в воде.

В результате, поступая с пищей и жидкостями, эти вещества удерживаются и накапливаются в теле, как на фильтре. Биоаккумуляция может усугубляться в пищевой цепи. Организмы, находящиеся в ее основе, поглощают химикаты из внешней среды и аккумулируют их в своих тканях. Питаясь этими организмами, животные следующего трофического уровня получают исходно более высокие дозы, накапливаются более высокие концентрации и т. д. В результате на вершине данной пищевой цепи концентрация химиката в организмах может стать в 100 тыс. раз выше, чем во внешней среде. Такое накопление вещества при прохождении через пищевую цепь называют *биокоцентрацией*.

К большому сожалению, и биоаккумуляцию, и биоконцентрирование трудно заметить до достижения опасного уровня химиката. А тогда уже поздно что-либо предпринимать.

Ситуацию осложняют и *синергические эффекты*. Ядохимикаты редко встречаются по отдельности, а два или более ядов дают эффект, во много раз превосходящий сумму действий каждого из них. Это явление называют синергизмом. Чрезвычайно опасный синергический эффект обнаружился совсем недавно. Некоторые галогенированные углеводороды и, возможно, другие химикаты (один фактор) ослабляют иммунную систему, в результате чего организм становится более подверженным действию инфекций и паразитов (второй фактор).

Ниже приводятся основные химические загрязнители и вызываемые ими нарушения в организме человека [8].

Монооксид углерода (угарный газ) – блокирование гемоглобина крови с образованием карбоксигемоглобина и снижением способности крови к переносу кислорода из легких к тканям тела. Приступы коронарной недостаточности, стенокардии и даже инфаркт миокарда. Нарушение обменных процессов организма, функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС) – психические отклонения, общее недомогание.

Оксиды азота и серы – резкое раздражение легких и дыхательных путей, возникновение в них воспалительных процессов. Головокружение, потеря сознания, одышка, кашель, насморк, повышение респираторной заболеваемости детей.

Озон – раздражение слизистой оболочки глаз, воспалительные процессы в легких, головная боль, быстрая утомляемость.

Свинец – неврологические расстройства, функциональные нарушения печени, почек, желудочно-кишечного тракта. У детей – замедленный рост, анемия, повышенная моторная активность, снижение внимания, повышенная раздражительность, обидчивость, вялость, отставание в учебе.

Ртуть – поражение центральной нервной системы и мозга, нарушение координации движений, расстройство зрения, потеря слуха, серьезные психические отклонения (болезнь Минамата). Ртуть является тератогеном.

Кадмий – поражение сердечно-сосудистой, мочеполовой и костно-суставной систем. Кадмий является одним из самых опасных токсикантов среды. Опасен в любой форме. Характеризуется медленным выведением из организма (0,1 % в сутки).

Мышьяк – появление металлического привкуса во рту, сильные боли в животе, развитие острой сердечно-сосудистой и почечной недостаточности, появление судорог.

Нитраты – нарушение обмена веществ, аллергия, нервные расстройства, злокачественные новообразования.

Формальдегид – эмбриотоксическое действие, выраженные канцерогенный, мутагенный и тератогенный эффекты. Формальдегид выделяется из прессованных плит, используемых в конструкциях настилов полов, мебели.

Бензапирен – сильнейший канцероген. Содержится в выхлопных газах, сигаретном дыме.

Пестициды и диоксины (галогенированные углеводороды) – поражение печени, ЦНС. Вызывают бесплодие человека и высших млекопитающих, являются канцерогенами, мутагенами, тератогенами.

Винилхлорид – выраженное канцерогенное действие. Выделяется из поливинилхлорида как остаточный мономер при неполной полимеризации в синтезе ПВХ.

При химических загрязнениях атмосферный путь поступления токсичных веществ в организм является ведущим, так как в течение суток человек потребляет около 15 – 20 кг воздуха, 2 – 5 кг воды и 1,5 – 2,5 кг пищи. При ингаляции химические элементы поглощаются особенно интенсивно. Так, свинец, поступающий с воздухом, адсорбируется кровью на 60 %, с водой – на 10 %, с пищей – на 5 %.

5.4.2. Физическое загрязнение

1. *Шумовое загрязнение* отрицательно воздействует на организм человека, вызывая повышенную утомляемость, снижение умственной активности, развитие сердечно-сосудистых и нервных заболеваний. Шум может восприниматься ухом человека в пределах частоты от 16 до 20 тыс. Гц (ниже – инфразвук, выше – ультразвук). Уровень шума измеряется в децибелах (дБ). Для человека практически безвреден шум в 20 – 30 дБ, 80 дБ – допустимая граница, 130 дБ вызывают болевые ощущения, а 150 – уже непереносимы. Сильный шум является для человека физическим наркотиком. Поэтому часть людей, увлекаясь современной музыкой с большой интенсивностью звучания, подвергает свое здоровье опасности. Женщины менее устойчивы к сильному шуму, который быстрее приводит их к неврастению. А слабые бытовые шумы в

доме, обусловленные плохой звукоизоляцией квартир, разрушительнее действуют на нервную систему мужчин.

Шум отрицательно воздействует не только на людей, но и на растения и животных. Растения замедляют рост, цветы вянут, птицы бросают гнезда, оставляя кладки и птенцов, у млекопитающих изменяется артериальное давление и нарушается работа сердца.

2. *Электромагнитное загрязнение* возникает в результате изменений электромагнитных свойств среды. Искусственно созданные электромагнитные поля ведут к сердечно-сосудистым и другим заболеваниям. В бытовых помещениях норма напряженности электрического поля (E_e) – 1 – 100 В/м, магнитного (E_m) – 0,01 – 0,5 А/м. Бытовые приборы способны создавать электрическое поле напряженностью 5 – 500 В/м. Нарушение ритма сокращений сердечной мышцы наступает при $E_e=5 \cdot 10^7$ В/м и $E_m=10^6$ А/м [8, 26]. Очень мало известно о действии слабых электромагнитных полей (ЭМП). Не существует научно обоснованных пределов воздействия ЭМП для распространенных в быту приборов и аппаратов. Исходя из полученных данных, можно предположить, что длительное воздействие слабых ЭМП заметно скажется лишь в 4 – 10-м поколении. Однако известно, что у людей, работающих за компьютерами до 6 ч в сутки, заболевания органов зрения, поражения ЦНС и сердечно-сосудистой системы наблюдаются в 5 раз чаще, чем у тех, чья работа не связана с компьютером. Также доказано, что при частом пользовании радиотелефонами опасность заболевания раком крови вырастает на 20 – 40 %.

3. *Ионизирующее излучение (радиоактивное загрязнение)* обладает энергией, достаточной для того, чтобы выбить один или несколько электронов из атомов и образовать положительно заряженные ионы, которые, в свою очередь, вступая в реакции с различными соединениями, разрушают ткани живых организмов. Примерами ионизирующего излучения являются ультрафиолетовое излучение Солнца и аппаратов ультрафиолетового облучения, рентгеновское излучение, нейтронное излучение, возникающее в ходе реакции ядерного деления и ядерного синтеза, а также α , β , γ -излучение, испускаемое радиоактивными изотопами.

Воздействие ионизирующего излучения приводит к повреждению клеток человеческого организма двумя способами. В первом случае наносятся генетические повреждения, в результате чего происходит изменение генов и хромосом. Во втором – соматические повреждения: ожоги, катаракты, раковые заболевания костей, легких, щитовидной железы.

Таким образом, ионизирующее излучение оказывает мощное мутагенное, эмбриотоксическое и тератогенное воздействие. При этом наиболее чувствительны к нему высокоорганизованные организмы, в том числе и человек, а наиболее устойчивыми являются микроорганизмы.

4. *Тепловое загрязнение* является результатом повышения температуры среды и возникает при отводе воды от систем охлаждения в водные объекты и при выбросе потоков дымовых газов или воздуха. Тепловое загрязнение водоемов приводит к уменьшению растворимости кислорода в воде, что снижает активность всего биоценоза водных систем, к замедлению процессов естественной минерализации органического вещества; провоцирует рост активности сине-зеленых водорослей, еще больше снижающих количество кислорода в воде. Известны факты, когда сброс теплых вод создавал тепловой барьер для рыб на путях к нерестилищам.

5.4.3. Биологическое загрязнение

Чрезвычайно опасными являются биологические загрязнения, которые вызываются патогенными микроорганизмами. Эпидемии таких болезней, как холера, оспа, чума вызываются бактериями, а грипп, гепатит, СПИД – вирусами. Недостаточно очищенные и обезвреженные бытовые сточные воды содержат большой комплекс патогенных микроорганизмов, вызывающих кожные и кишечные заболевания.

Существуют непатогенные и условно патогенные микроорганизмы, которые в качестве биотопа избрали организм человека. Так, полости рта, носа, кишечника являются местом обитания многих микроорганизмов, которые стимулируют защитные силы, способствуют перевариванию пищи, вырабатывают витамины. Однако превышение количества этих микроорганизмов над нормой при неблагоприятных для человека условиях изменяет соотношение микроорганизмов, приводя к определенным патологиям (например, к дисбактериозу). При этом условно патогенные организмы, которые в норме являются сапрофитами, вызывают некоторые заболевания (ОРВИ).

В отдельную группу необходимо вынести *лекарственные загрязнения*. Некоторые лекарственные препараты даже в терапевтической дозе оказывают неблагоприятное воздействие на организм человека. Так, например, амидопирин и фенацитин, до недавнего времени использовавшиеся в медицинской практике, запрещены к производству, так как являются выраженными канцерогенами. Антибиотики тетрациклинового ряда обладают

ототоксическим действием. При неправильном подборе дозы они, поражая слуховой нерв, могут вызвать глухоту. Многие антибиотики поражают биоценоз кишечника, вызывая дисбактериозы и другие заболевания.

5.5. Экологические последствия загрязнения окружающей среды

К глобальным экологическим последствиям загрязнения окружающей среды (атмосферы) относят следующие:

- кислотные осадки;
- разрушение озонового слоя;
- парниковый эффект;
- смог.

5.5.1. Кислотные осадки

Кислотными называются осадки, подкисленные до $pH < 5,6$ из-за растворения в атмосферной влаге антропогенных выбросов (диоксид серы, оксиды азота, хлороводород и пр.). Основной причиной выпадения кислотных дождей считается интенсификация промышленной деятельности человека. В результате увеличения объемов промышленного производства увеличилось количество выбросов в атмосферу оксидов углерода, азота и сернистого газа. Растворяясь в воде, эти кислотные оксиды образуют соответствующие кислоты, которые переносятся облаками на значительные расстояния (до 500 км) и выпадают на землю в виде кислотных осадков.

Кислотность выражается показателем pH . В нейтральной среде $pH=7$, в кислой $pH < 7$. Однако даже в самом чистом воздухе всегда есть углекислый газ, который растворяется в воде с образованием слабой угольной кислоты, и дождевая вода чуть подкисляется. Поэтому чистая дождевая вода имеет pH , равный 5,6. В промышленно развитых зонах мира выпадают осадки, кислотность которых превышает нормальную в 10 – 1000 раз [1, 14].

Отрицательное воздействие кислотных осадков на растительность проявляется как в прямом биоцидном воздействии, так и в косвенном, через снижение pH почв. Выпадение кислотных осадков приводит к ухудшению состояния и гибели целых лесных массивов, а также снижению урожайности многих сельскохозяйственных культур. Кроме того, отрицательное воздействие кислотных дождей проявляется в закислении пресноводных водоемов.

Снижение pH воды вызывает сокращение запасов промысловой рыбы, деградацию многих видов организмов и всей водной экосистемы, а иногда и полную биологическую гибель всего водоема.

Кислотные осадки приводят к ускорению процесса коррозии металлических конструкций зданий, мостов, плотин, линий электропередач, разрушению памятников архитектуры.

5.5.2. Разрушение озонового слоя

Озоновый слой расположен в стратосфере на высоте 20 – 25 км и защищает все живое на Земле от жесткого ультрафиолетового излучения. «Озоновая дыра» – значительное пространство в озоновом слое планеты с заметно пониженным (до 50 % и более) содержанием озона. Общее количество озона в атмосфере оценивается в 3,3 млрд т. Если весь озон «собрать» у поверхности Земли при нормальном давлении, то толщина его слоя составит всего 3 мм.

Считается, что основной причиной возникновения «озоновых дыр» является высокое содержание в атмосфере оксидов азота, образующихся при сжигании топлива, и фреонов. Фреоны (хлорфторуглероды) – высоколетучие химически инертные у земной поверхности вещества, широко применяемые в быту и производстве в качестве хладагентов (холодильники, рефрижераторы, кондиционеры), пенообразователей и распылителей (аэрозольные упаковки). Фреоны, поднимаясь в верхние слои атмосферы, подвергаются фотохимическому разложению с образованием оксида хлора, интенсивно разрушающего озон. Один атом хлора может уничтожить до 10 тыс. молекул озона. Истощение озонового слоя в атмосфере Земли приводит к увеличению потока ультрафиолетовых лучей на земную поверхность. Ультрафиолетовые лучи в небольших дозах необходимы живым организмам (стимуляция роста и развития клеток, бактерицидное действие, синтез витамина D и т.д.), в больших дозах они губительны из-за способности вызывать раковые заболевания и мутации.

Защита озонового слоя требует ограничения производства озоноразрушающих веществ – прежде всего хлорфторуглеродов. В 1987 г. в Монреале (Канада) был подписан протокол о 50%-м сокращении производства фреонов к 1997 г. Протокол подписали 33 государства. В 1991 г. 81 страна ЕЭС дала согласие ликвидировать производство фреонов к 2000 г. В России введен жесткий контроль над ввозом и вывозом озоноразрушающих веществ и содержащей их продукции [11].

5.5.3. Парниковый эффект

Парниковый (тепличный) эффект – повышение температуры нижних слоев атмосферы вследствие способности атмосферы пропускать коротковолновую солнечную радиацию, но задерживать длинноволное (тепловое) излучение земной поверхности. Роль парниковых газов играют углекислый газ, метан, оксиды азота, тропосферный озон и хлорфторуглероды. Основным парниковым газом считается углекислый газ, образующийся при сжигании топлива. Ежегодные техногенные выбросы его в атмосферу составляют 35 Гт. Они не усваиваются полностью растительностью суши (в основном из-за быстрого сокращения площади лесов) и океаном (из-за загрязнения его поверхности), в результате чего содержание CO_2 в атмосфере увеличивается. Углекислый газ задерживает половину тепла в атмосфере, однако у него есть конкурент – метан, который содержится в атмосфере в существенно меньших количествах, но является гораздо более эффективным поглотителем инфракрасного (теплого) излучения, чем CO_2 . Источником появления в атмосфере метана являются интенсивное возделывание риса, разведение скота, деятельность бактерий на свалках отходов, утечка газа при добыче угля и нефти. По прогнозам ученых, в ближайшие 50 лет температура на Земле повысится на 2 – 3 градуса.

Отрицательные для человечества последствия парникового эффекта заключаются в повышении уровня Мирового океана в результате таяния материковых и морских ледников, теплового расширения океана и т.д. Это приведет к затоплению приморских равнин, ухудшению водоснабжения приморских городов, деградации растительности. Увеличение сезонного протаивания грунтов в районах с вечной мерзлотой создаст угрозу дорогам, строениям, коммуникациям, активизирует процессы заболачивания и т.д. Положительные для человечества последствия парникового эффекта связаны с улучшением состояния лесных экосистем и сельского хозяйства. Повышение температуры приведет к увеличению испарения с поверхности океана: это вызовет возрастание влажности климата, что особенно важно для сухих зон. Повышение концентрации углекислого газа увеличит интенсивность фотосинтеза, а значит, продуктивность диких и культурных растений.

Уже давно мировое сообщество обеспокоено загрязнением атмосферы парниковыми газами, являющимися причиной глобальных изменений в климатической системе Земли. Сдерживание неблагоприятных климатических изменений превратилось в глобальную проблему, решение которой возможно

лишь совместными усилиями многих государств (более подробно о возможных путях решения этой и других проблем будет сказано в п. 7.2).

5.5.4. Смог

Смог – ядовитая смесь дыма, тумана и пыли. Различают два типа смога: лондонский и лос-анджелесский. Лондонский (зимний) смог образуется зимой в крупных промышленных центрах при неблагоприятных погодных условиях: отсутствии ветра и температурной инверсии. Температурная инверсия проявляется в повышении температуры воздуха с высотой (в слое 300 – 400 м) вместо обычного понижения. В результате дым и загрязняющие вещества (пыль, оксиды серы и углерода) не могут подняться вверх и рассеяться, а образуют туманную завесу.

Лос-анджелесский (летний, фотохимический) смог возникает летом также при отсутствии ветра и температурной инверсии, но обязательно в солнечную погоду. Он образуется при воздействии солнечного излучения на оксиды азота и углеводороды, поступающие в воздух в составе выхлопных газов автомобилей и выбросов предприятий. В результате образуются высокотоксичные загрязнители – фотооксиданты, состоящие из озона, органических пероксидов, пероксида водорода, альдегидов и т.д.

Смог вызывает обострение респираторных заболеваний, раздражение глаз, ухудшение физического состояния вплоть до летального исхода. В 1952 г. в Лондоне от смога за две недели погибло более 4 тыс. человек [13].

Рассеять смог может только ветер, а бороться с ним необходимо путем сокращения выбросов загрязнителей в атмосферу.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Из каких компонентов состоит окружающая среда современного человека? Охарактеризуйте их.
2. Каковы особенности социальной среды человека?
3. В чем заключается особенность человека (человечества) в целом как экологического фактора?
4. Что такое экологический кризис? В чем его отличие от экологической катастрофы?
5. Перечислите и охарактеризуйте основные антропогенные кризисы в истории человечества.

6. Каковы причины и проявления современного экологического кризиса?
7. Что понимают под загрязнением окружающей среды?
8. Какие виды загрязнений вы знаете? Приведите примеры.
9. Перечислите и охарактеризуйте основные химические загрязнители.
10. В чем состоит сущность парникового эффекта? Как решается эта проблема?
11. Как возникают кислотные осадки? Какое воздействие они оказывают на экосистемы?
12. Почему происходит разрушение озонового экрана? Как решается эта проблема?

Глава 6. РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

6.1. Природные ресурсы и их классификация

Природные ресурсы – это элементы природы (объекты и явления), необходимые человеку для его жизнеобеспечения и вовлекаемые им в материальное производство. К природным ресурсам относятся атмосферный воздух, вода, почва, солнечная радиация, полезные ископаемые, климат, растительность, животный мир и т.д.

Природные ресурсы используются человеком в качестве:

- непосредственных предметов потребления (питьевая вода, воздух, употребляемые в пищу растения и животные);
- средств труда, с помощью которых осуществляется общественное производство (земля, водные ресурсы и т.д.);
- предметов труда, из которых производятся все изделия (минералы, древесина);
- источников энергии (горючие ископаемые, энергия ветра, энергия воды и т.д.).

Существуют следующие классификации природных ресурсов [11]:

1) *по источникам и местоположению* выделяют атмосферные ресурсы, водные ресурсы, ресурсы литосферы, климатические ресурсы, флору и фауну планеты;

2) *по сфере использования* – производственные (сельскохозяйственные и промышленные) ресурсы, здравоохранительные (рекреационные), научные, эстетические и т.д.

3) *по принципу заменимости* – заменимые природные ресурсы, т.е. те, которые можно заменить другими (например, все полезные ископаемые, энергоресурсы), и незаменимые природные ресурсы, которые заменить нельзя (атмосферный воздух, вода, генетический фонд живых организмов);

4) *по принципу используемости человеком в настоящее время* – реальные природные ресурсы, которые используются в настоящее время человеком в производственной деятельности, и потенциальные природные ресурсы, которые в настоящее время человеком либо не используются вообще либо используются в недостаточной степени (энергия Солнца, морских приливов, энергия подземных вод и др.);

5) по принципу истощаемости и возобновимости. Этот вид классификации можно представить в виде схемы (рис. 9).



Рис. 9. Классификация природных ресурсов по принципу их истощаемости и возобновимости

Исчерпаемые природные ресурсы – ресурсы, количество которых ограничено. Исчерпаемые природные ресурсы подразделяют на возобновимые и невозобновимые.

Невозобновимые природные ресурсы не восстанавливаются абсолютно (каменный уголь, нефть, газ) или восстанавливаются значительно медленнее, чем идет их использование (торфяники, некоторые осадочные породы). Использование этих ресурсов неизбежно ведет к их истощению. Охрана невозобновимых природных ресурсов сводится к рациональному, экономному их использованию, борьбе с потерями при добычании, перевозке, обработке и применении, поиску заменителей.

Возобновимые природные ресурсы по мере их использования постоянно восстанавливаются (животные, растения, почва). Однако для сохранения их способности к восстановлению необходимы определенные условия, нарушение которых замедляет или даже прерывает процесс восстановления. Процессы восстановления протекают с разной скоростью для разных ресурсов: для восстановления численности животных требуется несколько лет, леса – 60 – 80 лет, почвы – несколько столетий. Охрана возобновимых природных ресурсов должна осуществляться путем их рационального использования и расширенного воспроизводства. Темпы расходования возобновимых природных ресурсов должны соответствовать темпам их восстановления.

Неисчерпаемые природные ресурсы – ресурсы, количество которых не ограничено, но не абсолютно, а относительно наших потребностей и сроков нашего существования. Однако если количество неисчерпаемых природных ресурсов относительно не ограничено, то их качество может ограничить возможность их использования человеком (например, общие запасы воды не ограничены, но ограничены запасы питьевой воды).

Также часто используют понятие природно-ресурсного потенциала. Природно-ресурсный потенциал – часть природных ресурсов, которая может быть вовлечена в хозяйственную деятельность при данных технических и социально-экономических возможностях общества с условием сохранения среды жизни человечества. В более узком экономическом понимании природно-ресурсный потенциал – это доступная при данных технологиях и социально-экономических отношениях совокупность природных ресурсов.

6.2. Экологические принципы рационального природопользования и охраны окружающей среды

Рациональное природопользование подразумевает возможность управления природными экосистемами и имеет следующие цели:

- предотвращение, снижение и ликвидация возможных вредных последствий хозяйственной деятельности человека;
- прогнозирование изменений природы под влиянием антропогенных факторов;
- изучение законов природы и ее компонентов в их взаимодействии;
- определение потенциальных возможностей природной среды;

- обеспечение и дальнейшее улучшение существования человеческого общества.

Охрана окружающей среды – это совокупность международных, государственных и локальных административных, технологических, плановых, управленческих, экономических, политических и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование, воспроизводство и сохранение природных ресурсов Земли и космического пространства.

Рациональное природопользование и охрана природы должны основываться на следующих принципах (правилах) [10]:

1. *Правило прогнозирования*: использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться на основе предвидения и максимально возможного предотвращения негативных последствий природопользования.

2. *Правило повышения интенсивности освоения природных ресурсов*: использование природных ресурсов должно производиться на основе повышения интенсивности их освоения, в частности с уменьшением или устранением потерь полезных ископаемых при их добыче, транспортировке, обогащении и переработке.

3. *Правило множественного значения объектов и явлений природы*: использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться с учетом интересов разных отраслей хозяйства.

4. *Правило комплексности*: использование природных ресурсов должно реализовываться комплексно, разными отраслями народного хозяйства. Например, река – место жизни рыб, водоплавающих птиц – это источник орошения земель, питьевой воды, накопитель биогенных веществ. Но река может быть использована и для строительства электростанций.

5. *Правило региональности*: использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться с учетом местных условий. Например, рубка леса возможна в районах, где леса много и он не освоен, и недопустима в густонаселенных районах, в верховьях рек.

6. *Правило косвенного использования и охраны*: использование или охрана одного объекта природы может приводить к косвенной охране другого, а может наносить ему вред. Например, охрана лося, приводящая к перенаселенности лесов данным видом, наносит ощутимый вред лесу.

7. *Правило единства использования и охраны природы*: охрана природы должна осуществляться в процессе ее использования. Охрана природы не должна быть самоцелью.

8. *Правило приоритета охраны природы над ее использованием*: при использовании природных ресурсов должен соблюдаться приоритет экологической безопасности над экономической выгодой.

В начале 1970-х гг. американский эколог Б. Коммонер сформулировал четыре положения, раскрывающие суть системы рационального природопользования [21]. Эти положения впоследствии стали называть законами социальной экологии. Соблюдение этих законов является обязательным условием любой деятельности человека в природе.

Первый закон: «Все связано со всем». Он отражает существование сложнейшей сети взаимосвязей в системе «общество – природа». Этот закон призван предостеречь человека от необдуманного воздействия на отдельные части экосистем (биосферы), что может привести к непредвиденным последствиям (например, осушение болот может привести к обмелению рек). По сути, этот закон является одной из формулировок принципа единства Вселенной. Любое воздействие человека на природу может вызвать развитие природных цепных реакций, приводящих к необратимым изменениям экосистемы. Например, к превращению озера в болото, леса – в полупустыню или пустыню. Человечество должно научиться предвидеть и учитывать весь комплекс отдаленных результатов вмешательства в ход естественных процессов, общая гармония которых складывалась тысячелетиями.

Второй закон: «Все должно куда-то деваться». Это неформальная перефразировка основного физического закона – фундаментального закона сохранения материи. Огромные количества веществ извлекаются из Земли, преобразуются в новые соединения и рассеиваются как отходы в окружающей среде. В результате они накапливаются там, где их не должно быть либо совсем, либо в таких больших количествах. Отходы от хозяйственной деятельности человека неизбежны, поэтому необходимо думать как об уменьшении их количества, так и о последующем их использовании. Любое загрязнение природы возвращается к человеку в виде «экологического бумеранга». Планета стала слишком тесной для человечества, она уже не справляется с силой антропогенного воздействия на нее.

Третий закон: «Природа знает лучше». Это, пожалуй, самое важное положение природопользования, которое означает, что сложившиеся в ходе эволюции и прошедшие жесткий естественный отбор организмы и их сообщества, а также сформировавшиеся между ними отношения – это оптимальные системы. Любое вмешательство в них человека скорее ухудшит их состояние, чем улучшит. Нельзя пытаться покорять природу, а нужно

сотрудничать с ней, используя биологические механизмы для очистки стоков и повышения урожая культурных растений. При этом нельзя забывать о том, что сам человек также является биологическим видом, частью природы, а не ее властелином. Этот закон призывает к тщательному изучению естественных био- и экосистем, сознательному отношению к преобразующей деятельности. Без точного знания последствий преобразований природы недопустимы никакие ее «улучшения». Пока мы не имеем абсолютно достоверной информации о механизмах и взаимосвязях в природе. Поэтому при проведении любых преобразований природы всегда недостаточно информации для априорного суждения о всех возможных результатах действий человека, особенно в далекой перспективе, когда разовьются природные цепные реакции.

Четвертый закон: «Ничто не дается даром». Это всеобщий закон рационального природопользования, он объединяет в себе три предыдущих закона. Глобальная экосистема – это единое целое, в рамках которого ничто не может быть выиграно или потеряно; данная экосистема не может являться объектом всеобщего улучшения. Все, что было извлечено из нее человеческим трудом, должно быть возмещено.

В законах Б. Коммонера обращается внимание на всеобщую связь процессов и явлений в природе; любая природная система может развиваться только за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды.

6.3. Основные направления инженерной защиты окружающей среды

Несмотря на принимаемые меры (экономические, юридические, управленческие) по исправлению негативной экологической ситуации, биосферные противоречия усиливаются. В связи с этим можно выделить три взаимосвязанных уровня их технологического преодоления.

На первом уровне совершенствуются традиционные методы решения экологических проблем, т.е. создаются более эффективные очистные сооружения, фильтры и т.д. Это традиционный путь преодоления биосферных противоречий.

На втором уровне реализуются представления об относительно замкнутых технологических процессах. На этом уровне предполагается расширение утилизации элементов производственного цикла.

На третьем уровне осуществляется идея сравнительно безотходных технологических процессов: отходы одного цикла служат сырьем для другого производственного процесса.

С созданием безотходных (биосферосовместимых) технологий связывается эффективное преодоление биосферных противоречий.

Однако достижение полной безотходности нереально, поскольку противоречит второму закону термодинамики. Создать абсолютно замкнутый круговорот теоретически возможно, но все равно будут потери энергии в виде тепла. Поэтому термин «безотходная технология» условен, и правильнее использовать термин «малоотходная технология».

Природные круговороты веществ являются практически замкнутыми. В естественных экосистемах вещество и энергия расходуются экономно, и отходы одних организмов служат важным условием существования других. Антропогенный круговорот веществ разомкнут, сопровождается большим расходом природных ресурсов и большим количеством отходов, вызывающих загрязнение окружающей среды. Создание даже самых совершенных очистных сооружений не решает проблему, так как это борьба со следствием, а не с причиной. Вот почему основной задачей является разработка технологий, позволяющих сделать антропогенный круговорот как можно более замкнутым, – *безотходных или малоотходных технологий*.

Малоотходная технология – такой способ производства, который обеспечивает максимально эффективное использование сырья и энергии с минимумом отходов и потерь энергии.

Важным условием малоотходной технологии является *рециркуляция* – повторное использование материальных ресурсов, позволяющее сэкономить сырье и энергию и уменьшить образование отходов.

В комплекс мероприятий по сокращению количества токсичных отходов и уменьшению их воздействия на окружающую природную среду входят:

- разработка систем переработки отходов производства во вторичные материальные ресурсы;
- разработка бессточных технологических систем и водооборотных циклов на основе очистки сточных вод;
- создание и выпуск новых видов продукции с учетом требований повторного ее использования;
- создание принципиально новых производственных процессов, позволяющих исключить или сократить технологические стадии, на которых происходит образование отходов.

Весьма перспективным в области охраны окружающей среды является использование биотехнологии. *Биотехнология* – это методы и приемы получения полезных для человека продуктов, явлений и эффектов с помощью живых организмов (микроорганизмов). Достижения биотехнологии позволяют решать следующие задачи [1]:

- биологическая очистка природных и сточных вод от органических и неорганических загрязняющих веществ;
- утилизация твердой фазы сточных вод и твердых бытовых отходов путем их сбраживания;
- микробное восстановление почв, загрязненных в первую очередь органическими веществами;
- использование микроорганизмов для нейтрализации тяжелых металлов в осадках сточных вод и загрязненных почвах;
- компостирование (биологическое окисление) отходов растительности;
- создание биологически активного сорбирующего материала для очистки загрязненного воздуха.

В решении общей проблемы защиты биосферы от антропогенного воздействия большое значение имеет решение основных научно-технических проблем:

1. Очистка сточных вод от вредных примесей с использованием методов электролиза, дистилляции, мембранной и ионно-обменной технологии.
2. Создание химических и физико-химических методов захоронения в изолированные глубинные пласты земли высокотоксичных отходов. Создание соответствующего аппаратного герметического обеспечения.
3. Использование научных методов переработки твердых и жидких отходов и их утилизации.
4. Разработка высокоэффективных методов для улавливания токсичных газов.
5. Дальнейшее освоение новейших источников энергии – ветра, солнца, геотермального тепла и включение их в «большую энергетику».
6. Создание научных основ системы технико-экономических показателей, не допускающих в производство процессов, наносящих ущерб окружающей среде.

Охрану окружающей среды от техногенного воздействия можно представить как охрану абиотических и биотических компонентов биосферы: земли, воздуха, воды, растительного и животного мира [6 – 14, 18].

6.3.1. Охрана земли

Почва – важнейший природный ресурс. Основными мероприятиями по охране почв являются:

1. Защита почв от эрозии: агротехнические мероприятия, снегозадержание, лесомелиорация, гидротехнические сооружения, создание ветроустойчивого поверхностного слоя.
2. Охрана почв от засоления и заболачивания: дренаж территории, создание лесополос по каналам, гипсование, трехъярусная вспашка.
3. Защита почв от загрязнения: установка очистных сооружений, разумное использование химикатов при обработке почв.
4. Закрепление и освоение почв.
5. Рекультивация земель – процесс восстановления разрушенных земель.

6.3.2. Охрана воздушной среды

Основные источники загрязнения воздушной среды – промышленность и автотранспорт. Решение проблемы получения чистого воздуха – в создании очистных сооружений и переход к технологиям, менее чувствительным для окружающей среды (например, замена традиционного топлива в автомобилях на другое, менее токсичное).

К мероприятиям, направленным на предотвращение и предупреждение загрязнения воздуха, относятся совершенствование существующих и внедрение новых технологий, улучшение состава топлива, рациональное размещение источников вредных выбросов.

6.3.3. Охрана водных ресурсов

Основной задачей охраны водных ресурсов является защита вод морей, океанов, рек, озер от загрязнения.

Для предотвращения загрязнения водоемов идеальным способом является переход к замкнутым циклам производства, которые основаны на следующих принципах:

- создание на предприятиях единой системы водного хозяйства;
- водоотведение и очистка сточных вод перед их повторным использованием;
- водообеспечение, в основном за счет очищенных производственных городских сточных вод;
- утилизация извлеченных из сточных вод ценных компонентов.

Экономия воды может быть достигнута сокращением водяного охлаждения за счет других способов охлаждения (например, воздушного).

6.3.4. Охрана растительного и животного мира

Растения – это источник жизни на Земле. Поэтому охрана растений является одной из основных задач рационального природопользования. Охрана растений осуществляется в следующих направлениях:

1. Борьба с лесными пожарами (создание противопожарных барьеров, посадка лиственных опушек).
2. Борьба с вредителями и болезнями леса.
3. Защитное лесоразведение.
4. Охрана природных сенокосов и пастбищ.
5. Охрана редких видов растений.

Охрана животных тесно связана с охраной растительности, почв, водной и воздушной среды. Вымирание видов животных связано с загрязнением среды, прямым их истреблением, изменением ландшафта и т.д.

Для охраны животных создаются заповедники, питомники для разведения исчезающих видов, устанавливаются нормы отлова и отстрела. Каждый спасенный от гибели вид – это сохраненный природный ресурс. Каждый погибший вид – безвозвратно утерянные возможности сохранения биологического разнообразия на Земле.

Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и животных принято относить к *особо охраняемым объектам*, сведения о них заносятся в Красные книги. *Красная книга* – официальный документ, в который вносятся данные о состоянии и распространении редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных с целью введения режима их особой охраны и воспроизводства.

Существуют международный, национальные и региональные (локальные) варианты Красной книги, которые ведутся раздельно для растений и животных. Идея создания международной Красной книги принадлежит Международному союзу охраны природы и природных ресурсов, который в 1966 г. издал «Красную книгу фактов». В СССР Красная книга была учреждена в 1974 г. Сегодня в Красную книгу России занесено 562 вида растений и 247 видов животных.

К одной из наиболее эффективных форм охраны биотических сообществ, а также всех природных экосистем следует отнести государственную систему особо охраняемых природных территорий [17].

Особо охраняемые природные территории – это участки суши или водной поверхности, которые в силу своего природоохранного или иного значения полностью или частично изъяты из хозяйственного пользования и для которых установлен режим особой охраны.

Различают следующие основные категории указанных территорий.

Государственные природные заповедники – участки территории, полностью изъятые из хозяйственного использования с целью сохранения в естественном состоянии природного комплекса. Они полностью финансируются из средств федерального бюджета и решают следующие задачи: сохранение биологического разнообразия; организация и проведение научных исследований; экологический мониторинг; экологическое просвещение; участие в государственной экологической экспертизе проектов и подготовке научных кадров в области охраны окружающей среды. В России к 2000 г. существовало 99 заповедников. Самые крупные из них – Таймырский и Усть-Ленский, площадь каждого из них превышает 1,5 млн га.

Государственный природный **биосферный заповедник** – ландшафтная единица, выделенная в соответствии с программой ЮНЕСКО «Человек и биосфера» с целью ее сохранения и исследования. Заповедники, имеющие статус биосферных, входят в международную систему биосферных резерватов, осуществляющих глобальный экологический мониторинг. Они создаются на территориях, совершенно не затронутых хозяйственной деятельностью или мало измененных деятельностью человека. Важно, что для создания биосферных заповедников выбираются не уникальные, а типичные ландшафты. Территория биосферного заповедника практически не должна испытывать воздействий от окружающих ее территорий, освоенных человеком. В России 21 природный заповедник имеет статус биосферного заповедника.

Государственные природные заказники – это участки, в пределах которых запрещены отдельные виды хозяйственной деятельности с целью охраны одного или нескольких видов живых организмов, биогеоценозов, экологических компонентов или общего характера охраняемой местности. Запрет на хозяйствование может устанавливаться на определенный срок или быть бессрочным.

Национальные парки – это значительные по площади территории, включающие особо охраняемые природные ландшафты, которые, помимо главной задачи – сохранения природных комплексов – предназначены преимущественно для рекреационных целей (для отдыха). Общее количество национальных парков в мире превышает 2000, в России к 2000 г. их было 34.

Природные парки – территории, отличающиеся особой экологической и эстетической ценностью, с относительно мягким охранным режимом и используемые преимущественно для организованного отдыха населения.

Памятники природы – уникальные, невозпроизводимые природные объекты, имеющие научную, экологическую, культурную и эстетическую ценность (например, скалы, водопады, вековые деревья, пещеры и др.).

Дендрологические парки и ботанические сады – коллекции деревьев и кустарников, созданные человеком с целью сохранения биоразнообразия и обогащения растительного мира, а также в научных, учебных и культурно-просветительских целях. В дендрологических парках и ботанических садах осуществляются также работы по интродукции и акклиматизации новых для данного региона растений.

6.4. Законодательно-правовой механизм природопользования

Для защиты среды обитания живых организмов, в том числе и человека, в каждой стране разрабатывается природоохранное законодательство – раздел международного права и правовой охраны природы внутри государства, определяющий юридические основы сохранения природных ресурсов и среды жизни. Необходимость такого подхода декларировалась Организацией Объединенных Наций (ООН). В Декларации конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.) сформулированы два основных принципа правового подхода к охране природы:

«...Принцип 11. Государствам следует ввести эффективное законодательство в области охраны окружающей среды. Нормы, связанные с охраной окружающей среды, выдвигаемые задачи и приоритеты должны отражать ситуацию в области охраны окружающей среды и развития, в которой они будут реализовываться.

...Принцип 13. Государство должно разработать национальное законодательство, касающееся ответственности и компенсаций тем, кто пострадал от загрязнения окружающей среды или другого экологического ущерба...» [8, с. 305].

Таким образом, из этих принципов следует необходимость в жестком, разумном природоохранном законодательстве.

В России начало природоохранному праву положили указы Петра I по охране лесов, животного мира и др. Это была одна из первых попыток

комплексного подхода к защите окружающей среды. Такая же попытка была сделана после Октябрьской революции, когда были изданы декреты «О земле» (1917), «О лесах» (1918), «О недрах земли» (1920) и кодексы – Земельный кодекс (1922) и Лесной кодекс (1923). Однако в этих декретах возобладал принцип первичности «производственной необходимости» над состоянием окружающей среды, что не могло не сказаться на взаимоотношениях человека и природы.

Устранение нарушений экологических требований в процессе хозяйствования не является достаточным для сохранения природных ресурсов и среды. Необходимо еще решить задачу повышения экологической грамотности на базе знания естественнонаучных законов и нормативных экологических актов.

Экологическое право – это совокупность эколого-правовых норм, регулирующих общественные отношения в сфере взаимодействия общества и природы с целью сохранения, рационального использования и оздоровления окружающей природной среды, а также предупреждения вредных последствий хозяйственной деятельности. Соблюдение экологических норм обеспечивается государством в принудительном порядке.

Источниками экологического права, образующими экологическое законодательство Российской Федерации, являются следующие правовые документы:

- 1) Конституция РФ;
- 2) законы и иные нормативные акты РФ и субъектов РФ в области природопользования и охраны окружающей среды;
- 3) указы и распоряжения Президента РФ и постановления Правительства РФ;
- 4) нормативные акты министерств и ведомств;
- 5) нормативные решения органов местного самоуправления.

1. В *Конституции Российской Федерации* (1993) декларируется право человека на благоприятную окружающую среду, природные ресурсы, на возмещение вреда, причиненного его здоровью, на участие в экологических организациях и движениях, на получение информации о состоянии окружающей среды и мерах по ее охране. Кроме того, Конституция РФ устанавливает обязанности граждан соблюдать требования природоохранного законодательства, принимать участие в охране окружающей природной среды, повышать уровень знаний о природе и экологическую культуру. Конституция РФ также определяет организационные и контрольные функции высших и

местных органов власти по рациональному использованию и охране природных ресурсов.

2. *Законы и иные нормативные акты РФ и субъектов РФ в области природопользования и охраны окружающей среды.* Законодательно-правовой механизм основан на экологическом законодательстве РФ – природоохранном и природоресурсном.

Задачей природоохранного законодательства является регулирование отношений в системе «общество – природа» с целью сохранения природных богатств и естественной среды обитания человека, предотвращения экологически вредного воздействия хозяйственной и иной деятельности, оздоровления и улучшения качества окружающей природной среды, укрепления законности и правопорядка в интересах настоящего и будущих поколений людей.

Природоохранное законодательство включает следующие законы [11].

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» (2002), который лежит в основе природоохранного законодательства РФ. Закон включает 16 глав: «Общие положения», «Основы управления в области охраны окружающей среды»; «Права и обязанности граждан и общественных организаций»; «Экономическое регулирование»; «Нормирование»; «Оценка воздействий на окружающую среду и экологическая экспертиза»; «Требования в области охраны окружающей среды при осуществлении хозяйственной и иной деятельности»; «Зоны экологического бедствия, зоны чрезвычайных ситуаций»; «Природные объекты, находящиеся под особой охраной»; «Государственный мониторинг окружающей среды»; «Контроль в области охраны окружающей среды»; «Научные исследования»; «Основы формирования экологической культуры»; «Ответственность за нарушения законодательства»; «Международное сотрудничество»; «Заключительные положения».

Федеральный закон «Об экологической экспертизе» (1995). Он регулирует отношения в области экологической экспертизы и направлен на реализацию конституционного права граждан РФ на благоприятную окружающую среду посредством предупреждения негативных воздействий хозяйственной и иной деятельности на окружающую природную среду.

Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» (1995). Этот закон регулирует отношения в области организации, охраны и использования особо охраняемых природных территорий в целях сохранения уникальных природных комплексов и объектов, объектов растительного и

животного мира, их генетического фонда, изучения естественных процессов в биосфере и контроля за изменением ее состояния.

Закон «Об охране атмосферного воздуха» (1999). Он устанавливает правовые основы охраны атмосферного воздуха. Важнейшими мероприятиями охраны воздушного бассейна являются определение нормативов предельно допустимых концентраций и предельно допустимых выбросов вредных веществ, а также установление платы за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ.

Закон «О радиационной безопасности населения» (1995), который определяет правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья; провозглашает принцип приоритета здоровья человека и окружающей природной среды при практическом использовании и эксплуатации объектов ионизирующих излучений. В случае радиационной аварии закон гарантирует возмещение ущерба здоровью и имуществу граждан.

Закон «Об отходах производства и потребления» (1998). Данный закон определяет правовые основы обращения с отходами производства и потребления в целях предотвращения их вредного воздействия на здоровье человека и окружающую природную среду, а также вовлечения таких отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья.

Основы законодательства РФ об охране здоровья (1993), которые регулируют отношения граждан, органов государственной власти и управления, хозяйствующих субъектов, субъектов государственной, муниципальной и частной систем здравоохранения в области охраны здоровья граждан.

К природоресурсному законодательству относятся следующие законодательные акты.

Закон РФ «О недрах» (1992). Он регулирует правовые отношения при изучении, использовании и охране недр. Закон направлен в первую очередь на рациональное использование недр и их защиту от загрязнения.

Земельный кодекс РФ (2001), который регламентирует охрану земель и защиту окружающей природной среды от возможного вредного воздействия при использовании земли. Основными правовыми функциями охраны земель являются сохранение и повышение плодородия почв, сохранение фонда сельскохозяйственных земель. Экологическими нарушениями считаются порча, загрязнение, засорение и истощение земель.

Водный кодекс РФ (1995). Он регулирует правовые отношения в области использования и охраны водных объектов. Закон направлен на охрану вод от загрязнения, засорения и истощения.

Лесной кодекс (1997), который устанавливает правовые основы рационального природопользования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, повышения их экологического и ресурсного потенциала.

Закон РФ «О животном мире» (1995). Данный закон регулирует отношения в области охраны и использования животного мира, а также в сфере сохранения и восстановления среды его обитания в целях обеспечения биологического разнообразия, создания условий для устойчивого существования животного мира, сохранения генетического фонда диких животных и иной защиты животного мира как неотъемлемого элемента природной среды.

3. *Указы и распоряжения Президента РФ и постановления Правительства РФ* затрагивают широкий круг экологических вопросов. Например, Указ о федеральных природных ресурсах (1993) или Указ о концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию (1996).

4. *Нормативные акты природоохранных министерств и ведомств* издаются по вопросам рационального природопользования и охраны окружающей природной среды в виде постановлений, инструкций, приказов и т.д. Они являются обязательными для исполнения другими министерствами и ведомствами, физическими и юридическими лицами.

5. *Нормативные решения органов местного самоуправления* дополняют и конкретизируют действующие нормативно-правовые акты в области охраны окружающей природной среды.

Государственные органы управления и контроля в области охраны окружающей среды подразделяются на две категории: органы общей и органы специальной компетенции.

К *государственным органам общей компетенции* относятся Президент РФ, Федеральное собрание РФ, Государственная дума РФ, Правительство РФ, представительные и исполнительные органы власти субъектов Федерации, муниципальные органы. Эти органы определяют основные направления природоохранной политики, утверждают экологические программы, обеспечивают экологическую безопасность, устанавливают правовые основы и нормы в пределах своей компетенции и т.д. Наряду с охраной окружающей природной среды государственные органы этой категории ведают и другими экологическими вопросами, входящими в круг их полномочий.

Государственные органы категории специальной компетенции подразделяются на комплексные, отраслевые и функциональные. *Комплексные органы* выполняют все природоохранные задачи или какой-либо их блок. К ним относятся:

Государственный комитет по охране окружающей среды (Госкомэкологии России) – центральный орган федеральной исполнительной власти в области охраны окружающей среды. Он имеет соответствующие подразделения в республиках, краях, областях, во многих городах и районах.

Комитет направляет и координирует всю природоохранную деятельность в стране, осуществляет контрольно-инспекционную, информационную и воспитательную функции, руководит заповедным фондом, развивает международное экологическое сотрудничество. Важнейшими функциями республиканских, областных, городских и других комитетов по охране окружающей среды являются:

- проведение государственной экологической экспертизы;
- выдача разрешений на выбросы и сбросы вредных веществ;
- выдача разрешений на захоронение токсичных отходов;
- определение нормативов, лимитов и условий природопользования;
- координация деятельности экологических служб, предприятий, учреждений, организаций независимо от форм собственности и подчиненности.

Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Осуществляет экологический контроль за состоянием окружающей природной среды, прежде всего атмосферного воздуха и поверхностных вод. С этой целью Росгидромет организует широкую сеть наблюдательных пунктов, постов, станций.

Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России). Обеспечивает безопасность людей в условиях экстремальных ситуаций, стихийных бедствий, производственных аварий и катастроф.

Департамент Госсанэпиднадзора Минздрава РФ (Санэпиднадзор РФ). Является координатором деятельности всех ведомств и организаций в области санитарной охраны через систему территориальных органов (санэпидстанций и инспекций).

Отраслевые органы – Роскомзем, Рослесхоз, Госкомрыболовство, Минсельхоз России выполняют функции управления и надзора в области охраны и использования отдельных видов природных ресурсов.

Функциональные органы выполняют одну или несколько родственных функций в отношении природных объектов: Минатом России (обеспечение ядерной и радиационной безопасности), Госгортехнадзор России (контроль за использованием недр), Минздрав России (санитарно-эпидемиологический контроль), МВД России (охрана атмосферного воздуха от загрязнения транспортными средствами, санитарно-экологическая служба муниципальной милиции).

6.5. Нормирование качества окружающей среды

Под *качеством окружающей природной среды* понимают степень соответствия ее характеристик потребностям человека. Нормирование качества окружающей среды (экологическое нормирование) означает установление нормативов (показателей) предельно допустимых воздействий человека на окружающую природную среду. Нормативы подразделяются на три группы [30, 32].

1. Санитарно-гигиенические нормативы:

- предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ;
- предельно допустимый уровень (ПДУ) вредных физических воздействий (радиации, шума, вибрации, магнитных полей и т.д.).

2. Производственно-хозяйственные нормативы:

- предельно допустимый выброс (ПДВ) вредных веществ;
- предельно допустимый сброс (ПДС) вредных веществ.

3. *Комплексные нормативы* – нормативы предельно допустимой нагрузки (ПДН) на окружающую среду.

ПДК – максимальная концентрация вещества в окружающей среде (воздухе, воде, почве, продуктах питания), которая при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. ПДК рассчитывают на единицу объема для воздуха ($\text{мг}/\text{м}^3$) и воды ($\text{мг}/\text{л}$), на единицу массы ($\text{мг}/\text{кг}$) для почвы и пищевых продуктов.

При содержании в окружающей среде нескольких загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия (синергизмом), учитывают их совместное воздействие (например, диоксидов серы и азота в воздухе). Сумма их концентраций (C) не должна превышать при расчете единицы:

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n < 1.$$

При нормировании качества атмосферного воздуха используют такие показатели, как ПДК вредных веществ в рабочей зоне (ПДК_{р.з.}), ПДК максимально разовую (ПДК_{м.р.}) и среднесуточную (ПДК_{с.с.}).

ПДК_{р.з.} – это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (пространстве высотой до 2 м над уровнем пола или площадки), которая при ежедневной работе (не более 41 ч в неделю) на протяжении всего рабочего стажа не вызывает заболевания или отклонения в состоянии здоровья человека в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

ПДК_{м.р.} – это максимальная концентрация вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании в течение 20 мин рефлекторных реакций в организме человека (ощущения запаха, изменения световой чувствительности глаз и т.д.).

ПДК_{с.с.} – это максимальная концентрация вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании.

В зависимости от продолжительности действия загрязнителя ПДК могут быть разными: при кратковременном воздействии – более высокие концентрации (ПДК_{м.р.}), при длительном – более низкие (ПДК_{с.с.}). Ниже, в табл. 1, приведены значения ПДК_{м.р.} и ПДК_{с.с.} некоторых веществ-загрязнителей.

Как правило, ПДК_{р.з.} > ПДК_{м.р.} > ПДК_{с.с.}

Таблица 1

Значения ПДК_{м.р.} и ПДК_{с.с.} загрязняющих веществ

Вещество	ПДК _{м.р.} , мг/м ³	ПДК _{с.с.} , мг/м ³
NO ₂	0,085	0,04
CO	3,0	1,0
SO ₂	0,5	0,05

При нормировании качества воды определяют органолептические показатели (запах, привкус, окраску и т.д.), санитарно-токсикологические показатели, отражающие воздействие химических веществ на здоровье человека и животных, а также общесанитарные показатели, характеризующие влияние химических веществ на скорость протекания процессов самоочищения.

Из этих трех показателей в качестве ПДК берется тот, у которого наименьшая концентрация. Например, для бензина – ПДК по

органолептическому показателю, свинца – по санитарно-токсикологическому, аммиака – по общесанитарному.

ПДУ – это максимальный уровень воздействия радиации, шума, вибрации, электромагнитных полей и других физических воздействий, который не представляет опасности для здоровья человека, состояния животных, растений и их генофонда.

ПДВ и *ПДС* – это максимальное количество загрязняющих веществ, которое в единицу времени разрешается данному конкретному предприятию выбрасывать в атмосферу (*ПДВ*) или сбрасывать в водоемы (*ПДС*), не вызывая при этом превышения в них *ПДК* вредных веществ и неблагоприятных экологических последствий.

ПДН – это максимальная интенсивность антропогенного воздействия на окружающую среду, не приводящая к нарушению устойчивости экосистем.

6.6. Экологический контроль и экологическая экспертиза

Экологический контроль представляет собой административно-управленческую деятельность по обеспечению исполнения экологических требований законодательства.

В систему экологического контроля входят государственный, производственный и общественный контроль, а также государственный мониторинг окружающей природной среды. Контролирующие органы имеют право вмешиваться в работу предприятий любого ведомства и любой формы собственности. Они наделены правом приостанавливать вредоносную хозяйственную деятельность; налагать штрафы за нарушение природоохранного законодательства; предъявлять их о возмещении вреда, причиненного природной среде; выдавать разрешения на природопользование; устанавливать нормативы выбросов и сбросов вредных веществ; назначать государственную экологическую экспертизу.

Государственный экологический контроль осуществляют органы представительной и исполнительной власти всех уровней, а также специально уполномоченные органы Российской Федерации в области охраны окружающей среды. Государственный экологический контроль обеспечивает надзор за состоянием, охраной и рациональным использованием всех компонентов природной среды: атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, растительного и животного мира, недр и т.д.

Производственный экологический контроль осуществляется экологической службой каждого предприятия. Он обеспечивает проверку и выполнение планов и мероприятий по охране и оздоровлению окружающей среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, соблюдение нормативов качества окружающей природной среды.

Общественный экологический контроль осуществляется профсоюзными и другими общественными организациями, а также отдельными гражданами. Он неразрывно связан с общественным экологическим движением.

Одним из основных документов, используемых в целях государственного экологического контроля, является *экологический паспорт предприятия*. Это нормативно-технический документ, включающий совокупность систематизированных данных по использованию природных ресурсов, готовой продукции и воздействию предприятия на окружающую среду. При отсутствии экологического паспорта предприятие лишается права на природопользование и хозяйственную деятельность либо подвергается крупному штрафу.

В систему общего экологического контроля входит государственная служба экологического мониторинга. Под *мониторингом* понимают систему наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей среды. Основной принцип мониторинга – непрерывное слежение. Главная цель мониторинга – наблюдение за состоянием окружающей природной среды и уровнем ее загрязнения. Также важно оценить последствия антропогенного воздействия на биоту, экосистемы и здоровье человека и эффективность природоохранных мероприятий. Но мониторинг – не только слежение и оценка фактов, это и экспериментальное моделирование, прогноз и рекомендации по управлению состоянием окружающей природной среды.

Различают три степени мониторинга:

- 1) локальный (биоэкологический, санитарно-гигиенический);
- 2) региональный (геосистемный, природно-хозяйственный);
- 3) глобальный (биосферный, фоновый) (табл. 2).

В зависимости от степени выраженности антропогенного воздействия различают мониторинг фоновый и импактный. *Фоновый* мониторинг – слежение за природными явлениями и процессами, протекающими в естественной обстановке, без антропогенного влияния. Осуществляется он на базе биосферных заповедников. *Импактный* мониторинг – слежение за антропогенными воздействиями в особо опасных зонах.

Особую роль в системе экологического мониторинга играет биологический мониторинг, т.е. мониторинг биотической составляющей экосистем (биоты).

Биологический мониторинг – это контроль состояния окружающей природной среды с помощью живых организмов. Главный метод биологического контроля – *биоиндикация*, которая заключается в регистрации любых изменений в биоте, вызванных антропогенными факторами.

Биоиндикаторы – это такие организмы и сообщества, которые реагируют (в широком смысле этого слова) на внешние воздействия изменением обмена веществ, численности и других физиологических и экологических показателей или аккумулируют повреждающие вещества. Жизненные функции подобных организмов настолько тесно скоррелированы с факторами внешней среды, что могут быть использованы как индикаторы ее состояния. Такими биоиндикаторами являются, например, голубая ель, рачки-дафнии, лишайники и др.

Таблица 2

Система наземного мониторинга окружающей среды

Вид мониторинга	Объекты	Показатели
Локальный	Приземный слой воздуха, поверхностные и грунтовые воды, промышленные и бытовые стоки, радиационные излучения	ПДК токсичных веществ, физические и биологические раздражители, предельная степень радиоизлучения
Региональный	Исчезающие виды животных и растений, природные экосистемы, агроэкосистемы, лесные экосистемы	Популяционное состояние видов, их структура и нарушение, урожайность сельскохозяйственных культур, продуктивность насаждений
Глобальный	Атмосфера, гидросфера, растительные и почвенные покровы, животное население	Радиационный баланс, тепловой перегрев, запыление Загрязнение рек и водоемов, круговорот воды на континентах Глобальные характеристики состояния почв, растительного покрова и животных Глобальные круговорот и баланс CO ₂ – O ₂ и других веществ

Важной функцией экологического контроля является *экологическая экспертиза* – оценка уровня возможных негативных воздействий намечаемой и иной деятельности на окружающую природную среду, природные ресурсы и здоровье людей, т.е. оценка хозяйственных и иных проектов на предмет их соответствия требованиям экологической безопасности и системе рационального природопользования [33].

Объектами экологической экспертизы являются:

- проекты и технико-экономические обоснования строительства и эксплуатации хозяйственных сооружений, а также действующие предприятия;
- нормативно-техническая документация на создание новой техники, технологий, материалов, а также на работающее оборудование;
- проекты нормативных актов и действующее законодательство.

Основой экспертизы является ее независимый характер, она должна осуществляться специалистами при активном участии лиц или граждан, не имеющих никакого соприкосновения с организациями-проектантами, заказчиками и исполнителями.

В соответствии с Федеральным законом «Об экологической экспертизе» в РФ осуществляются государственная экологическая экспертиза и общественная экологическая экспертиза.

Государственная экологическая экспертиза проводится на федеральном уровне и на уровне субъектов Российской Федерации. На федеральном уровне государственную экологическую экспертизу проводит Министерство природных ресурсов РФ, на уровне субъектов РФ – министерства природных ресурсов субъектов РФ (областей и краев) и их подразделения – комитеты по охране окружающей среды (областные и краевые).

Государственная экологическая экспертиза проводится экспертной комиссией. В ее состав входят руководитель, ответственный секретарь и эксперты. Результатом работы комиссии является заключение государственной экологической экспертизы, которое обязательно для исполнения.

Общественная экологическая экспертиза может проводиться независимо от государственной экологической экспертизы. Экспертизе могут подвергаться те же объекты, за исключением объектов, сведения о которых составляют государственную, коммерческую и (или) иную охраняемую законом тайну. Инициировать организацию и проведение общественной экологической экспертизы могут граждане, общественные организации (объединения) и органы местного самоуправления. Проводить общественную экспертизу могут общественные организации, в уставе которых оговорен

данный вид деятельности. Заключение общественной экологической экспертизы, в отличие от государственной, носит рекомендательный характер.

Финансирование государственной экологической экспертизы осуществляется за счет средств заказчика, а общественной экологической экспертизы – за счет средств общественных организаций, общественных экологических и других фондов, целевых добровольных денежных взносов граждан и организаций, органов местного самоуправления. Расходы на экологическую экспертизу могут составлять в среднем 1 % от общей стоимости предполагаемого проекта. Но эти затраты необходимы, поскольку они в несколько раз меньше тех, которые могут понадобиться на ликвидацию экономического, экологического и социального ущерба в результате ошибочных решений.

6.7. Экономический механизм природопользования и охраны окружающей среды

Согласно Федеральному закону Российской Федерации «Об охране окружающей среды» *основными задачами экономического механизма* являются [6, 7]:

- 1) планирование и финансирование природоохранных мероприятий;
- 2) установление лимитов использования природных ресурсов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, порядка размещения отходов;
- 3) установление нормативов платы и размеров платежей за использование природных ресурсов, осуществление выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, размещение отходов и другие виды вредного воздействия;
- 4) установление системы налоговых, кредитных и иных льгот при внедрении малоотходных и ресурсосберегающих технологий, а также при использовании нетрадиционных видов энергии и других эффективных мер по охране окружающей природной среды;
- 5) возмещение в установленном порядке вреда, причиненного окружающей природной среде и здоровью человека.

Экономический механизм природопользования и охраны окружающей среды включает ряд следующих экономических методов, способствующих сохранению и рациональному использованию окружающей природной среды.

Учет и социально-экономическая оценка природных ресурсов государственными органами статистики и природопользования. На них возложена обязанность ведения кадастров. *Кадастр* – систематизированный свод сведений, количественно и качественно характеризующих определенный вид природных ресурсов. Различают земельный, водный, лесной кадастры, кадастры недр, животного мира и др.

Платность природопользования – плата за использование практически всех природных ресурсов, за загрязнение окружающей среды, размещение в ней отходов производства и за другие виды воздействия.

Плата за природные ресурсы включает: плату за право пользования ресурсами; выплаты за сверхлимитное и нерациональное использование природных ресурсов; выплаты за восстановительное природопользование и поддержание возобновимых ресурсов в устойчивом продуктивном состоянии.

Форма платежей за природные ресурсы в зависимости от их вида и назначения может быть разной. Например, за пользование лесными ресурсами плату взимают в виде лесных податей (налогов) и арендной платы, за пользование водными объектами – в виде регулярных платежей в течение срока водопользования, за пользование землей – в виде земельного налога и арендной платы. Поступающие платежи перечисляют в местный бюджет, в фонды воспроизводства и охраны природных ресурсов. Плата за использование природных ресурсов не освобождает природопользователя от выполнения мероприятий по охране окружающей среды и возмещения ущерба.

Лимиты на природопользование – плата за сверхлимитное использование природных ресурсов и загрязнение окружающей природной среды, которая в несколько раз превышает плату за использование и загрязнение в пределах установленных нормативов (лимитов).

Лимиты на природопользование устанавливаются для предприятий-природопользователей специально уполномоченными на то государственными органами РФ в области охраны окружающей природной среды с учетом экологической обстановки в определенном регионе.

Финансирование природоохранных мероприятий – предоставление денежных средств на природоохранные мероприятия. Источниками финансирования могут являться собственные средства предприятий (в основном прибыль), бюджетные средства, банковские кредиты, экологические фонды и др. В России создана *Единая система внебюджетных государственных экологических фондов* с целью восстановления потерь в окружающей природной среде, компенсации причиненного вреда и решения

других природоохранных задач. В эту систему входят Федеральный экологический фонд, республиканские, краевые, областные и местные фонды. Средства на счета фондов поступают от предприятий (платежи за природопользование), организаций, учреждений, а также от иностранных юридических лиц и граждан. Потом эти средства выдаются на проведение самых неотложных и дорогостоящих природоохранных мероприятий.

Экологическое страхование – создание за счет денежных средств предприятий, организаций, граждан специальных резервных фондов – *страховых фондов*, предназначенных для возмещения ущерба, вызванного неблагоприятными событиями, экологическими и стихийными бедствиями, авариями и катастрофами. По сути, это страхование ответственности потенциальных виновников аварийного, непреднамеренного загрязнения среды и страхование собственных убытков, возникающих у виновников такого загрязнения. Цель экологического страхования – наиболее полная компенсация нанесенного экологического вреда. Страховое возмещение включает компенсацию ущерба, расходы по очистке загрязненной территории и приведение ее в пригодное для дальнейшего использования состояние, расходы по спасению имущества лиц, которым причинен вред.

Материальное стимулирование природоохранной деятельности – обеспечение выгоды для природопользователей природоохранной деятельности. Материальное стимулирование предполагает применение мер не только поощрения, но и наказания.

Меры материального поощрения:

- установление налоговых льгот для предприятий, выпускающих природоохранные материалы, препараты и оборудование (сумма прибыли, с которой взимается налог, уменьшается на величину, полностью или частично соответствующую природоохранным затратам);
- освобождение от налогообложения экологических фондов и природоохранного имущества;
- применение поощрительных цен и надбавок на экологически чистую продукцию;
- применение льготного кредитования предприятий, эффективно осуществляющих охрану окружающей среды (снижение процента за кредит или беспроцентное кредитование);
- дополнительное финансирование и льготное кредитование перспективных экологических программ и проектов, внедрения малоотходных технологий.

Меры материального наказания:

- введение специального добавочного налогообложения экологически вредной продукции и продукции, выпускаемой с применением экологически опасных технологий;
- штрафы за экологические правонарушения.

Задача нового экономического механизма – сделать охрану окружающей среды составной частью производственно-коммерческой деятельности.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дайте определение природных ресурсов.
2. Перечислите основные типы классификации природных ресурсов.
3. Как классифицируют природные ресурсы по источникам и местоположению? Приведите примеры.
4. Как классифицируют природные ресурсы по принципу исчерпаемости и возобновимости? В чем условность такой классификации?
5. Охарактеризуйте законы экологии Б. Коммонера. Почему реализация принципа рационального природопользования возможна только при соблюдении законов экологии?
6. В чем сущность рационального природопользования?
7. Назовите основные источники экологического права, образующие экологическое законодательство Российской Федерации.
8. Какие вы знаете законы РФ, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов? Что каждый из них регулирует?
9. Перечислите основные задачи экономического механизма природопользования. Что подразумевается под лимитированием природопользования и платностью природопользования?
10. Что такое экологические фонды и экологическое страхование?
11. Какие виды материального стимулирования природоохранной деятельности вам известны?
12. Что такое экологический мониторинг? На каких уровнях он осуществляется?
13. Что понимают под качеством окружающей природной среды? Какие санитарно-гигиенические и производственно-хозяйственные нормативы вам известны?

Глава 7. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

7.1. Международные природоохранные организации

В настоящее время истощение природных ресурсов, загрязнение окружающей среды и нарушение экологического равновесия приобрели глобальные масштабы. Природа не знает государственных границ, она всеобща и едина. Все основные экологические проблемы человечества, такие как парниковый эффект, разрушение озонового экрана, уничтожение лесов, деградация почв, снижение биологического разнообразия биосферы, загрязнение окружающей среды, истощение полезных ископаемых носят глобальный характер. Избежать перерастания глобального экологического кризиса в катастрофу возможно только общими усилиями всего человечества.

Формы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды различны [11,13, 17]. Это могут быть:

- международные организации по охране окружающей среды;
- международные (двусторонние или многосторонние) договоры, соглашения, конвенции;
- государственные инициативы по международному сотрудничеству.

Международные организации по охране природы

В настоящее время в мире функционирует более нескольких сотен различных международных организаций – межправительственных и неправительственных, занимающихся вопросами экологии. Наиболее авторитетная из них – Организация Объединенных Наций (ООН). Одно из важнейших направлений ее деятельности – сотрудничество в области охраны природы. ООН разработала и приняла специальные принципы охраны окружающей среды, которые отражены, в частности, в Декларации Стокгольмской конференции ООН (1972) и во Всемирной хартии природы (1982).

При ООН функционируют следующие специализированные учреждения – международные *межправительственные* организации по охране окружающей среды.

ЮНЕП (UNEP – United Nations Environment Programme) – Программа ООН по окружающей среде. Действует с 1972 г. и является основным вспомогательным органом ООН. Основные направления деятельности ЮНЕП: здоровье человека, санитария окружающей среды; охрана земель, вод,

предотвращение опустынивания; охрана природы, диких животных, генетических ресурсов; образование, профессиональная подготовка; торговля, экономика, технологии.

ЮНЕСКО (UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) – Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры. Существует с 1946 г. Создана с целью содействия миру и международной безопасности, сотрудничеству государств в области просвещения, науки и образования. Занимается организацией исследования окружающей среды и ее ресурсов, осуществляет руководство экологическими программами, в которых занято более 100 государств. Наиболее известной является долгосрочная межправительственная программа «Человек и биосфера». В сферу деятельности ЮНЕСКО также входят учет и организация охраны природных объектов, отнесенных к всемирному наследию, оказание помощи в развитии экологического образования и подготовке специалистов-экологов.

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения. Создана в 1946 г. Занимается проблемами гигиены окружающей среды, борьбы с загрязнением атмосферного воздуха. Направления деятельности ВОЗ: санитарно-эпидемиологический мониторинг окружающей среды, анализ статистических данных о заболеваемости людей в связи с состоянием окружающей среды, санитарно-гигиеническая экспертиза окружающей среды, анализ ее качества.

ФАО (FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations) – Всемирная организация продовольствия. Образована в 1945 г. Занимается вопросами продовольственной безопасности отдельных стран и всего мира. Направления деятельности ФАО: рациональное использование природных ресурсов, охрана и использование земель, животного мира, лесов, биологических ресурсов Мирового океана.

ВМО – Всемирная метеорологическая организация. Действует с 1951 г. Занимается анализом климатических изменений, связанных с загрязнением окружающей среды, изучением процесса переноса загрязняющих веществ в биосфере. ВМО функционирует в рамках глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС). В свою очередь, в рамках ГСМОС реализуются программы по мониторингу состояния атмосферы, трансграничному загрязнению воздуха, здоровью человека, состоянию Мирового океана, сохранению возобновляемых ресурсов суши.

МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии. Учреждено в 1957 г. Функционирует под эгидой ООН, но не является ее

специализированным учреждением. Осуществляет программу «Ядерная безопасность и защита окружающей среды». Основные направления деятельности МАГАТЭ: разработка правил строительства и эксплуатации АЭС, проведение экспертизы проектируемых и действующих АЭС, оценка воздействия радиоактивных материалов на окружающую среду, установка норм радиационной безопасности.

К числу наиболее известных *неправительственных* международных организаций относятся следующие.

Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП). Создан в 1948 г. Содействует сотрудничеству между правительствами, национальными и международными организациями, а также отдельными лицами по вопросам защиты природы и охраны природных ресурсов. МСОП подготовил *Международную Красную книгу* (10 томов). Цели МСОП: реализация региональных программ охраны природной среды; сохранение естественных экосистем, растительного и животного мира; сохранение редких и исчезающих видов растений и животных, памятников природы; организация заповедников, резерватов, национальных природных парков; экологическое просвещение.

Всемирный фонд охраны дикой природы – самая многочисленная частная международная экологическая организация. Создана в 1961 г. Деятельность фонда заключается в основном в оказании финансовой поддержки природоохранным мероприятиям. В природоохранные проекты России уже вложено более 12 млн долларов США.

Римский клуб – международная неправительственная организация. Создана в 1968 г. Основная форма его деятельности – организация крупномасштабных исследований по широкому кругу проблем, преимущественно в социально-экономической области, включая такие, как истощение природных ресурсов, загрязнение окружающей среды, народонаселение, рост экономики.

Гринпис – независимая общественная организация, ставящая своей целью предотвращение деградации окружающей среды. Создана в Канаде в 1971 г. Имеет статус полноправного члена или официального наблюдателя в ряде международных конвенций по охране окружающей среды; имеет отделения в 32 странах мира, в том числе в России, где его официальное представительство действует с 1992 г.

Международные договоры, соглашения, конвенции

Договоры подразделяют на общие и специальные, многосторонние и

двусторонние, глобальные и региональные. Готовятся и рассматриваются они по инициативе отдельной страны или международной организации.

Если в *общих* международно-правовых договорах вопросы окружающей природной среды не являются приоритетными, то в *специальных* природоохранных международных договорах содержатся только статьи об охране окружающей среды.

К *глобальным* договорам относятся Конвенция о запрещении военного или иного враждебного использования средства воздействия на природную среду (1977), Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (1979), Конвенция об охране мигрирующих видов животных (1979) и др.

Примерами *региональных* договоров являются Конвенция об охране морских живых ресурсов Антарктики (1980), Соглашение об охране полярного медведя (1974), Конвенция по охране Средиземного моря от загрязнения (1976) и др.

Большое значение имеют международные договоры об ограничении, сокращении и запрещении испытаний ядерного, бактериологического, химического оружия в различных регионах. В 1996 г. подписан Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний.

Государственные инициативы по международному сотрудничеству

Российской Федерацией выдвинут целый ряд конструктивных предложений по международному сотрудничеству в целях экологической безопасности: по защите морской среды Балтики (1987), по природоохранному взаимодействию в Азиатско-Тихоокеанском регионе (1988), по координации усилий в области экологии под эгидой ООН (1988) и др.

Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды влияет на национальное законодательство.

7.2. Международные конференции по охране окружающей среды

В истории развития международного сотрудничества в области охраны окружающей среды можно выделить следующие этапы.

1. В 1968 г. по инициативе одного из экономических директоров компании «Фиат» А. Печчеи группой ученых и общественных деятелей был создан *Римский клуб* – международная неправительственная организация, которая внесла значительный вклад в изучение перспектив развития мирового

сообщества и пропаганду идеи о необходимости гармонизации отношений человека и природы [17, 21]. Ее члены поставили своей целью построить прогнозы близкого будущего; привлечь внимание широкой общественности и правительственных организаций разных стран к наиболее острым глобальным проблемам – неконтролируемому росту населения и непрерывному уменьшению естественных ресурсов планеты; представить мировому сообществу доводы о необходимости мер по предотвращению глобального эколого-экономического кризиса. Впервые на основе компьютерного системного анализа они попытались создать математические модели глобального динамического единства экономических, технических, социальных и экологических систем.

Ряду выдающихся ученых того времени была заказана серия «Докладов Римскому клубу». Полученные результаты прогнозирования перспектив развития мирового сообщества по компьютерным моделям были опубликованы и обсуждались во всем мире.

В 1972 г. профессор Д. Медоуз издал первый доклад «Пределы роста», в котором был сделан следующий вывод: при сохранении современных темпов роста населения и экономического развития в ближайшее столетие произойдет истощение природных ресурсов и ухудшение качества окружающей среды, что приведет к гибели людей и сокращению объемов производства. В середине XXI в. наступит глобальная экологическая катастрофа. Поэтому необходима безотлагательная разработка практических мер по поддержанию устойчивости мировой системы.

Таким образом, благодаря деятельности Римского клуба человечество получило возможность оценить создавшуюся экологическую ситуацию и предпринять определенные действия на пути к устойчивому развитию.

2. Первая Всемирная конференция по окружающей среде состоялась в Стокгольме в 1972 г. В ней участвовали представители 113 государств. На этой конференции впервые было сформулировано понятие *экоразвития* как экологически ориентированного социально-экономического развития, при котором рост благосостояния людей не сопровождается ухудшением среды обитания и деградацией природных систем. По итогам работы конференции была принята декларация, в которой определялись стратегические цели и направления действий мирового сообщества в области охраны окружающей среды. Декларация содержала 26 основных принципов охраны окружающей человека среды.

3. *Конференция ООН по окружающей среде и развитию 1992 г. (Рио-де-Жанейро)* считается крупнейшим экологическим форумом в истории человечества: в ней участвовали 179 глав государств и правительств мирового сообщества, представители 1600 неправительственных организаций.

Конференция приняла несколько важных документов, среди них:

- *Декларация Рио об окружающей среде и развитию*. Ее 27 принципов определяют права и обязанности стран в деле обеспечения развития и благосостояния людей;

- *Повестка дня на XXI век* – всемирная программа действий, содержащая перечень мер по обеспечению устойчивого развития в различных областях человеческой деятельности: в политике, экономике, регулировании народонаселения, здравоохранении, рациональном использовании природных ресурсов, законодательстве, науке, просвещении;

- *Заявление о принципах управления, сохранения и устойчивого развития всех типов лесов*;

- *Рамочная конвенция по проблеме изменения климата (РКИК)*, цель которой – добиться стабилизации концентрации газов, вызывающих парниковый эффект, на таком уровне, который не вызовет опасного дисбаланса в мировой климатической системе. Выдвинутые РКИК цели и задачи стали впоследствии предметом регулярных международных конференций. Самой важной оказалась Третья конференция по РКИК в Киото (Япония, 1997 г.), где был подписан *Киотский протокол*. Этот документ является уточняющим и детализирующим реализацию Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Из Киотского протокола следует, что промышленно развитые страны и государства с переходной экономикой берут на себя обязательства, обеспечивающие совокупное сокращение уровня выбросов парниковых газов (преимущественно CO₂) в 2008 – 2012 гг. на 5 % по отношению к уровню их выбросов в 1990 г. Предполагается, что уровень сокращения выбросов парниковых газов будет не одинаков для разных стран: для более развитых стран он будет выше. Для каждой из стран – участниц протокола устанавливаются ограничения для выбросов в абсолютной величине в форме квот. Предусматриваются экономические механизмы, позволяющие сокращать выбросы (торговля квотами на выбросы парниковых газов);

- *Конвенция по биологическому разнообразию*, которая требует от всех стран принятия мер по сохранению разнообразия живых организмов.

Одним из важнейших итогов Конференции ООН 1992 г. было принятие *Концепции устойчивого развития*. В ее основу положено осознание факта

неразрывной связи социально-экономического развития и окружающей среды. Согласно определению, данному Международной комиссией ООН по окружающей среде, *устойчивое развитие* – такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои потребности. Иными словами, устойчивое развитие определяется как развитие, позволяющее на долговременной основе обеспечить стабильный экономический рост, не приводящий к деградации окружающей среды. В документах Рио-92 подчеркивается, что устойчивое развитие охватывает несколько аспектов:

- создание условий гармонии человека и природы, обеспечение полноценной жизнедеятельности человека;
- рассмотрение охраны природы как составной части процесса развития цивилизации;
- сокращение разрыва в уровнях жизни между развитыми и развивающимися странами;
- балансирование между удовлетворением потребностей социума и сохранением природной среды как для настоящих, так и для будущих поколений.

4. **Всемирный саммит по устойчивому развитию «Рио+10»** (Йоханнесбург, 2002 г.). На саммите, в котором приняло участие более 190 глав государств мирового сообщества, были подведены итоги первого десятилетия движения мирового сообщества по пути к устойчивому развитию и сделаны следующие выводы.

1. Усилия, предпринимаемые мировым сообществом для стабилизации экологической ситуации и выхода цивилизации на уровень устойчивого развития, не привели к желаемым результатам. Не удалось существенно повысить качество жизни человека и остановить опасные изменения естественных экосистем.

2. Причины, ограничивающие движение социума в направлении устойчивого развития, следующие:

- отсутствие эффективного механизма управления;
- ограниченность финансирования;
- трудности координации мировых и национальных усилий в реализации стратегии устойчивого развития;
- возрастающий разрыв в масштабах производства и потребления в развитых и развивающихся странах.

Дискуссии на «Рио+10» показали, что, с одной стороны, реализация на мировом уровне модели устойчивого развития цивилизации оказывается не такой простой задачей, как казалось в начале 1990-х гг. С другой стороны, именно со стратегией устойчивого развития связываются позитивные перспективы цивилизации. В широком смысле *устойчивое развитие* понимается как процесс, соответствующий новому типу функционирования цивилизации с экономическими, социальными, экологическими и культурными параметрами, радикально отличающимися от сложившихся исторически, т.е. ставится задача управления не только природно-ресурсным потенциалом, но и всей совокупностью природно-социокультурного богатства. По существу, речь идет о пути достижения гармонии общества и природы – эпохе ноосферы.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какие формы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды вам известны?
2. Перечислите основные специализированные международные организации по охране окружающей среды, существующие при ООН.
3. Перечислите основные направления деятельности ЮНЕП. В чем особенности таких организаций, как ВОЗ, ФАО, ВМО?
4. Приведите примеры глобальных и региональных природо-охранительных международных договоров по охране окружающей среды.
5. С какой целью был создан Римский клуб? Каковы главные итоги деятельности этой организации?
6. Что такое экоразвитие? Когда впервые было введено это понятие?
7. Какие документы были приняты на конференции в Рио-де Жанейро?
8. Что означает понятие «устойчивое развитие»? В чем его особенности?
9. Перечислите основные итоги Всемирного саммита по устойчивому развитию «Рио+10».
10. О чем говорится в Киотском протоколе?

Заключение

Сформировавшаяся к концу XX в. техногенная цивилизация, ориентированная на количественный рост показателей развития, подошла к своим критическим рубежам. Обозначились и продолжают интенсивно углубляться глобальные проблемы, которые принято называть экологическими: неуправляемый рост населения планеты, мощное антропогенное воздействие на биосферу, истребление природных ресурсов, сокращение биоразнообразия, загрязнение окружающей среды, угроза здоровью человека – вот неполный круг проблем, от разрешения которых зависит жизнь и судьба человечества в третьем тысячелетии. С одной стороны, деятельность человека, обеспечивающая развитие современной цивилизации, привела к деградации природы. С другой – человечество обладает неисчерпаемым интеллектуальным и технологическим потенциалом для решения глобальных проблем. Надежды на их преодоление общество усматривает в переходе к новым цивилизационным моделям, основу которых составляют коэволюционная стратегия – стратегия осуществления взаимосвязанного, устойчивого (неразрушимого) развития природы, общества, культуры и сознания человечества, новое цивилизационное мышление, ориентированное на формирование новой социальной идеологии, способной изменить менталитет общества.

Главная идея *концепции устойчивого развития* заключается в создании условий и механизмов для взаимосвязанного социально-экономического и экологического развития. Эта идея следует из осознания того, что проблемы природной среды должны рассматриваться в единстве с социально-экономическими процессами. Только в этом случае возможно обеспечить право людей на здоровую и качественную жизнь, уменьшить разрыв в уровне жизни народов мира, развивающихся и развитых стран. Устойчивое развитие несовместимо с искусственной иерархией мирового сообщества, организованной на чисто потребительских принципах. Благополучному существованию одних регионов за счет природных ресурсов других рано или поздно придет конец. Чтобы обеспечить устойчивое будущее, потребуется изменить мировую экономику, структуру потребления, демографическую политику, переосмыслить многие ценности и во многом отказаться от привычного образа жизни. Становится все более очевидным, что природа требует от нас не только и не столько технических, сколько социальных новаций. Нужна не просто иная технология, а иная организация социальной

жизни, иная культура, не сводимая исключительно к экономическому интересу, к неконтролируемому росту потребления материальных ресурсов и ценностей.

В контексте современных проблем цивилизации одной из стратегических задач системы образования является формирование личности с высоким уровнем общей и экологической культуры, ориентированной на непрерывное саморазвитие и приоритет общечеловеческих ценностей, способной обеспечить своей деятельностью условия перехода своей страны и всего мирового сообщества к устойчивому развитию. Совершенствование человека, его интеллект, гуманизм, нравственность выступают важнейшими компонентами в системе экологического образования и воспитания. Экологическая культура как интегративное личностное качество, характеризующее поведение и деятельность человека в социоприродной среде, основана не только на научной системе знаний в области экологии, но и на гуманистическом мироощущении, чувстве высокой ответственности за окружающую природную среду и любви к природе. Уровень экологической культуры определяет убеждения, принципы деятельности и потребления человека, его нормы поведения по отношению к окружающей природной среде, профессиональную деятельность и быт.

Способность обеспечить устойчивое развитие, при котором проблемы сегодняшнего дня решаются без ущерба для интересов будущих поколений, определяется технической, экономической, экологической и социальной грамотностью выпускников высших учебных заведений. От их знаний, умений и уровня экологической культуры зависит возможность решения экологических проблем, улучшения качества окружающей среды и сохранения природных богатств.

«Берегите эти земли, эти воды, даже малую былиночку любя. Берегите всех зверей внутри природы, убивайте лишь зверей внутри себя» (Е. Евтушенко).

Библиографический список

1. *Акимова Т.А.* Экология [Текст]: учеб. для вузов / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 566 с.
2. *Большаков В.Н.* Экология [Текст]: учеб. для вузов / В.Н. Большаков; под ред. Г.В. Тягунова, Ю.Г. Ярошенко. М.: Интермет Инжиниринг, 2000. 330 с.
3. *Валова В.Д.* Основы экологии [Текст]: учеб. пособие / В.Д. Валова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд. дом «Дашков и Ко», 2001. 212 с.
4. *Вернадский В.И.* Биосфера и ноосфера [Текст] / В.И. Вернадский. М.: Айрис-Пресс, 2003. 573 с.
5. *Воронков Н.А.* Экология общая, социальная, прикладная [Текст]: учеб. для студентов вузов. Пособие для учителей / Н.А. Воронков. М.: Агар, 1999. 424 с.
6. *Воронцов А.П.* Рациональное природопользование [Текст]: учеб. пособие / А.П. Воронцов. М.: Ассоц. авт. и изд. «ТАНДЕМ»: ЭКМОС, 2000. 304 с.
7. *Вронский В.А.* Прикладная экология [Текст] / В.А. Вронский. Ростов н/Д.: Феникс, 1996. 512 с.
8. *Гарин В.М.* Экология для технических вузов [Текст]: учеб. пособие / В.М. Гарин, И.А. Кленова, В.И. Колесников; под ред. В.М. Гарина / Ростов н/Д.: Феникс, 2001. 384 с.
9. *Горелов А.А.* Экология [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.А. Горелов. М.: Юрайт-М, 2001. 312 с.
10. *Гриневич В.И.* Охрана окружающей среды и рациональное природопользование [Текст]: текст лекций / В.И. Гриневич, А.П. Куприяновская, А.Ю. Никифоров; под ред. В.В. Кострова / Иван. гос. хим. - технол. акад. Иваново, 1994. 288 с.
11. *Колесников С.И.* Экологические основы природопользования [Текст]: учеб. пособие / С.И. Колесников. Ростов н/Д.: МарТ, 2005. 332 с.
12. *Константинов В.М.* Охрана природы [Текст]: учеб. пособие для студентов высш. пед. учеб. заведений / В.М. Константинов. М.: Академия, 2000. 240 с.
13. *Коробкин В.И.* Экология [Текст]: учеб. для вузов / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. Ростов н/Д.: Феникс, 2000. 575 с.
14. *Лозановская И.Н.* Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении [Текст]: учеб. пособие / И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова. М.: Высш. шк., 1998. 287 с.

15. *Небел Б.* Наука об окружающей среде: как устроен мир [Текст]: в 2 т.: пер. с англ. / Б. Небел. М.: Мир, 1993. Т.1. 424 с.; Т.2. 336 с.

16. *Никаноров А.М.* Экология [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов и специалистов-экологов / А.М. Никаноров, Т.А. Хоружая. М.: ПРИОР, 1999. 304 с.

17. *Николайкин Н.И.* Экология [Текст] / Н.И. Николайкин, Н.Е. Николайкина, О.П. Мелихова. М.: Дрофа, 2004. 600 с.

18. *Новиков Ю.В.* Экология, окружающая среда и человек [Текст]: учеб. пособие для вузов, сред. шк. и колледжей / Ю.В.Новиков. М.: ФАИР-ПРЕСС, 2000. 320 с.

19. *Одум Ю.* Экология [Текст] / Ю. Одум: пер. с англ.. М: Мир, 1986. 376 с.

20. *Охрана окружающей среды* [Текст]: учеб. для вузов / Авт.-сост. А.С. Степановских. М.: ЮНИТИ - ДАНА, 2000. 559 с.

21. *Петров К.М.* Общая экология: взаимодействие общества и природы [Текст]: учеб. пособие для вузов / К.М. Петров. 2-е изд. СПб. : Химия, 1998. 296 с.

22. *Петров К.М.* Экология человека и культура [Текст]: учеб. пособие / К.М. Петров. СПб.:Химиздат, 1999. 384 с.

23. *Протасов В.Ф.* Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России [Текст]: учеб. и справ. пособие / В.Ф. Протасов. 2-е изд. М.: Финансы и статистика, 2000. 672 с.

24. *Резчиков Е.А.* Экология [Текст]: учеб. пособие / Е.А. Резчиков. М.: ГИНФО, 1999. 104 с.

25. *Реймерс Н.Ф.* Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) [Текст] / Н.Ф. Реймерс. М.: Россия молодая, 1994. 367 с.

26. *Челноков А.А.* Основы промышленной экологии [Текст]: учеб. пособие / А.А.Челноков, Л.Ф. Ющенко. Минск: Вышэйш. шк., 2001. 343 с.

27. *Чепурных Н.В.* Планирование и прогнозирование природопользования [Текст]: учеб. пособие / Н.В. Чепурных, А.Л. Новоселов. М.: Интерпракс, 1995. 189 с.

28. *Чистик О.В.* Экология [Текст]: учеб. пособие / О.В. Чистик. Минск: Новое знание, 2000. 248 с.

29. *Шилов И.А.* Экология [Текст]: учеб. для биол. и мед. спец. вузов / И.А.Шилов. 2-е изд., испр. М.: Высш. шк., 2000. 512 с.

30. *Экология* [Текст]: учеб. пособие / О.В. Аксенова [и др.]. М.: Знание, 1999. 288 с.

31. *Экология и безопасность жизнедеятельности* [Текст]: учеб. пособие для вузов / Д.А. Кривошеин [и др.]. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. 447 с.

32. *Экология человека* [Текст]: учеб. пособие / Т.И. Алексеева [и др.]. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. 440 с.

33. *Экологическая оценка и экологическая экспертиза* [Текст] / О.М. Черп [и др.]. М.: Соц.-экол. союз, 2000. 232 с.

Учебное издание

Слинкина Маргарита Витальевна
Харина Галина Валерьевна

ЧЕЛОВЕК И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Учебное пособие

Редактор Т.А.Кузьминых

Печатается по постановлению
редакционно-издательского совета университета

Подписано в печать 18.08.08. Формат 60x84/16. Бумага для множ. аппаратов.
Усл. печ. л. 7,5. Уч.-изд.л. 8,0. Тираж 500 экз. Заказ № **161**,
Издательство ГОУ ВПО «Российский государственный профессионально-
педагогический университет». Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.

Отпечатано в ООО "Режевской Печатный Дом"
623750. г. Реж Свердловской обл., ул. Бажова. 15. Тел. (34364) 3-50-77. 215-32