



А. Ю. Игнатова

ЭКОЛОГИЯ. КУРС ЛЕКЦИЙ

Учебное пособие

Кемерово 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

А. Ю. Игнатова

ЭКОЛОГИЯ. КУРС ЛЕКЦИЙ

Учебное пособие

Кемерово 2017

УДК 504.06(075.8)

Рецензент:

Кандидат технических наук, доцент кафедры химической технологии твердого топлива ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева» Неведров А. В.

Игнатова, А. Ю. **Экология. Курс лекций** : учеб. пособие / А. Ю. Игнатова ; КузГТУ. – Кемерово, 2017. – 92 с.

ISBN 978-5-906888-70-9

Рассмотрены вопросы экологии как науки об общих закономерностях взаимоотношений организмов со средой обитания. Раскрываются основные понятия экологии: среда обитания, экологические факторы, популяция, экосистема, экологическая ниша. Рассмотрены вопросы взаимодействия человека с окружающей средой. Даются понятия загрязнения окружающей среды, нормирования качества окружающей среды, представление об экологическом законодательстве, международном сотрудничестве в области охраны окружающей среды.

Подготовлено по дисциплине «Экология» и предназначено для студентов всех направлений.

Печатается по решению редакционно-издательского совета КузГТУ.

УДК 504.06(075.8)

© КузГТУ, 2017

ISBN 978-5-906888-70-9

© Игнатова А. Ю., 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 2. ОРГАНИЗМ И СРЕДА ОБИТАНИЯ.....	9
2.1. Фундаментальные свойства живых систем.....	9
2.2. Среда обитания живых организмов. Экологические факторы.....	10
2.3. Пределы толерантности. Лимитирующий фактор.....	12
2.4. Адаптации живых организмов к абиотическим факторам ...	16
Вопросы для самоконтроля	28
ГЛАВА 3. ПОПУЛЯЦИИ	29
3.1. Структура популяций.....	29
3.2. Статические характеристики популяции.....	31
3.3. Динамические характеристики популяции	32
3.4. Факторы регуляции численности популяции.....	35
Вопросы для самоконтроля	37
ГЛАВА 4. СООБЩЕСТВА И ЭКОСИСТЕМЫ	37
4.1. Основные понятия	37
4.2. Типы взаимоотношений между организмами в сообществах.....	39
4.2.1. Гомотипические реакции.....	39
4.2.2. Гетеротипические реакции.....	40
4.3. Структура и состав экосистем.....	43
4.4. Пищевые цепи и сети	45
4.5. Концепция биопродуктивности	47
4.6. Развитие экосистем	50
4.7. Понятие экологической ниши.....	53
4.8. Понятие биосферы как глобальной экосистемы Земли	55
Вопросы для самоконтроля	56
ГЛАВА V. ЧЕЛОВЕК И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА	56
5.1. Антропогенные воздействия на биосферу.....	56
5.2. Виды и последствия загрязнения окружающей природной среды	57
5.3. Основные загрязнители биосферы	58
5.4. Нормирование качества окружающей среды	65
5.5. Экологическое законодательство Российской Федерации ...	72

5.6. Экологическая ответственность: понятие, формы, виды.....	75
5.7. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды.....	81
Вопросы для самоконтроля	89
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	89

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время термин «экология» стал широко известным и общеупотребительным. Если в начале 20 века его знали только ученые-биологи, то со второй половины 20 века, когда разразился глобальный экологический кризис, возникло экологическое движение, принимающее все более широкий размах. Важность экологических проблем и природоохранной деятельности в современном мире постоянно нарастает.

Экология стала обязательной дисциплиной как в средней, так и в высшей школе. Дисциплину «Экология» изучают студенты разных специальностей с учетом специфики их будущей профессии. Практически любая специальность так или иначе связана с экологией и природопользованием, защитой окружающей среды, управлением и рациональным использованием природных ресурсов.

Экология прочно вошла в учебные планы технических университетов и других технических вузов. Будущие инженеры должны быть способны принимать управленческие, проектные, экономические, социально-политические решения адекватно складывающимся кризисным явлениям и тенденциям во всех сферах жизни страны и мирового сообщества.

В данном учебном пособии содержатся основы биоэкологии как науки об общих для всего живого закономерностях взаимоотношений организмов или их объединений со средой обитания, а также рассматривается влияние, оказываемое человеческим обществом на окружающую среду.

ГЛАВА 1. ВВЕДЕНИЕ

Экология – наука о взаимоотношениях между живыми организмами и средой их обитания с учетом изменений, вносимых в среду деятельностью человека.

Термин «экология» восходит к греческому *oikos* – дом, жилище и *logos* – слово, учение: «учение о доме». Термин «экология» предложил немецкий зоолог Эрнст Геккель в 1866 г. для применения исключительно в сфере биологических наук. Долгое

время этот термин использовался только в зоологии и был мало известен даже среди ученых биологических специальностей. В словаре Э. А. Брокгауза и И. А. Ефрона в 79 полутоме, вышедшем в свет в 1904 г., экология связывается со строительством «домов» животных и сопровождается следующим определением: «эйкология или ойкология – часть зоологии, занимающая собою сведения касательно жилищ животных, то есть нор, гнезд, логовищ и т. п.».

В настоящее время термин «экология» стал широко известным и общеупотребительным. Если в начале 20 века его знали только ученые-биологи, то со второй половины 20 века, когда разразился глобальный экологический кризис, возникло экологическое движение, принимающее все более широкий размах. Важность экологических проблем и природоохранной деятельности в современном мире постоянно нарастает.

Экология превратилась в междисциплинарную синтетическую науку, решающую актуальную проблему современности – изучение взаимоотношений человечества с окружающей средой и поиск путей выживания человечества. Теперь экология включает в себя не только весь комплекс естественных, но и технические и гуманитарные науки. Вместе с тем ядром экологического мировоззрения является система понятий и законов, составляющих основу биологической экологии. Сколько бы ни возникало новых подразделений экологии, их общим предком была и остается экология Э. Геккеля. Именно в биоэкологии обобщен огромный эмпирический материал и сформулированы основные экологические законы, правила, принципы.

Предмет изучения биоэкологии лучше всего можно определить, исходя из *концепции уровней организации*. Выделяют 8–10 уровней организации: молекулярный, органоидный, клеточный, тканевый, органнй, организменный, популяционный, видовой, биоценотический (биогеоценотический) и биосферный.

Молекулярный – низший уровень, на котором биологическая система проявляется в виде функционирования биологически активных полимерных молекул: белков, нуклеиновых кислот, углеводов. С этого уровня наблюдаются свойства, характерные исключительно для живой материи: обмен веществ, передача наследственных признаков с помощью ДНК и РНК.

На *клеточном* уровне биологически активные молекулы сочетаются в единую систему. По клеточному признаку все организмы делят на одноклеточные и многоклеточные.

Тканевый уровень – уровень, на котором совокупность однородных клеток образует ткань. Клетки любой ткани имеют общие происхождение и функции.

Органный уровень – на этом уровне несколько типов тканей образуют определенный орган с функциями.

Организменный уровень – на этом уровне взаимодействие различных органов сводится в единую систему индивидуального организма.

Подобно тому, как клетки объединяются в ткани, а ткани – в органы, отдельные организмы объединяются в популяции. Популяция (от французского «население»), первоначально обозначавшая группу людей, есть группа особей любого вида.

Популяция – основная структурная единица надорганизменной ступени организации жизни. Это совокупность особей одного определенного вида, в течение длительного времени (большого числа поколений) населяющая определенное пространство, внутри которого осуществляется свободное скрещивание и нет заметных изоляционных барьеров; но которая отделена от соседних, таких же совокупностей особей данного вида той или иной степенью давления тех или иных форм изоляции.

Совокупность популяций, представители которых фактически или потенциально скрещиваются друг с другом в естественных условиях, называется *биологическим видом*.

Популяционно-видовой уровень – это совокупность определенных однородных организмов, связанных единством происхождения, образом жизни, местом обитания.

Совместно обитающие разные виды организмов носят название *сообщества*. Сообщество и неживая среда функционируют совместно, образуя *экологическую систему*.

Экосистемный уровень – это уровень организации живой материи, объединяющий организмы разных видов, которые взаимодействуют друг с другом и со средой обитания.

Самая крупная экологическая система, которую мы знаем, – *биосфера* или *экофера*; она включает все живые организмы Зем-

ли, находящиеся во взаимодействии с физической средой Земли как единое целое.

Биосферный уровень – сформированная природная система наиболее высокого ранга, охватывающая все проявления жизни в пределах планеты. На этом уровне осуществляются все круговороты вещества в общепланетарном масштабе, связанные с жизнедеятельностью организмов.

Между уровнями осуществляется взаимосвязь: изолированный орган без своего организма не может длительное время сохраняться как самоподдерживающаяся единица. Подобным образом экосистема не может существовать изолированно, если в ней не происходит круговорот веществ и в нее не поступает энергия.

Объектами изучения экологии являются уровни организации от организмов до экосистем во взаимодействии с их средой обитания. Если для других биологических наук индивидуум является крупнейшей единицей, то для экологии мельчайшей единицей исследований. Самая крупная и наиболее близкая к идеалу по «самообеспечиванию» биологическая система – биосфера.

Экология по уровням биологических систем делится на *аутоэкологию* (экология особи), *популяционную экологию* (демэкологию), *синэкологию* или *биоценологию*, *глобальную экологию* (мегаэкологию).

Аутоэкология (от греч. autos – сам) изучает взаимоотношения между отдельными организмами и средой. Ее основной задачей является установление пределов существования особей (организмов) и тех пределов физико-химических факторов, которые выбирает организм из всего диапазона их значений.

Популяционная экология (демэкология) изучает условия структуры и динамики популяций – естественных группировок особей одного вида. Ее основной задачей является выяснение условий, при которых формируются популяции, а также изучение внутривидовых группировок и их взаимоотношений, структуры, динамики и численности популяции.

Эйдэкология (экология видов) – наименее разработанное направление современной биоэкологии.

Синэкология (от греч. sin – вместе) или *экология сообществ* изучает взаимоотношения сообщества со средой; пути формиро-

вания и развития экосистем, их структуру и динамику, взаимодействие с факторами среды, энергетику, продуктивность и другие особенности.

Глобальная экология изучает закономерности развития и существования биосферы как единой интегральной экосистемы Земли.

Главная *теоретическая и практическая задача экологии* на современном этапе развития общества заключается в том, чтобы познать законы природных процессов и научиться управлять ими в условиях неизбежной индустриализации и урбанизации нашей планеты.

Помимо этого, в *задачи* экологии входит:

- исследование закономерностей организации жизни на Земле, в том числе в связи с антропогенным воздействием на природные системы и биосферу в целом;

- создание научной основы рациональной эксплуатации природных ресурсов;

- прогнозирование изменений природы под влиянием деятельности человека;

- оптимизация технологических, инженерных и проектно-конструкторских решений, исходя из минимального ущерба окружающей среде и здоровью человека;

- восстановление разрушенных природных систем (например, рекультивация выведенных из пользования сельскохозяйственных угодий, восстановление пастбищ, восстановление истощенного плодородия почв, продуктивности водоемов, борьба с опустыниванием и т. д.).

ГЛАВА 2. ОРГАНИЗМ И СРЕДА ОБИТАНИЯ

2.1. Фундаментальные свойства живых систем

Все живые организмы на Земле обладают рядом признаков и свойств, которые отличают их от тел неживой природы. К свойствам живых систем относятся:

- 1) компактность. В 5×10^{-15} г ДНК, содержащейся в оплодотворенной яйцеклетке кита, заключена информация о признаках животного, которое весит 5×10^4 кг;

2) обмен с окружающей средой веществом, энергией, информацией;

3) высокий уровень упорядоченности строения. Живые системы способны создавать порядок из хаотического теплового движения молекул и тем самым противодействовать возрастанию энтропии;

4) раздражимость, т. е. способность организмов на ответную реакцию в отношении воздействий среды обитания;

5) развитие;

6) способность к самовоспроизведению;

7) дискретность (от лат. прерывистость). Жизнь представлена отдельными особями, рождающимися, живущими, затем умирающими;

8) жизнь представлена сообществами из многих, различных, совместно существующих видов животных, растений, микроорганизмов.

Одним из основных свойств живых систем является их способность к гомеостазу.

Гомеостаз – сохранение постоянства внутренней среды организма при непрерывно меняющихся факторах внешней среды. Гомеостаз поддерживается при помощи саморегуляции; внутри живого организма регулируются температура, давление, насыщенность газами, концентрация веществ и т. д.

2.2. Среда обитания живых организмов.

Экологические факторы

Среда обитания – та часть природы, которая окружает живой организм, природные тела и явления, с которыми организм находится в прямых или косвенных отношениях.

Среда – это и физические свойства пространства (температура, освещенность, давление), и химический состав веществ, и живые организмы, с которыми взаимодействует данный организм. Любой организм в среде своего обитания подвергается воздействию самых разнообразных факторов.

Отдельные свойства или элементы среды, воздействующие на организмы, называют *экологическими факторами*.

По своему происхождению экологические факторы делятся на *абиотические*, *биотические* и *антропогенные*. Именно в такой последовательности эти факторы появились на нашей планете.

Абиотические факторы – это комплекс условий окружающей среды, влияющих на живой организм (температура, давление, радиационный фон, освещенность, долгота дня, влажность, состав атмосферы, морских и пресных вод, донных отложений, почвы).

Биотические факторы – это совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на другие (конкуренция, хищничество, паразитизм и др.).

Антропогенные факторы – это совокупность влияний деятельности человека на окружающую среду (выбросы вредных веществ в атмосферу, разрушение почвенного слоя, нарушение природных ландшафтов).

Но иногда бывает трудно отнести данный фактор к той или иной категории. Так, температура, если ее рассматривать как абиотический фактор, часто изменяется благодаря присутствию живых организмов. Мишаль (Michal, 1931 г.) показал, что в сосуде личинки мучного хрущака (*Tenebrio molitor*) склонны образовывать скопления, в которых при слишком холодной окружающей среде температура повышается и становится ближе к температуре, наиболее благоприятной для их развития. При температуре воздуха 17°C температура в скоплении личинок достигает иногда 27°C.

В силосных башнях с большим количеством зерна наличие зерноядных насекомых может вызвать повышение температуры на 25°C по сравнению с температурой окружающей среды.

У пчел при снижении температуры воздуха ниже +13°C двигательная активность становится более интенсивной, что повышает температуру в улье.

Уничтожение живых организмов в определенной местности влечет за собой также климатические изменения.

В Копперхилле (штат Теннесси) содержащий токсические вещества дым заводов, перерабатывающих медную руду, погубил пышный лес, и его место заняла пустыня. На этих оголенных

участках температура стала выше, а осадков меньше, чем в окружающей местности.

В Кузбассе вследствие интенсивной эксплуатации угольных месторождений нарушено около 100 тыс. гектаров земель.

На нарушенных землях, лишенных растительности, изменяется микроклимат: поверхность сильнее нагревается, воздух становится суше, увеличивается испарение. С незакрепленных растительностью породных отвалов ветром сдувается пыль.

Оригинальную *классификацию экологических факторов* предложил А. С. Мончадский (1962 г.), исходя из того, что приспособительные реакции организмов к тем или иным факторам среды определяются степенью постоянства этих факторов.

А. С. Мончадский разделил факторы на следующие группы:

– первичные периодические факторы (температура, свет), зависящие от периодичности вращения Земли и смены времен года;

– вторичные периодические факторы (влажность, осадки, динамика растительной пищи, содержание растворенных газов в воде, внутривидовые взаимодействия) как следствие первичных периодических;

– непериодические факторы (эдафические или почвенные факторы, взаимодействие между разными видами, антропогенные воздействия, почвенно-грунтовые факторы), не имеющие правильной периодичности.

2.3. Пределы толерантности. Лимитирующий фактор

Эффект воздействия экологических факторов зависит не только от их характера, но и от дозы, воспринимаемой организмом (высокая или низкая температура, яркий свет или темнота). У всех организмов в процессе эволюции выработались приспособления к восприятию факторов в определенных количественных пределах. Каждый фактор имеет лишь определенные пределы положительного влияния на организмы. Как недостаточное, так и избыточное действие фактора отрицательно сказывается на жизнедеятельности особей.

Толерантность – выносливость вида по отношению к колебаниям какого-либо экологического фактора. Толерантные виды – виды, устойчивые к неблагоприятным условиям среды. Если в

среде, являющейся совокупностью взаимодействующих факторов, есть такой фактор, значение которого меньше определенного минимума или больше определенного максимума, то проявление активной жизнедеятельности организма в этой среде невозможно.

У каждого живого организма в отношении различных экологических факторов существуют пределы выносливости (толерантности), между которыми располагается его экологический оптимум. Понятие пределов толерантности предложено В. Шелфордом (Shelford, 1911 г.) под названием «закона толерантности» (рис. 1).

«Закон экологической толерантности» в общем виде гласит: рост и развитие организмов зависят, в первую очередь, от тех факторов среды, значения которых приближаются к экологическому минимуму или экологическому максимуму.

Благоприятная сила воздействия фактора называется *зоной оптимума* экологического фактора или просто *оптимумом* для организмов данного вида. Чем больше доза фактора отклоняется от оптимальной для данного вида величины (как в сторону повышения, так и понижения), тем сильнее угнетается его жизнедеятельность (*зона пессимума*).

Границы, за которыми существование организма невозможно, называются *нижним* и *верхним* пределами выносливости.



Рис. 1. Пределы толерантности вида в зависимости от интенсивности изучаемого экологического фактора (по В. А. Радкевичу, 1983 г.)

Пределы выносливости между минимальным и максимальным значениями факторов называются *экологической валентно-*

стью живых существ по отношению к конкретному фактору среды.

Все факторы в природе воздействуют на организм одновременно. Жизнедеятельность организма ограничивается тем фактором, который сильнее всего отклоняется от оптимальной для вида величины. Если в количественном выражении хотя бы один из факторов выходит за пределы выносливости вида, то существование вида становится невозможным, как бы ни были благоприятны остальные условия.

Фактор, уровень которого в качественном или количественном отношении (недостаток или избыток) оказывается близким к пределам выносливости данного организма, называется ограничивающим (лимитирующим).

Идея о том, что выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей, впервые была показана в 1840 г. Ю. Либихом. Он доказал, что урожай культур часто лимитируется не теми элементами питания, которые требуются в больших количествах, такими как, например, углекислый газ и вода, а теми, которые требуются в ничтожных количествах (цинк, бор), но которых в почве очень мало. Вывод Ю. Либиха о том, что «рост растения зависит от того элемента питания, который присутствует в минимальном количестве», стал известен как либиховский «закон минимума». Позднее было доказано, что лимитирующим фактором может быть не только недостаток, но и избыток фактора.

Закон толерантности был дополнен в 1975 г. Ю. Одумом.

Вспомогательные принципы, дополняющие «закон толерантности».

1. Организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного фактора и узкий диапазон в отношении другого.

2. Организмы с широким диапазоном толерантности ко всем факторам обычно наиболее широко распространены.

3. Если условия по одному экологическому фактору не оптимальны для вида, то может сузиться и диапазон толерантности к другим экологическим факторам. Например, при низком содержании азота в почве снижается засухоустойчивость злаков.

4. Диапазоны толерантности к отдельным факторам и их комбинациям различны.

5. Период размножения обычно является критическим; в этот период многие факторы среды часто становятся лимитирующими.

Пределы толерантности для размножающихся особей, семян, яиц, эмбрионов, проростков и личинок обычно уже, чем для не размножающихся взрослых растений или животных. Так, взрослый кипарис может расти постоянно погруженным в воду и на сухом нагорье, но размножается он только там, где есть влажная, но не заливаемая почва для развития проростков. Взрослые голубые крабы и многие другие морские животные могут переносить солоноватую воду или пресную воду с высоким содержанием хлорида, поэтому они часто заходят в реки вверх по течению. Но их личинки не могут жить в такой воде, поэтому вид не может размножаться в реке и не обосновывается в ней постоянно.

У каждого вида организмов существуют свои оптимальные значения действия факторов среды и свои пределы толерантности. Чтобы выразить относительную степень толерантности, в экологии существуют термины *эврибионтный* – организм с широким пределом толерантности и *стенобионтный* – с узким. Приставка *стено-* означает узкий, а *эври-* – широкий.

На рис. 2 дано сравнение относительных пределов толерантности стенотермных и эвритермных организмов.

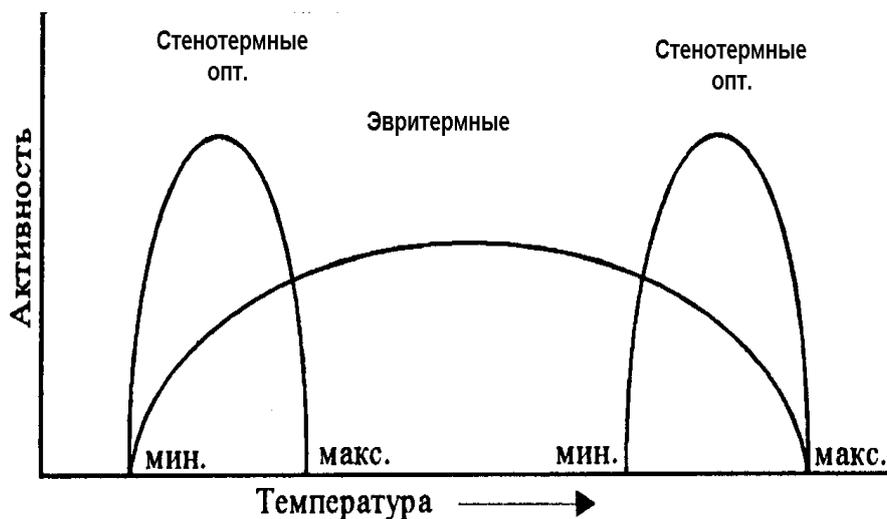


Рис. 2. Сравнение относительных пределов толерантности стенотермных и эвритермных организмов (по Ю. Одуму, 1986 г.)

В отношении температуры организм может быть стено-термным или эвритермным.

В отношении воды – стеногидрическим и эвригидрическим.

В отношении солености – стеногалинным и эвригалинным.

В отношении пищи – стенофагным и эврифагным.

У стенотермного вида минимум, оптимум и максимум сближены, так что небольшие изменения температуры, которые мало сказываются на эвритермном виде, для стенотермного часто критичны. Стенотермные организмы могут быть толерантными к низким температурам, к высоким температурам или могут обладать промежуточными свойствами.

Законы аутоэкологии широко используются в сельскохозяйственной практике, например, при выборе сортов растений и пород животных, которые наиболее целесообразно выращивать или разводить в конкретном районе.

2.4. Адаптации живых организмов к абиотическим факторам

Живые организмы приспособляются (адаптируются) к действию климатических факторов.

Адаптация – процесс приспособления организма, популяции или сообщества к определенным условиям внешней среды; выработанные в процессе эволюции и наследственно закрепленные особенности живых организмов, обеспечивающие нормальную жизнедеятельность в меняющихся условиях среды.

Способность к адаптации – одно из основных свойств жизни.

Любое живое существо живет в сложном и меняющемся мире, постоянно приспособляясь к нему и регулируя свою жизнедеятельность в соответствии с его изменениями.

Адаптации проявляются на разных уровнях: от биохимии клеток и поведения отдельных организмов до строения и функционирования сообществ и экосистем.

У отдельных организмов различают *анатомо-морфологические*, *физиолого-биохимические* и *этологические* (поведенческие) адаптации.

На уровне вида абиотические факторы определяют или ограничивают географическое распространение видов и в итоге приводят к возникновению географической изменчивости видов.

Основной способ адаптации видов к изменению абиотических факторов – приспособительная эволюция. Географическое распространение видов определяется положением и размером их ареалов. Эти показатели одновременно зависят от многих абиотических факторов, но чаще всего самым главным является температура воздуха (воды).

В 1918 году А. Хопкинс (1918 г.) установил *биоклиматический закон*.

Существует закономерная и довольно тесная связь развития физиологических явлений с *широтой, долготой и высотой* над уровнем моря.

Поэтому при продвижении на север, на восток и в горы время наступления периодических явлений в жизни организмов запаздывает на 4 дня на каждый градус широты, на 5 градусов долготы и примерно на 100 метров высоты.

Одним из наиболее важных факторов, определяющих существование, развитие и распространение организмов по земному шару, является температура.

В основном живые организмы (за редким исключением) могут существовать в интервале температур от 0 до 50°C, так как эти температуры совместимы с нормальным ходом процессов обмена веществ. Верхним пределом жизни являются температуры, при которых свертываются белки. *Температурный (тепловой) режим* – распределение тепла во времени.

Стенотермные виды переносят лишь определенные колебания температуры, эвритермные виды выносят значительные изменения температуры. Стенотермные термофильные (теплолюбивые) приспособлены к высоким температурам (веслоногий морской рак, наземные мокрицы, насекомые – эктопаразиты млекопитающих и птиц), а стенотермные психрофильные (холодовыносливые) – к низким температурам (рачки-бокоплавы, распространение которых ограничено полярными морями, многочисленные виды животных, обитающие на больших глубинах и способные переносить лишь температуры, близкие к 0°C).

К эвритермным видам относятся: брюхоногий моллюск *Hydrobia aronensis* (выносит температуры в пределах от -1 до $+60^{\circ}\text{C}$); устрицы (способны противостоять колебаниям температуры от -2 до $+20^{\circ}\text{C}$). Среди позвоночных широко распространена по миру обыкновенная жаба (*Bufo bufo*), в Альпах граница ее распространения поднимается до 2200 м. Пума встречается в Америке от Канады до Патагонии.

У растений существует ряд приспособлений к воздействию температуры. Анатомо-морфологические и физиологические механизмы терморегуляции у растений направлены на защиту организма от вредного воздействия неблагоприятных температур. Например, у стланцевых форм карликовой березы, ели, можжевельника и кедровника верхние ветви, поднимающиеся высоко над землей, обычно всегда полумертвые или мертвые, а стелющиеся – живые, так как зимуют под снегом и не подвергаются вредному воздействию низких температур. В зоне высоких температур при пониженной влажности (в тропических и субтропических пустынях) исторически сформировался своеобразный морфологический тип растений с незначительной листовой поверхностью или с полным отсутствием листьев (саксаул). У многих пустынных растений образуется своеобразное беловатое опушение, способствующее отражению солнечных лучей и предохраняющее растения от перегрева (акация песчаная).

К физиологическим приспособлениям растений, сглаживающим вредное влияние высоких и низких температур, относятся интенсивность транспирации (испарение воды зелеными частями растений), накопление в клетках солей, изменяющих температуру свертывания плазмы.

У животных влияние теплового режима на строение прослеживается еще более четко, чем у растений.

По мере удаления от полюсов к экватору размеры близких в систематическом отношении животных с непостоянной температурой (холоднокровных) тела увеличиваются, а с постоянной (теплокровных) – уменьшаются (*правило К. Бергмана, 1847 г.*). У позвоночных животных это правило подтверждается в 50 % случаев. Так, белый медведь Арктики имеет максимальный вес до 1000 кг, бурый медведь – до 750 кг, а малайский медведь – всего 65 кг.

Наиболее крупный – королевский пингвин Антарктиды имеет рост в среднем 117 см, а самый маленький пингвин (высотой до 40 см) обитает почти на экваторе на Галапагосских островах.

Правило отражает адаптацию теплокровных животных к поддержанию постоянной температуры тела в различных климатических условиях. У более крупных животных отношение поверхности тела к его объему меньше, чем у мелких. Благодаря этому для поддержания постоянной температуры тела при низкой температуре необходим меньший расход энергии. Однако между размером тела, характером пищи, двигательной активностью и процессами обмена веществ существуют очень сложные взаимосвязи, поэтому существует множество исключений из этого правила. Например, роющие млекопитающие хорошо защищены от холода, для них решающий фактор размера тела – количество пищи, доступной в зимнее время.

Под действием теплового фактора у животных формируются такие морфологические признаки, как отражательная поверхность тела, пуховый, перьевой и шерстный покровы у птиц и млекопитающих, жировые отложения. В Арктике и высоко в горах большинство насекомых, как правило, имеет темную окраску. Это способствует усиленному поглощению солнечных лучей. Насекомые, подвергающиеся длительному воздействию яркого солнечного света, часто вырабатывают светлую окраску тела, которая отражает лучи солнца.

У теплокровных животных в холодных климатических условиях наблюдается тенденция к уменьшению площади выступающих частей тела, поскольку они отдают в окружающую среду наибольшее количество тепла (*правило Дж. Аллена, 1877 г.*). У млекопитающих при низких температурах относительно сокращаются размеры хвоста, конечностей, ушей. Правило Аллена наглядно проявляется при сравнении размеров ушей близких видов: песца (*Lepus lagopus*) – обитателя тундры, лисицы обыкновенной (*Vulpes vulpes*), типичной для умеренных широт, и фенека (*Fennecus zerda*) – обитателя пустынь Африки (рис. 3).

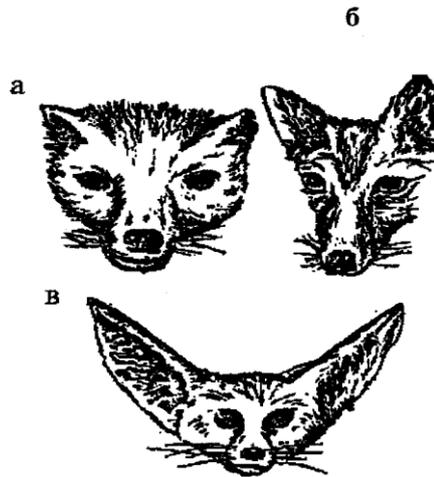


Рис. 3. Соотношение размеров головы и ушей: а – песец, б – лисица обыкновенная, в – лисица фенек (по В. А. Радкевичу, 1983 г.)

Правило К. Глогера (1833 г.). В пределах одного вида или группы близких видов у особей, обитающих в прохладных и (или) влажных областях, пигментация выражена сильнее (окраска темная и насыщенная), а у обитателей теплых и сухих областей – слабее. Темная окраска оперения и скорлупы яиц многих птиц, обитающих в холодных местностях, обусловлены тем, что такая окраска способствует усилению поглощения солнечных лучей. Физиологический смысл этого правила не вполне изучен, так как оно распространяется даже на виды, ведущие ночной образ жизни.

Правило Шелфорда-Парка. На организмы, обитающие в умеренных областях, стимулирующее действие оказывают изменения температуры среды.

Правило А. Уоллеса. По мере продвижения с севера на юг наблюдается увеличение видового разнообразия сообществ организмов.

Правило Дармингтона. Уменьшение площади острова в 10 раз сокращает число живущих на нем видов (амфибии, рептилии) вдвое. Это правило необходимо учитывать при определении размеров охраняемых природных территорий (заповедники, заказники и т. д.).

У животных существует множество физиологических адаптаций к температурному режиму.

У некоторых насекомых, устойчивых к холоду, скапливаются значительные количества глицерина, образуемого из глико-

гена. Глицерин действует как антифриз. Он может понижать точку замерзания жидкости внутри организма до -20°C . Аналогичное явление наблюдается у трески в водах, омывающих полуостров Лабрадор: у нее точка замерзания плазмы, летом обычно равная $-0,8^{\circ}\text{C}$, зимой опускается до $-1,6^{\circ}\text{C}$ за счет образования триметиламина, который играет ту же роль, что и глицерин у насекомых.

В процессе эволюции у животных, особенно у обитающих в умеренных широтах, где характерны резкие сезонные колебания температуры, сформировались стадии, в период которых они переживают самые неблагоприятные условия. В такое время они бывают в неактивном состоянии.

Своеобразным приспособлением к неблагоприятным сезонным явлениям служит *спячка*. Различают летнюю и зимнюю спячку. Летняя наблюдается при слишком высоких температурах и снижении влажности воздуха, зимняя – при понижении температуры.

Большое значение в регуляции температуры тела имеют особенности поведения животных: активное перемещение в места с более благоприятными температурами, создание убежищ с определенным микроклиматом, рассредоточение или сгущивание их, изменение активности жизнедеятельности в разное время суток. В самые жаркие часы многие птицы прячутся в тень, распускают крылья и раскрывают клюв. Насекомые пустынь и полупустынь, спасаясь от перегрева, регулярно поднимаются в воздух или зарываются в песок и этим охлаждают тело. Пресмыкающиеся пустынь поднимаются на гребни барханов, где температура ниже, чем на поверхности песка. Перелетная саранча на закате солнца поднимается в верхнюю часть травостоя, т.е. в наиболее теплую зону, а к восходу солнца спускается ближе к почве, которая нагревается быстрее. Рыжий муравей затыкает на ночь входные отверстия в свое большое гнездо сосновыми иглами, что сохраняет в нем температуру на 10°C выше, чем в окружающей муравейник почве.

Адаптации к водному режиму.

Вода является важнейшей составной частью живой материи. В протоплазме животных, находящихся в состоянии активной

жизни, содержится от 70 до 90 % воды. Все живые организмы в зависимости от потребности их в воде, а следовательно, и по распределению различных местообитаний подразделяются на ряд экологических групп.

1. *Водные (гидрофильные)* организмы, живущие постоянно в воде. Характерной чертой водной среды является ее подвижность даже в стоячих водоемах. Обитатели водоемов выработали соответствующие приспособления к подвижности среды. В проточных водоемах встречаются прочно прикрепленные к подводным предметам зеленые и диатомовые водоросли, водяные мхи. На скалистых берегах в прибойной полосе распространены прочно удерживающиеся на камнях усконогие раки, брюхоногие моллюски. У рыб, обитающих в быстро текущих реках, тело в поперечном разрезе почти округлое (форель, голянь).

2. *Гигрофильные* организмы, живущие в очень влажных местообитаниях. К этой группе относится большинство взрослых амфибий, многие наземные брюхоногие моллюски, дождевые черви и многие другие представители почвенной фауны, а также животные пещер, тропические растения, в умеренном климате – разнообразные папоротники и осоки сырых местообитаний. У животных-гигрофилов слабо развиты или вообще отсутствуют механизмы регуляции водного обмена. У растений устьица всегда открыты и очень слабо выражена регуляция интенсивности транспирации.

3. *Мезофильные* организмы, отличающиеся умеренными потребностями в воде или во влажности атмосферы, могут переносить смену сухого и влажного сезона, сюда относится большинство животных умеренного пояса и большинство культурных растений.

4. *Ксерофильные* организмы живут в сухих местообитаниях с недостатком воды, как в воздухе, так и в почве, ими населены пустыни и прибрежные дюны, среди животных эта группа представлена многочисленными насекомыми и млекопитающими, среди растений – кактусами и лишайниками. По характеру анатомо-морфологических и физиологических адаптаций ксерофильные растения разделяются на две основные группы: *суккуленты* и *склерофиты*. Суккуленты способны накапливать в тканях большое количество воды. Этим объясняется мясистость и

сочность их стеблей и листьев. У кактусов листья превращаются в колючки, у алоэ и агавы значительно утолщаются. Особенно много суккулентов в пустынях Центральной Америки и Южной Африки, где во время дождей выпадает много осадков. Растения интенсивно собирают в себе воду, которую затем в период засух экономно расходуют. Отдельные виды суккулентов достигают огромных размеров и сосредоточивают в себе столько влаги, что становятся основным источником ее для животных. Так, в Мексике канделябровидная карнегия (*Cereus giganteus*) достигает 15 м высоты и содержит до 95 % воды. В нашей флоре суккулентов мало: на сухих склонах встречаются молодило и очитки.

Склерофиты – это сухие, жесткие кустарники и травы. В отличие от суккулентов они не сосредоточивают в себе влагу, а, наоборот, интенсивно ее испаряют. Наиболее типичными являются такие пустынные, полупустынные и степные растения, как саксаулы, верблюжья колючка, полыни, астрагалы, ковыли. Обычно склерофиты низкорослы, но обладают мощно развитой корневой системой. Корни либо поверхностные, либо разветвленные и хорошо улавливающие атмосферные осадки, либо стержневые, проникающие на большую глубину до грунтовой воды. Листья у многих склерофитов мелкие, сухие, часто в виде игл и чешуй. На них много устьиц, которые при недостатке воды закрываются. Стебли часто покрыты восковым налетом, жесткими волосками. Все эти приспособления обеспечивают регуляцию водного обмена.

Животные могут получать воду разными путями.

1. Поступление воды через желудочно-кишечный тракт у видов, которые пьют воду.

2. Использование воды, содержащейся в пище. Многие животные пустынных районов никогда не пьют, и пища является для них единственным источником воды (грызуны, антилопы).

3. Проникновение воды через кожный покров у амфибий. Считают, что у лягушки обыкновенной (*Rana ripiens*) при 20°C ежедневно количество воды, поглощенной кожей и затем выделенной с мочой, составляет 31 % от общего содержания воды в организме. У некоторых насекомых и клещей вода может также проникать через кутикулу, кроме того, для таких видов, как коло-

радский жук, постельный клоп, мучной хрущак доказана возможность поглощения водяного пара.

4. Использование метаболической воды, образующейся при окислении жиров. Этот способ получения воды свойствен верблюду, курдючным овцам, жирнохвостым тушканчикам, некоторым грызунам и различным насекомым, живущим в очень сухих условиях, например, платяной моли, гусеница которой питается шерстью, амбарным долгоносикам.

Потери воды связаны с испарением через кожный покров, с дыханием, а также с выделением мочи экскрементов.

Одним из способов экономии воды, используемых многими животными, является выделение концентрированной мочи. Позвоночные (главным образом рептилии), насекомые и наземные моллюски вместо аммиачных соединений, требующих для их растворения до нетоксичной концентрации больших количеств воды, выделяют твердые ураты. Моча двоякодышащей рыбы в период активной водной жизни содержит азот в виде аммиака; в период наземной жизни, когда рыба окружена коконом из ила и слизи, азот выделяется с мочевиной. Другими средствами борьбы с потерей воды являются уменьшение потовых желез и выделение сильно обезвоженных экскрементов, наблюдаемые у пустынных грызунов и антилоп.

Влажность влияет на продолжительность жизни, скорость размножения животных, на плодовитость (например, у ночной бабочки (*Panolis flammea*) размер кладки при 100 % влажности меньше, чем при 90 %), на поведение (комар *Culex fatigans* перестает питаться и, следовательно, нападать на теплокровных, если относительная влажность падает ниже 40 %).

Способы регуляции водного баланса у животных разнообразнее, чем у растений.

К числу *поведенческих приспособлений* относятся поиски водоемов, выбор мест обитания, рытье нор и т. д. В норах влажность воздуха приближается к 100 %, что снижает испарение через покровы, экономит влагу в организме.

К *морфологическим способам* поддержания нормального водного баланса относятся образования, способствующие задержанию воды в теле; это раковины наземных моллюсков, отсут-

вие кожных желез и ороговение покровов пресмыкающихся, хитинизированная кутикула насекомых и др.

Вместе с тем даже пойкилотермные животные не могут избежать потерь воды, связанных с испарением, поэтому основной путь сохранения водного баланса при жизни в пустыне – это избегание излишних тепловых нагрузок.

Адаптации к действию света.

Световой режим – один из ведущих абиотических факторов, определяющий особенности распределения и изменения интенсивности солнечной радиации, которая поступает к природным и искусственным экосистемам. Световой режим любого места обитания определяется различными факторами.

Световой режим как экологический фактор приводит к возникновению многоярусности растительного покрова, так как это позволяет лучше использовать солнечную радиацию.

Свет является важным условием ориентации растений и животных.

У растений ориентация на свет осуществляется в результате *фототропизмов* – направленных ростовых движений органов растений. Если движение направлено в сторону светового раздражителя, то это – *положительный фототропизм*; если в противоположную – *отрицательный*.

У животных ориентация на свет осуществляется в результате *фототаксисов* – двигательных реакций животных в ответ на одностороннее световое излучение.

При положительном фототаксисе животное перемещается в сторону наибольшей освещенности, при отрицательном – в сторону наименьшей освещенности. Свет необходим животным для зрительной ориентации в пространстве. Начиная с кишечнополостных животных, у них развиваются сложные светочувствительные органы, имеющие различное строение – глаза.

По отношению к световому режиму среди животных различают ночные и сумеречные виды и виды, живущие в постоянной темноте и не выносящие яркого солнечного света.

Важная экологическая роль света состоит в осуществлении *биологических ритмов* разной продолжительности – *циркадных, сезонных и лунных*.

Биологические ритмы – равномерное чередование во времени каких-либо состояний организма. Эти ритмы поддерживаются внутренним механизмом, позволяющим организмам циклически менять свое состояние («*биологические часы*»). Все организмы обладают способностью довольно точно определять время дня и года. Вся живая природа располагает естественными часами, своими внутренними ритмами, живет во времени и постоянно чувствует его «бег».

Циркадные ритмы (от лат. *circa* – около и *dies* – день, сутки) – ритмы, период которых равен или близок к 24 часам. Живые организмы приспосабливались к колебаниям внешней среды в основном под влиянием трех факторов: вращения Земли по отношению к Солнцу, к Луне и к звездам. Первый называется солнечными сутками (равен 24 ч), второй – лунными сутками (24,8 ч), третий – звездными сутками (23,9 ч). Накладываясь друг на друга, эти факторы воспринимались живыми организмами как ритмика, близкая, но не точно соответствующая 24-часовому периоду. Когда животное подвергается постоянному действию света или все время находится в темноте, циркадные ритмы сохраняются в течение нескольких суток. У некоторых насекомых, например, у таракана, можно добиться изменения ритма (свет ночью и темнота днем).

Суточный ритм обнаружен у разнообразных организмов: от одноклеточных до человека. У человека отмечено свыше 100 физиологических функций, которые можно отнести к суточной периодичности, например, сон, бодрствование, изменение температуры тела, ритм сердечных сокращений, глубина и частота дыхания и т. д.

Сезонные ритмы. Надежный сигнал, по которому организмы умеренных широт упорядочивают во времени свою активность, – это длина дня, или *фотопериод*. В течение года длина дня изменяется строго закономерно и не подвержена колебаниям. В отличие от большинства других сезонных факторов длина дня в данное время года и в данном месте всегда одинакова. Продолжительность дня регулирует процессы жизнедеятельности, связанные с размножением и ростом, приспособительными реакциями – линькой, спячкой, диапаузой (приостановка развития у насекомых). Сезонные биоритмы направлены на синхронизацию

циклов индивидуального развития с соответствующими сезонами и обеспечивают совпадение периода размножения с благоприятным сезоном.

Ритмические изменения морфологических, биохимических и физиологических свойств и функций организмов под влиянием чередования и длительности освещения называются *фотопериодизмом*.

Там, где нет резко выраженных сезонных изменений (тропики), большинство видов не обладает фотопериодизмом.

У деревьев, растущих в городах близ уличных фонарей, осенний период оказывается удлинённым, в результате чего у них задерживается листопад, и они чаще подвергаются обморожению.

Фотопериодизм используют в практических действиях, например, при выращивании растений в закрытом грунте, увеличении яйценоскости у кур и других домашних птиц.

По отношению к фотопериоду растения делятся на 3 типа:

1) растения короткого дня, зацветание и плодоношение которых наступает при 8–12 часовом освещении (это растения южных районов – гречиха, просо, подсолнечник, конопля);

2) растения длинного дня, требующие удлинения дня до 16–20 часов (в умеренных широтах большинство растений принадлежит к растениям длинного дня, длиннодневными растениями являются рожь, ячмень, овес, лук, лен, морковь);

3) растения, нейтральные к длине дня (виноград, бархатцы, флоксы, сирень).

Животные, особенно насекомые, также чутко реагируют на продолжительность дня. Только в условиях *длинного дня* развиваются капустная белянка, березовая пяденица. Другая многочисленная группа – совки, тутовый шелкопряд, саранча – это типичные представители насекомых *короткого дня*.

Сезонные изменения представляют собой глубокие сдвиги в физиологии и поведении организмов. Австралийские страусы в умеренных широтах северного полушария откладывают яйца зимой прямо на снег (в Австралии в это время весна).

Лунные ритмы. Лунные ритмы хорошо известны у многих морских животных, в частности у полихет (многощетинковые черви). На островах Полинезии полихета палоло появляется на

поверхности в первой четверти лунных месяцев в октябре и ноябре в таком количестве, что морскую воду можно сравнить с супом из вермишели. Местные жители вылавливают ее в огромных количествах.

На песчаных пляжах Калифорнии рыба *Leuresthes tenuis* мечет икру через 3–4 дня после апрельских и июньских приливов. Эту маленькую рыбку, живущую обычно в открытом море, во время наиболее сильных ночных приливов волны выбрасывают на берег, и, когда море отступает, она зарывается в морской песок, где самки откладывают икру, а самцы ее оплодотворяют. Со следующим приливом они возвращаются в море. Ввиду того, что икра кладется в период отлива после наиболее высоких приливов, вода не доходит до нее в течение 2-х недель, и она может развиваться в морском песке без всяких перемещений. При следующем высоком приливе из икринок выходит молодежь, и волны, омывающие песок, увлекают ее с собой.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные свойства живых систем.
2. Что понимается под экологическим фактором? Приведите классификацию экологических факторов. Как вы считаете, к каким факторам организмам труднее всего адаптироваться?
3. Дайте понятие пределов толерантности организма. Какие факторы называют лимитирующими?
4. Назовите основные абиотические факторы.
5. Дайте понятие адаптации. На каких уровнях осуществляются адаптации?
6. Приведите примеры адаптаций организмов к действию абиотических факторов.

ГЛАВА 3. ПОПУЛЯЦИИ

3.1. Структура популяций

Любой вид животного, растения, микроорганизма существует не как простая сумма особей, а в форме своеобразных группировок организмов, представляющих единое целое – популяцию. Иначе говоря, *популяция* – это генетическая единица вида, форма существования вида. Приспособительные возможности популяции гораздо выше, чем у слагающих ее индивидов.

Раздробление вида на множество мелких территориальных группировок является процессом приспособления к огромному разнообразию местных условий. Это увеличивает генетическое многообразие вида и обогащает его генофонд. Следовательно, каждый вид складывается из того или иного количества относительно изолированных популяций.

Популяция как биологическая единица обладает определенной структурой.

Структура популяции характеризуется составляющими ее особями и их распределением в пространстве.

Функции популяции тождественны функциям других биологических систем. Популяциям так же, как и другим биологическим системам, свойственны рост, развитие, способность поддерживать существование в постоянно меняющихся условиях.

Распределение организмов в пространстве бывает *случайным, равномерным* и *групповым*.

Групповое распределение встречается наиболее часто. В свою очередь, групповое распределение может быть случайным, равномерным и с образованием скоплений групп.

Групповое размещение обеспечивает популяции более высокую устойчивость по отношению к неблагоприятным условиям в сравнении с отдельной особью. Для групп характерна высокая выживаемость особей. Например, группа растений способна лучше противостоять ветру, рыбы в группе могут лучше переносить введенную в воду определенную дозу яда, чем изолированные особи. Пчелы в улье или просто в скоплении выделяют и сохраняют достаточно тепла для выживания всех особей при температуре, при которой гибнут изолированные особи. При групповом распределении часто наблюдается *социальная агрегация*. Со-

циальная агрегация встречается у общественных насекомых и позвоночных, характеризуется определенной организацией, в частности социальной иерархией и специализацией особей. При *социальной иерархии* особи связаны между собой подчинением-доминированием (подобно армейской цепочке от генерала до рядового). В таких группах может быть признанный лидер, за которым следуют члены группы.

Еще одна важная характеристика структуры популяции – *изоляция*. Активность особей, пар или семейных групп обычно ограничена определенным пространством, которое называется *индивидуальным* или *семейным участком*. Если этот участок активно охраняется, ближайшие соседи уничтожаются или изгоняются, то его называют *территорией*. Территориальность наиболее выражена у позвоночных и насекомых. Территориальное поведение позволяет избежать давления хищников и предотвращает распространение болезней вследствие пространственного разобщения особей, оно способствует разделению и сохранению ресурсов.

Каждой популяции свойственны группы разновозрастных особей. А среди них имеются особи разных полов. Возрастной и половой состав популяции находится в тесной взаимозависимости. Продолжительность жизни особей и время наступления половой зрелости не одинаковы у разных видов. Возраст и условия, при которых наступает половая зрелость самцов и самок, влияют на функционирование популяции.

Соотношение разных возрастных групп в популяции определяет ее способность к размножению в данный период и показывает, что можно ожидать от популяции в будущем. Обычно в быстро растущих популяциях значительную долю составляют молодые особи, в популяции, находящейся в стационарном состоянии, возрастное распределение более равномерно, а в популяции, численность которой снижается, будет содержаться большая доля старых особей. Популяции с высокой, умеренной и малой численностью молодых особей можно охарактеризовать тремя типами возрастных пирамид (рис. 4).

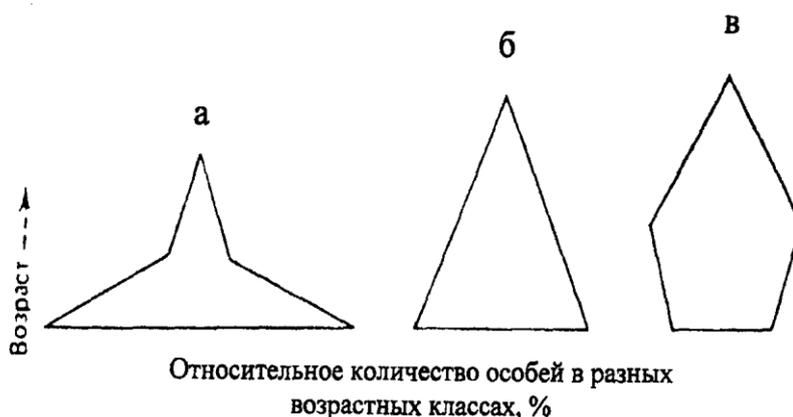


Рис. 4. Три типа возрастных пирамид, характеризующих: а – растущую, б – стабильную, в – стареющую популяции (по Ю. Одуму, 1986 г.)

Знание структуры популяции имеет практическую ценность. Например, позволяет установить, какие возрастные группы играют наибольшую роль в воспроизводстве стада, и, соответственно, отбирать для убоя или отлова животных других возрастных групп. В Англии, например, официально установлен минимальный размер ячеек для сетей, которыми можно пользоваться в промысловом рыболовстве. Таким образом, вылавливается более крупная и старая рыба, которая уже дала потомство, а не достигшие половой зрелости особи в сеть, как правило, не попадают. Вылов молодежи привел бы к уменьшению воспроизводства рыбного стада в последующие годы и, таким образом, уменьшил бы размеры популяций в будущем.

3.2. Статические характеристики популяции

Основными параметрами популяции прежде всего являются ее численность и плотность.

Численность популяции – это общее количество особей на данной территории или в данном объеме. Численность зависит от соотношения интенсивности размножения (плодовитости) и смертности. В процессе размножения происходит рост популяции, смертность приводит к сокращению ее численности.

Плотность популяции определяется количеством особей либо биомассой на единицу площади или объема. Например, 150 растений сосны на 1 га, или 0,5 г циклопов в 1 м³ воды харак-

теризуют плотность популяции этих видов. Плотность популяции также изменчива и зависит от численности. При возрастании численности плотность не увеличивается лишь в том случае, если возможно расселение популяции, расширение ее ареала. Любой популяции свойственна тенденция к расселению. Расселение продолжается до тех пор, пока популяция не встретится с какой-либо преградой.

3.3. Динамические характеристики популяции

Популяция регулирует свою численность и приспосабливается к меняющимся условиям среды путем обновления и замещения особей. Особи появляются в популяции благодаря рождению и иммиграции (вселению), а исчезают в результате смерти и эмиграции (выселению). При сбалансированной интенсивности рождаемости и смертности формируется стабильная популяция. В такой популяции смертность компенсируется приростом, и численность ее удерживается на одном уровне.

Понятие *рождаемость* в экологии характеризует появление на свет новых особей любого организма независимо от того, рождаются ли они, вылупляются ли из яиц, прорастают ли из семян или появляются в результате деления.

Различают максимальную (физиологическую) рождаемость и экологическую (реализованную) рождаемость.

Максимальная рождаемость – это теоретический максимум скорости образования новых особей в идеальных условиях (когда отсутствуют лимитирующие экологические факторы, размножение сдерживается только физиологическими). Максимальная рождаемость постоянна для данной популяции.

Экологическая, или реализованная рождаемость обозначает увеличение численности популяции при фактических условиях среды. Эта величина не постоянна и варьирует в зависимости от размерного и возрастного составов популяции и физических условий среды. Различие между максимальной и реализованной рождаемостью можно проиллюстрировать следующими данными.

При изучении природной популяции певчей птицы *Sialis sialis* на искусственных гнездовьях городского парка в Нашвилле, штат Теннесси выявили, что птицы отложили 510 яиц (около 15 яиц на самку в трех последовательных кладках); это число со-

ответствует максимальной рождаемости. Оперилось всего только 265 птенцов, поэтому экологическая или реализованная рождаемость составляет 52 % от максимальной (около 8 птенцов на самку или 4 на гнездящуюся пару). В лабораторных опытах на мучном хрущаче были получены иные данные. Так, в одном из контейнеров жуками было отложено 12 тыс. яиц, из которых вылупились только 773 личинки, т. е. 6 %. В общем случае для видов, которые не охраняют яйца и не заботятся о потомстве, характерна высокая потенциальная и низкая реализованная рождаемость.

Смертность отражает гибель особей в популяции. *Экологическая*, или *реализованная смертность* – гибель особей в данных условиях среды. Эта величина, как и экологическая рождаемость, не постоянна и изменяется в зависимости от условий среды и состояния самой популяции.

Теоретическая минимальная смертность – величина, постоянная для популяции; она представляет собой гибель особей в идеальных условиях. Даже в самых лучших условиях среды особи будут умирать от старости. Физиологическая продолжительность жизни намного превышает среднюю экологическую продолжительность жизни.

Смертность в экологии обычно записывается графически. Полная картина смертности в популяции описывается *кривыми выживаемости*. Кривые выживаемости для отдельных видов строят путем подсчета процента живых особей различного возраста в отдельной популяции.

Существуют три основных типа кривых выживаемости популяций (рис. 5).

Тип 1 характерен для людей с правильным питанием, хорошо развитым здравоохранением; для большинства крупных млекопитающих, заботящихся о своем потомстве длительное время. Характеристика смертности: чаще умирают наиболее старые особи; смертность увеличивается с возрастом.

Тип 2 характерен для некоторых певчих птиц, чернохвостого оленя, ящериц и мелких млекопитающих, для первобытного человека. Уровень смертности одинаков для всех возрастных групп; смертность постепенно повышается с возрастом.

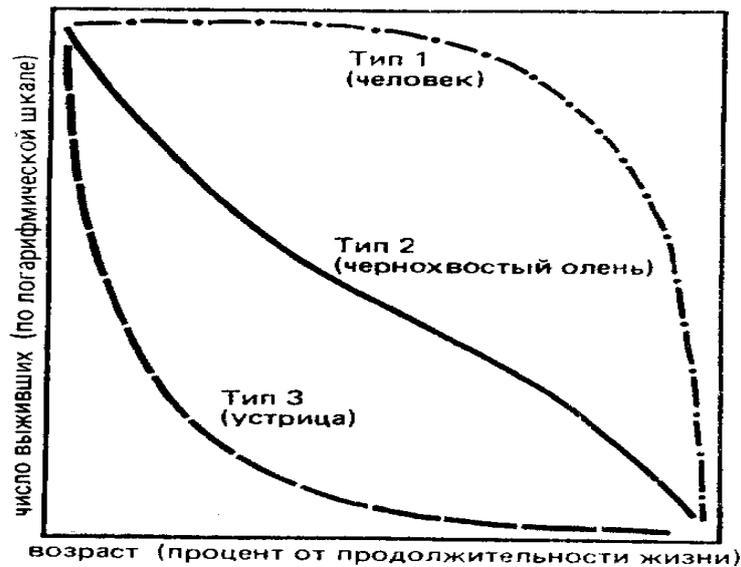


Рис. 5. Три основных типа кривых выживаемости популяций разных видов (по Т. Миллеру, 1993 г.)

Тип 3 характерен для большинства насекомых, морских видов животных, например, устриц, т. е. животных, дающих огромное потомство, но при этом только некоторые особи доживают до половозрелого состояния; для растений, размножающихся благодаря рассеиванию большого числа семян. Чаще умирают молодые особи; смертность уменьшается с возрастом.

При превышении рождаемости над смертностью численность популяции растет, подобные популяции называются *растущими*. Примером может служить интенсивное размножение и распространение ондатры в Европе, начавшееся в 1905 г. в окрестностях Праги, когда там было выпущено 5 особей. Увеличение численности популяции характерно для колорадского жука.

Если смертность превышает рождаемость, популяция становится *сокращающейся*. Хорошо известны случаи резкого сокращения численности популяций промысловых животных, усиленно уничтожаемых человеком (соболь, бобр, зубр).

На динамику численности популяции большое влияние оказывают *миграции* отдельных особей, т. е. обмен индивидуумов популяций. Это происходит при переселении их из одного местобитания в другое. Вместе с рождаемостью и смертностью миграции определяют характер роста популяции и ее плотность.

Эмиграция — выселение с занимаемой территории — аналогична смертности; *иммиграция* — аналогична рождаемости.

Миграция – периодический уход и возвращение на данную территорию.

В результате миграций устраняется избыток особей в одной популяции и компенсируется недостаток в другой, в которой по каким-то причинам смертность превышает рождаемость.

Колебания численности популяции могут происходить под влиянием закономерно меняющихся факторов внешней среды, а могут быть связаны с особенностями, присущими самой популяции.

В экосистемах с низким уровнем видового разнообразия, подверженных воздействию физических стрессов или находящихся под влиянием других нерегулярных или непредсказуемых внешних факторов, размеры популяции обычно зависят от погоды, течений, загрязнения и т. п. (агробиоценозы, пустынные, полупустынные, тундровые экосистемы). В экосистемах с высоким уровнем разнообразия, функционирующих в благоприятной среде (вероятность периодического физического стресса, такого как буря или пожар, низка), регуляция осуществляется, как правило, за счет биологических факторов (тропический лес).

3.4. Факторы регуляции численности популяции

Факторы регуляции численности популяций бывают:

1) *независимые от плотности популяции*, если их влияние не зависит от величины популяции;

2) *зависимые от плотности*, т. е. влияние фактора на популяцию есть функция плотности.

К первой группе относятся абиотические факторы, прежде всего климатические факторы. Неблагоприятная погода может вызвать в популяции гибель особей, которые еще не достигли устойчивой фазы развития. Хорошо известно влияние температуры, освещенности, влажности на продолжительность жизни, плодовитость, смертность. Сильные бури, внезапные падения температуры и другие резкие изменения физических факторов – наиболее характерные примеры независимых от плотности воздействий. К зависимым от плотности факторам относится прежде всего конкуренция, обостряющаяся при возрастании численности популяции, а также деятельность паразитов, хищников, болезни, пища, т. е. механизмы, сдерживающие плотность популяции на опреде-

ленном уровне. Зависимые от плотности факторы, как правило, воздействуют на скорость роста популяции.

При определенных условиях с увеличением плотности популяции скорость роста уменьшается. Это явление широко распространено и позволяет объяснить относительную устойчивость популяций животных. Подсчитано, например, что у большой синицы (*Parus major*) в случае плотности популяции меньше одной пары на гектар выводок чаще всего состоит из 14 птенцов, если же плотность возрастает до 18 пар, у каждой из них бывает не свыше 8 птенцов. У многих насекомых также наступает резкое сокращение плодовитости при возрастании плотности популяции, когда обостряется конкуренция за пищу и места яйцекладок. Это характерно и для мелких млекопитающих: мыши, к примеру, резко снижают рождаемость при ограничении жизненного пространства. В результате переуплотнения популяции у отдельных особей возникают такие физиологические изменения, которые приводят к резкому сокращению рождаемости и увеличению смертности. У млекопитающих такое явление получило название *стресс-синдрома*. При этом животные становятся настолько агрессивными (жестокие драки, нетерпимость присутствия соседа), что у них почти полностью прекращается размножение. В стрессовом состоянии увеличивается кора надпочечников и повышается концентрация кортикостероидных гормонов. У самок нарушается овуляция, происходит резорбция эмбрионов, не проявляются инстинкты заботы о потомстве.

Одним из важных механизмов регуляции внутривидовой численности выступает эмиграция, интенсивность которой стимулируется повышением плотности популяции. У саранчи известны две жизненные фазы: одиночная и стадная. Причиной этого является разная плотность особей в популяции. Большая скученность обуславливает образование стадной фазы. Особи обеих фаз отличаются окраской, поведением, скоростью развития, строением. В стадной фазе особи очень подвижны и тяготеют к миграциям, что является средством регуляции численности саранчи в ее резервациях. Скученный образ жизни в нарастающем темпе приводит к сокращению яйцевых трубочек. Поэтому чем выше степень стадности, тем ниже плодовитость. У некото-

рых видов тлей повышение плотности популяции сопровождается появлением крылатых особей, способных расселяться.

Рост плотности популяций многих насекомых сопровождается уменьшением размеров особей, снижением их плодовитости, повышением смертности личинок и куколок. Нередко при чрезмерном возрастании плотности популяции у животных стимулируется каннибализм. Примером может служить явление поедания своих же яиц мучными хрущачами.

Падение плотности популяции ниже оптимального уровня, например, при усиленном истреблении крыс, вызывает повышение плодовитости и стимулирует их более раннее половое созревание.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определения понятиям «биологический вид» и «популяция». Приведите примеры.

2. Назовите статические характеристики популяции. Поясните, как особи одной популяции распределяются в пространстве относительно друг друга.

3. Назовите динамические характеристики популяции. Какие вы знаете модели роста популяций?

4. Какие вы знаете факторы регуляции численности популяций? Приведите примеры.

ГЛАВА 4. СООБЩЕСТВА И ЭКОСИСТЕМЫ

4.1. Основные понятия

Экосистема – это совокупность совместно обитающих разных видов организмов и условий их существования, находящихся в закономерной взаимосвязи друг с другом.

Термин «экосистема» предложен английским экологом А. Тенсли (1935 г.).

В зависимости от размеров выделяют *микроэкосистемы* (ствол гниющего дерева), *мезоэкосистемы* (лес, пруд, озеро), *макроэкосистемы* (континент, океан), *глобальную экосистему* (биосфера Земли).

Ю. Одум (1986 г.) выделяет три группы природных экосистем: *наземные* (биомы) (тундра, тайга, широколиственные леса,

степи, пустыни, саванны), *пресноводные* и *морские*. Кроме природных, существуют искусственные экосистемы, например, поле, аквариум.

Биом – крупная региональная биосистема, характеризующаяся каким-либо основным типом растительности или другой характерной особенностью ландшафта, например, биом лиственных лесов умеренного пояса. В прошлом веке примером могла служить американская прерия с необозримым пространством, где жили стада бизонов, покрытая травой и совершенно лишенная деревьев. Другой пример биома – африканская саванна с акациями и баобабами, населенная крупными травоядными (жирафами, антилопами, зебрами) и львами.

В 1944 г. В. Н. Сукачевым был предложен термин «биогеоценоз». Под биогеоценозом понимают сообщество растений, животных, микроорганизмов на определенном участке земной поверхности с его микроклиматом, геологическим строением, ландшафтом и т. д.

В настоящее время существуют две точки зрения на соотношение понятий «экосистема» и «биогеоценоз». Одни авторы считают, что эти понятия идентичны, другие, – что биогеоценоз – понятие более узкое, чем экосистема, так как биогеоценоз – это только наземное образование с определенными границами. Биогеоценоз в отечественной литературе принято характеризовать как экосистему, границы которой очерчены ареалом распространения растительного покрова – *фитоценоза*. Например, степные, болотные, луговые и т. п. биогеоценозы. Биогеоценоз – это частный случай экосистемы, всегда явление естественное, даже в случае воздействия на него человека. Экосистема может быть целиком искусственной (аквариум, космический аппарат). По определению А. Тенсли, экосистемы – безразмерные устойчивые системы живых и неживых компонентов, в которых совершается круговорот веществ и энергии. Экосистема – это и капля воды с ее микробным населением, и лес, и горшок с цветком, и аэротенк (сооружение для биологической очистки сточных вод). Таким образом, понятие «экосистема» шире, чем «биогеоценоз», т. е. любой биоценоз является экосистемой, но не всякая экосистема может считаться биогеоценозом.

Биогеоценоз складывается из биоценоза и биотопа. *Биоценоз* (от греч. *bios* – жизнь, *koinos* – общий) – это организованная группа популяций растений, животных и микроорганизмов, живущих совместно в одних и тех же условиях среды. Термин «биоценоз» введен в 1877 г. К. Мебиусом, определившим его как комплекс организмов, занимающих определенный участок арены жизни. Биоценоз является синонимом *сообщества*, в зарубежной литературе – *ассоциации*.

Пространство с более или менее однородными условиями, заселенное тем или иным сообществом организмов (биоценозом), называется *биотопом*. Иначе говоря, биотоп – это место существования, место обитания биоценоза.

Биоценоз и его биотоп составляют два нераздельных элемента, действующих друг на друга и образующих устойчивую систему, т. е. биогеоценоз = биоценоз + биотоп. Между биоценозом и биотопом существует тесное взаимодействие, основанное на постоянном обмене веществом и энергией.

4.2. Типы взаимоотношений между организмами в сообществах

Взаимоотношения организмов в сообществах можно разделить на *гомотипические реакции*, т. е. взаимодействия между особями одного и того же вида, и *гетеротипические реакции*, т. е. взаимодействия между особями разных видов.

4.2.1. Гомотипические реакции

Различают *групповой*, *массовый эффект* и *внутривидовую конкуренцию*.

1. *Групповой эффект* – объединение животных одного вида в группы по две или более особей. Баклан, главный производитель гуано в Перу, может существовать лишь при условии, если в его колониях насчитывается не меньше 10 тыс. особей и на 1 м² приходится 3 гнезда. Известно также, что для выживания африканских слонов стада должны состоять, по крайней мере, из 25 особей, а стадо северного оленя должно насчитывать не менее 300–400 голов.

При совместной жизни облегчаются поиски пищи и борьба с врагами. Объединенные в стаю волки способны убивать добычу крупных размеров, тогда как, действуя в одиночку, они не в состоянии этого делать. Бизоны, мускусные быки и другие жвачные могут успешно обороняться от хищников, если они объединены в стада.

2. *Массовый эффект* – эффект, вызванный перенаселением среды. Так, при плотности популяции мучного хрущака, превосходящей оптимум, плодовитость самок снижается. В муке, в которой живут хрущаки, накапливаются экскременты, токсические выделения.

3. *Внутривидовая конкуренция* – конкуренция между особями одного вида. Внутривидовая конкуренция проявляется в территориальном поведении, когда животные защищают место своего гнездовья и определенную площадь в его округе. В период размножения самец охраняет определенную территорию, на которую, кроме своей самки, не допускает ни одной особи своего вида.

4.2.2. Гетеротипические реакции

Возможны следующие виды влияний одних организмов на другие:

1. *Нейтрализм*: оба вида независимы и не оказывают друг на друга никакого влияния.

2. *Конкуренция*: каждый из видов оказывает на другой неблагоприятное воздействие. Виды конкурируют в поисках пищи, укрытий, мест кладки яиц и т. п. Оба вида называют конкурирующими. Обостренной конкуренцией объясняется несовместимость в одном водоеме широкопалого и узкопалого раков. Обычно победителем оказывается узкопалый рак как наиболее плодовитый и приспособленный к современным условиям жизни. Примером конкуренции растений могут служить взаимоотношения лисохвоста лугового и типчака. Типчак подавляется теневыносливым и быстро растущим лисохвостом. Конкуренция является одной из причин того, что два вида, слабо различающихся спецификой питания, поведения, образа жизни, редко сожительствуют в одном сообществе. Такая конкуренция носит характер прямой вражды.

3. *Мутуализм*: каждый из видов может жить, расти и размножаться только в присутствии другого. Они живут в симбиозе. Классический пример симбиоза – сожительство рака-отшельника и актинии.

Оба вида извлекают взаимную пользу от такой связи. Форму симбиоза приобретают отношения многих муравьев и тлей: муравьи защищают тлей от врагов, а сами питаются их сахаристыми выделениями. Широко распространенные лишайники – не что иное, как симбиоз между водорослями и грибами.

4. *Сотрудничество*: оба вида образуют сообщество. Оно не является обязательным, так как каждый вид может существовать изолированно, но жизнь в сообществе приносит им обоим пользу. Вместо «сотрудничества» часто используется термин «протокооперация» или «первичная кооперация». Совместное гнездование некоторых видов птиц, таких как крачки и цапли, представляет собой пример сотрудничества, позволяющего им более успешно защищаться от хищников. Кишечнополостные прикрепляются к спине крабов (иногда крабы «сажают» их сами), маскируя и защищая их (у кишечнополостных есть стрекательные клетки), в свою очередь, получая от крабов кусочки пищи и используя их как транспортное средство.

5. *Комменсализм* (нахлебничество, сотрапезничество): в этом случае один вид сообщества – комменсал извлекает пользу от сожительства, а другой вид – хозяин не имеет никакой выгоды. При комменсализме обычно мелкие организмы, поселяясь возле или внутри крупных, пользуются не только территорией, но и остатками пищи. Так, краб пинникса (*Pinnixa*), поселяющийся в раковине дальневосточных пластинчатожаберных моллюсков, питается их объедками. Мальки многих рыб живут среди щупалец актиний и медуз и питаются отбросами их пищи. Многие птицы (жаворонки, овсянки, воробьи, куропатки) кормятся на экскрементах копытных, выбирая оттуда непереваренные зерна растений. Песцы в тундре следуют за белым медведем и доедают остатки его пищи.

6. *Аменсализм*: при этом типе взаимоотношений один вид, именуемый *аменсалом*, испытывает угнетение роста и размножения; другой вид, называемый *ингибитором*, таких неудобств не имеет. Многие грибы и бактерии синтезируют антибиотики, тор-

мозащие рост других бактерий. Широкую известность получили, например, антибиотики пенициллин, стрептомицин – продукты жизнедеятельности грибов рода *Penicillium* и *Streptomyces*.

7. *Хищничество*: хищный вид нападает на вид-жертву, которым он питается. Как у хищников, так и у жертв исторически выработались специальные приспособления для ловли добычи и для защиты. У хищников это хорошо развитые органы чувств, быстрота реакции, способность к быстрому бегу, у жертв – выросты тела, шипы, колючки, панцири, защитная окраска, способность быстро прятаться, зарываться в рыхлый грунт, строить недоступные хищникам убежища, прибегать к сигнализации об опасностях. В результате таких обоюдных приспособлений формируются определенные группировки организмов – специализированные хищники и специализированные жертвы. Так, коршун-слизнеед употребляет в пищу только некоторые виды моллюсков, скопа питается рыбой, основной пищей рыси служат зайцы, а волк – типичный многоядный хищник. До недавнего времени было широко распространено мнение, будто все хищники – вредные животные и их следует уничтожать. Это ошибочное представление, поскольку уничтожение хищников часто приводит к нежелательным последствиям и наносит большой ущерб дикой природе и хозяйству человека. Жертвами хищников обычно бывают больные и ослабленные особи, уничтожением которых сдерживается распространение болезней, оздоравливается популяция.

8. *Паразитизм*: паразитический вид, обычно мелких размеров, тормозит рост и размножение своего хозяина, от которого непосредственно и всецело зависит его питание. Паразит может даже вызывать гибель хозяина.

У организмов, ведущих паразитический образ жизни, выработались многочисленные приспособления к паразитированию в виде анатомо-морфологических и физиологических особенностей. Любой организм в естественных условиях заражен теми или иными паразитами – вирусами, бактериями, самыми разнообразными растениями и животными, приспособившимися в процессе эволюции к паразитированию. Нередко в одном хозяине поселяется несколько видов паразитов.

Одна из форм приспособления к паразитизму – упрощение организации паразита по сравнению со свободно живущими

предками. Так, у ряда паразитических червей из класса ленточных (Cestoidea) редуцируются органы пищеварения и чувств в связи с тем, что они буквально «купаются» в пищевом бульоне и всасывают пищу всей поверхностью тела. Многие паразиты из насекомых утрачивают крылья (вши, блохи). Среди животных известен паразит из ракообразных – саккулина (*Sacculina carcini*). Тело ее состоит из мантии, половых желез и упрощенной нервной системы. Саккулина паразитирует на крабах и имеет вид небольшого мешочка, располагающегося на нижней стороне брюшка хозяина. От этого мешочка внутрь тела краба, наподобие корней, идут тонкие выросты, пронизывающие органы и ткани хозяина. У некоторых растений-паразитов сокращается количество зеленых частей тела, а у отдельных растений хлорофиллоносные органы исчезают полностью. В мире цветковых растений крайняя степень упрощения наблюдается у раффлезии (*Rafflesia arnoldii*) – паразита лианы циссус (*Cissus*).

У нее сохранился лишь цветок, а все остальные органы превратились в нити. Эти нити внедряются в промежутки между клетками хозяина и напоминают мицелий гриба.

Наряду с упрощением организации почти у всех паразитов появляются специфичные органы фиксации (крючки, зацепки, присоски). Они позволяют прикрепляться и удерживаться на теле или в органах и полостях хозяина. Чрезвычайно высокая плодовитость и сложные жизненные циклы развития многих паразитов позволяют им выжить в борьбе за существование. Аскарида продуцирует за 5–6 месяцев 50–60 млн. яиц, общая масса которых в 1700 раз превышает массу самки, свиной цепень выделяет за год около 600 млн. яиц и живет до 18 лет. Огромное количество семян развивается из цветка раффлезии, который достигает гигантских размеров – диаметр его около метра, а масса до 5 кг.

4.3. Структура и состав экосистем

В целом в составе экосистемы выделяют 3 живых и 3 неживых компонента:

- 1) *неорганические вещества* (азот, углекислый газ, вода и др.), включающиеся в природные кругообороты;
- 2) *органические соединения* (белки, углеводы, липиды);
- 3) *климатический режим* (температура, свет, влажность);

4) *продуценты* (производители первичной продукции) – автотрофные организмы, главным образом зеленые растения, микроскопические водоросли, способные строить свои тела за счет неорганических соединений, используя солнечную энергию.

Большинство продуцентов – зеленые растения, которые создают необходимые органические вещества в процессе фотосинтеза. Этот процесс начинается с того, что солнечные лучи поглощаются пигментом растений хлорофиллом, который и придает им зеленый цвет. Растения используют солнечную энергию для получения углеводов – сахара, крахмала, целлюлозы из углекислого газа и воды. При этом выделяется кислород, являющийся побочным продуктом фотосинтеза. В качестве классического примера приводится реакция синтеза глюкозы:



Некоторые продуценты, в основном бактерии, способны поглощать из окружающей среды неорганические соединения и преобразовывать их в органические питательные вещества без присутствия солнечного света. Этот процесс называется *хемосинтезом*. В некоторых районах на дне морей, океанов есть гидротермальные выходы, служащие источником горячей морской воды и сероводорода. В этой абсолютной темноте, в условиях высоких температур бактерии путем хемосинтеза преобразуют неорганический сероводород в необходимые им органические вещества;

5) *консументы* (потребители продукции) – гетеротрофные организмы, главным образом животные, которые потребляют первичную продукцию или других животных, различают консументов 1-го порядка (растительноядные, например, травоядные животные, насекомые-фитофаги), 2-го порядка (плотоядные, хищники, питаются травоядными), консументов 3-го порядка (плотоядные, питающиеся плотоядными);

б) *редуценты* (деструкторы) – гетеротрофные организмы, преимущественно бактерии и грибы, разлагающие органические остатки, превращая их снова в минеральное сырье и воду, и как

бы служащие завершающим частично звеном биологического круговорота.

Рассмотрим пример экосистемы (пруд).

Продуцентов пруда можно подразделить на два главных типа: 1) укорененные или крупные плавающие растения (макрофиты), обычно встречающиеся только на мелководье, и 2) мелкие плавающие растения, как правило, водоросли, называемые *фитопланктоном* (от греч. *phyton* – растение, *plankton* – блуждающий). Фитопланктон распределен в толще воды на глубину проникновения света. При избытии фитопланктона вода становится зеленоватой. В больших, глубоких прудах и озерах (а также в океанах) фитопланктон играет большую роль в производстве пищи для всей экосистемы, чем укорененная растительность. Во всех наземных сообществах дело обстоит иначе: преобладают укорененные растения, но на почве, камнях и стеблях высших растений встречаются мелкие фотосинтезирующие организмы, такие как водоросли, мхи, лишайники.

Консументы 1-го порядка, или растительноядные животные, питаются непосредственно живыми растениями или их частями. В пруду имеется два типа консументов 1-го порядка: *зоопланктон* (животный планктон) и *бентос* (донные формы), соответствующие двум типам продуцентов. В лугопастбищной экосистеме растительноядные животные также делятся на две размерные группы: мелкие – растительноядные насекомые и другие беспозвоночные и крупные – травоядные грызуны и копытные млекопитающие.

Консументы 2-го порядка, или плотоядные, – хищные насекомые и хищные рыбы в пруду.

Еще один тип консументов – детритофаги. Они существуют за счет органического детрита (совокупности частиц биогенного и абиогенного происхождения), падающего из верхних ярусов.

4.4. Пищевые цепи и сети

Взаимоотношения между организмами в экосистеме в процессе жизнедеятельности строятся на основе цепей питания, или трофических цепей.

Пищевая цепь – ряд живых организмов, в котором одни организмы поедают предшественников по цепи и, в свою очередь, оказываются съеденными теми, кто следует за ними.

Примеры пищевых цепей:

- 1) трава (продуцент) → кролик (консумент 1-го порядка) → лисица (консумент 2-го порядка);
- 2) сосна → тля → божья коровка → паук → насекомоядная птица → хищная птица.

Пищевые цепи можно разделить на два основных типа: *пастбищная цепь* (цепь «выедания»), которая начинается с зеленого растения, далее идет к пасущимся растительноядным животным и к их хищникам; и *детритная цепь* (цепь «разложения»), которая от мертвого органического вещества идет к микроорганизмам, а затем к детритофагам и к их хищникам. Во всех экосистемах пастбищная и детритная пищевые цепи взаимосвязаны. Например, не вся пища, съеденная пасущимися животными, усваивается: часть ее (непереваренные остатки) уходит в детритную цепь.

Пищевая цепь – это некоторое упрощение. Так, всеядные животные питаются одновременно растительной и животной пищей, а некоторые хищники имеют широкий набор жертв. Данное животное или растение может служить пищей для различных плотоядных и травоядных. Пищевые цепи перекрещиваются друг с другом, составляя *пищевую сеть*.

Некоторые вещества по мере продвижения по цепи имеют свойство накапливаться. Этот процесс называется *концентрированием в пищевой цепи или биологическим накоплением*. Нагляднее всего биологическое накопление демонстрируют некоторые устойчивые радионуклиды и пестициды.

Тенденция некоторых радионуклидов увеличивать свою концентрацию с каждым этапом пищевой цепи впервые была обнаружена на Хэлфордском заводе штата Вашингтон в 1950-х годах. Оказалось, что крайне малые (следовые) количества радиоактивного йода, фосфора, цезия и стронция, выпускавшиеся заводом в реку Колумбия, концентрировались в тканях рыб и птиц. Таким образом, «безопасные» выбросы в реку могут стать крайне опасными для высших звеньев пищевой цепи. Подобное накоп-

ление обнаружено и для инсектицида ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтана). Чтобы сократить численность комаров, клещей болота, леса много лет опыляли ДДТ. Специалисты по борьбе с насекомыми благоразумно не применяли таких концентраций, которые были бы непосредственно летальны для животных, но они не учли экологических процессов и длительного сохранения токсичных остатков ДДТ. В середине 60-х годов неожиданным для многих ученых явилось сообщение о том, что ДДТ обнаружен в печени пингвинов в Антарктиде – месте, удаленном от районов возможного применения ДДТ. От отравления ДДТ сильно пострадали некоторые хищники верхних трофических уровней, больше всего птицы. Ядовитые остатки адсорбировались на детрите, концентрировались в тканях детритофагов и мелких рыб и далее – в хищниках высшего порядка. У рыб и птиц накоплению способствуют жировые отложения, в которых концентрируется ДДТ. Широкое применение ДДТ привело к уничтожению целых популяций хищных птиц, таких как скопы, сапсаны, пеликаны, и детритофагов, таких как манящие крабы. Птицы особенно чувствительны к отравлению ДДТ, так как этот яд (и другие инсектициды, представляющие собой хлорированные углеводороды) посредством снижения в крови концентрации стероидных гормонов нарушает образование яичной скорлупы. Тонкая скорлупа лопается еще до того, как разовьется птенец. Таким образом, очень малые дозы, неопасные для особи, оказываются летальными для популяции.

4.5. Концепция биопродуктивности

Биологическая продуктивность экосистемы – это воспроизведение биомассы растений, животных и микроорганизмов, входящих в состав экосистемы. Этот процесс протекает в природе с определенной скоростью. Биологическую продуктивность экосистемы выражают продукцией за сезон, за год, за несколько лет. *Продуктивность* отличается от *продукции*. Понятие продуктивности связывается с процессом, со скоростью образования органического вещества, а продукция – с его количеством. Продукция для наземных и донных организмов определяется количеством биомассы на единицу площади, а для планктонных и почвенных – на единицу объема.

Продуктивность бывает *первичной* и *вторичной*.

Первичная продуктивность экологической системы – скорость, с которой в ходе фотосинтеза солнечная энергия усваивается продуцентами и накапливается в форме органических веществ на единицу земной поверхности в единицу времени. В процессе производства органического вещества выделяют три уровня.

1. *Валовая первичная продуктивность* – общая скорость фотосинтеза, общее количество энергии, которое связывается в органическом веществе зеленых растений в расчете на единицу площади в единицу времени.

2. *Чистая первичная продуктивность* – скорость накопления органического вещества в растительных тканях за вычетом того органического вещества, которое использовалось при дыхании растений за изучаемый период.

Чем благоприятнее условия среды, тем выше чистая первичная продуктивность. В неблагоприятных условиях жаркой или арктической пустыни растения затрачивают на дыхание до 80 % органического вещества, синтезированного в процессе фотосинтеза, а в благоприятных условиях при обильных ресурсах тепла и влаги – не более 30 %.

3. *Чистая продуктивность сообщества* – скорость накопления органического вещества, не потребленного гетеротрофами (т. е. чистая первичная продукция за вычетом потребленной гетеротрофами).

Вторичная продуктивность – скорость накопления органического вещества на уровнях консументов и редуцентов.

При переходе энергии с одного трофического уровня на другой (от растений к фитофагам, от фитофагов к зоофагам, от хищников первого порядка к хищникам второго порядка) с затратами на дыхание и экскрементами теряется примерно 90 % энергии. Кроме того, фитофаги съедают только 30 % биомассы растений, остальная часть пополняет запас детрита, который затем разрушается редуцентами. Поэтому вторичная продуктивность в 20–50 раз меньше, чем первичная.

По продуктивности экосистемы делятся на 4 группы.

1. Экосистемы очень высокой биологической продуктивности – свыше 2 кг/м² в год. К ним относятся высокие и густые за-

росли тростника в дельтах Волги, Дона и Урала. По продуктивности они близки к экосистемам тропических влажных лесов и коралловых рифов.

2. Экосистемы высокой продуктивности – $1-2 \text{ кг/м}^2$ в год. Это липово-дубовые леса, прибрежные заросли рогоза или тростника на озере, посевы кукурузы и многолетних трав, выращенные с использованием орошения и высоких доз минеральных удобрений.

3. Экосистемы умеренной продуктивности – $0,25-1 \text{ кг/м}^2$ в год. Это преобладающая часть сельскохозяйственных посевов, сосновые и березовые леса, сенокосные луга и степи, заросшие водными растениями озера, «морские луга» из водорослей.

4. Экосистемы низкой продуктивности – менее $0,25 \text{ кг/м}^2$ в год. Это пустыни жаркого климата, арктические пустыни островов Северного Ледовитого океана, тундры, полупустыни Прикаспия, вытопанные скотом степные пастбища с низким и редким травостоем, горные степи, которые развиваются на почвах мощностью не более 5 см и состоят из растений-камнелюбов, покрывающих поверхность субстрата на 20–40 %. Такую же низкую продуктивность имеет большинство морских экосистем. Средняя продуктивность экосистем Земли не превышает $0,3 \text{ кг/м}^2$ в год, так как на планете преобладают низкопродуктивные экосистемы пустынь и океанов.

От продуктивности отличают урожай (количество органического вещества, которое имеет хозяйственную ценность) и биомассу. Например, в урожай луга не входит накопленная за год биомасса корней и надземная биомасса, которая расположена ниже линии скашивания или поедания травы пасущимися животными.

Благоприятное сочетание интенсивного солнечного света, тепла и осадков делают тропики наиболее продуктивной наземной экосистемой в расчете на единицу площади. В экосистемах умеренных и арктических областей низкие зимние температуры и длинные ночи сокращают продуктивность. Недостаток влаги ограничивает продукцию растений в засушливых областях. К сообществам с наибольшей продуктивностью (от 2000 до 3000 г/м^2 в год) можно отнести некоторые тропические дождевые леса, развивающиеся сообщества, формирующиеся в благоприятных

условиях (например, молодые леса умеренного пояса), некоторые интенсивные сельскохозяйственные культуры (сахарный тростник, рис). Леса умеренной зоны обладают продуктивностью 1200–1500 г/м² в год. Пустыни, полупустыни, тундры относятся к сообществам с низкой продуктивностью (ниже 250 г/м² в год).

Открытый океан – это та же пустыня, его продуктивность составляет 10 % от продуктивности лесов умеренной зоны. Продуктивность океана ограничивает недостаток минеральных веществ. Также основная масса воды океана очень бедна жизнью. Все продуценты обитают в верхнем слое воды. Основным продуцентом в море является фитопланктон – мелкие водоросли, плавающие в толще воды, придающие ей зеленый цвет. Здесь же в богатых фитопланктоном поверхностных областях обитает и основная масса животных, для которых фитопланктон является основным поставщиком первичной продукции. Все эти организмы образуют так называемую поверхностную или планктонную пленку жизни. Помимо поверхностной, в океане выделяют также донную, или бентосную, пленку жизни, существующую в основном за счет оседания на дно отмершего вещества из поверхностной пленки. Ввиду невозможности фотосинтеза на больших глубинах эта пленка населена бентосом – донными формами жизни, являющимися гетеротрофами.

Только продуктивность прибрежных зарослей морских водорослей, коралловых рифов и мелководных эстуариев (устьев рек, расширяющихся при впадении в моря и океаны) приближается к продуктивности наземных местообитаний.

Две трети глобальной продукции производится сообществами суши и третья часть – океаном.

4.6. Развитие экосистем

Одно из основных свойств биоценозов – это их динамизм. Наблюдение за полем, заброшенным на несколько лет, показывает, что его последовательно заселяют сначала многолетние травы, затем кустарники и, наконец, древесная растительность.

Развитие экосистемы, известное под названием *экологической сукцессии* (от английского *succession* – последовательность), состоит в изменении во времени ее видовой структуры. Это последовательная необратимая смена биоценозов на одной и той же

территории. Сукцессия происходит в результате изменения сообществом окружающей физической среды и взаимодействий между организмами внутри самого сообщества.

В качестве примера рассмотрим сукцессию в водной среде.

Первоначально озеро глубоко, богато кислородом, воды его прозрачны. Постепенно происходит его заполнение за счет отложения наносов, падения на дно остатков животных и растений, наступления прибрежной растительности. В результате озеро превращается в эвтрофное. Его заполнение продолжается, оно превращается в болото, затем в луг и, наконец, в лес.

Глубоководное озеро → мелководное озеро →
→ болото → луг → лес.

Скорость подобной эволюции в каждом отдельном случае различна. Считают, что возраст Баденского озера (Швейцария) равен 12 тыс. лет и что приблизительно через столько же лет оно прекратит свое существование.

Сукцессия бывает первичной и вторичной.

Первичная сукцессия развивается при заселении организмами нового, необжитого участка земной поверхности, который никогда не был заселен, например, на потоке застывшей лавы. Впервые поселяющиеся на нем организмы именуют пионерами.

Вторичная сукцессия развивается на месте уже существовавших сообществ, на участках, которые уже были заселены, но лишились своих обитателей в результате климатических (оледенения, пожары) или геологических (эрозия) явлений, а также из-за вторжения человека (например, распашка полей, вырубка лесов).

Последовательность сообществ, сменяющих друг друга в данном пространстве, называется *серией*; относительно недолговечные переходные сообщества – *серийные стадии* или *стадии развития*.

Финальная, достаточно устойчивая фаза развития экосистемы известна под названием *климакса*.

Климаксовый биоценоз остается стабильным в течение времени, равного нескольким человеческим жизням. В масштабах геологического времени его устойчивость относительна. Кроме

того, даже с виду стабильный климакс непрерывно обновляется. В лесу все время падают и гибнут деревья, на образующихся просеках обосновываются специфичные виды животных и растений, затем на этом месте снова вырастают деревья, и прогалина исчезает, в то время как где-то в другом месте появляется новая.

Приведем пример из жизни лесного сообщества Кузбасса.

На месте вырубки кедрово-пихтового или пихтово-осинового леса появляются злаковые травянистые растения и многочисленные всходы осинового подроста. Через два года после рубки на лесосеке продолжается интенсивное развитие злаков, но с каждым последующим годом, с увеличением возраста всходов осины и появлением подлеска из черемухи, рябины, калины, шиповника участие злаковых растений в сложении травяного покрова начинает постепенно снижаться. Завершается первый сериальный ряд экологической сукцессии.

В 6–7-летнем возрасте у древесных пород – осины и кустарников – происходит смыкание крон. Под их пологом происходит выпадение из состава травостоя светолюбивых злаков, и на смену им приходят теневыносливые травянистые растения. Мощность травостоя снижается, создавая благоприятные условия для развития поросли пихты сибирской.

На следующем более длительном этапе развития лесного сообщества осины растут, тянутся к солнцу, идет процесс самоизреживания осины (т. е. гибели слабых растений). В нижнем ярусе создаются все лучшие условия для развития тенелюбивых хвойных пород растений. Пихта сибирская постепенно вытесняет светолюбивую осину и занимает главенствующее положение.

Человек может влиять на ход сукцессии и на период достижения фитоценозом климакса. Так, чрезмерный выпас скота может привести к образованию пустынного сообщества, где по условиям локального климата могла бы сохраниться степь.

Сукцессии, не завершающиеся конечным климаксом, называют *деструктивными*. В конце концов, данное местообитание совершенно разрушается в ходе различных серий. Примеры: трупы животных, погибшие деревья.

4.7. Понятие экологической ниши

Положение каждого вида и популяции в биоценозе зависит от наличия необходимых для их жизнедеятельности условий среды, прежде всего абиотических факторов, а также от взаимоотношений с другими видами и популяциями. Таким образом, каждый вид занимает определенное положение в составе экосистемы и выполняет определенные функции, обеспечивающие стабильность его позиций и экосистемы в целом. Это положение вида называют *экологической нишей*.

Экологическая ниша – это комплекс всех факторов среды, которые необходимы биологическому виду для жизни в данной экосистеме, а также функциональная роль вида в экосистеме.

Если в нашем человеческом обществе мы хотим с кем-то познакомиться, то для начала нам необходимо узнать адрес этого человека, т. е. место, где его можно найти. Но для того, чтобы лучше узнать человека, желательно знать о роде его занятий, его интересы, роль, которую он играет в жизни общества. По аналогии местообитание организма – это его «адрес» в экосистеме, тогда как его экологическая ниша – его «род занятий» и «стиль жизни». Например, местообитание дрозда включает в себя леса, парки, луга, сады, огороды и дворы. Его же экологическая ниша включает такие факторы, как гнездование и высиживание птенцов на деревьях, питание насекомыми, земляными червями и плодами, перенос плодово-ягодных семян со своими экскрементами. Местообитание водных насекомых: клопа-гладыша (*Notopecta*) и плавта (*Corixa*) – это мелководные, покрытые растительностью пространства прудов и озер. Однако эти виды занимают разные трофические ниши: гладыш – активный хищник, а плавт питается преимущественно разлагающейся растительностью. Наиболее ярким примером разделения сфер питания могут служить две родственные рыбацкие птицы (большой баклан и хохлатый баклан). Эти два вида гнездятся на одних и тех же обрывах и кормятся в тех же прибрежных водах. Однако хохлатый баклан питается в основном рыбой, плавающей в верхних слоях воды, тогда как большой баклан добывает пищу в придонных слоях, где ловит камбалу, бычков, креветок. Пища этих двух видов бакланов различна, и они занимают разные экологические ниши. Таким об-

разом, в природе многие виды могут спокойно уживаться, поскольку каждый вид обладает собственной экологической нишей.

Каждый биологический вид играет определенную роль в своей экосистеме. Некоторые виды, называемые *ключевыми видами*, кардинально влияют на многие другие организмы в экосистеме. Исчезновение ключевого вида из экосистемы может спровоцировать целый каскад резких падений численности популяций и даже вымирание тех видов, которые зависели от него в той или иной форме. Примерами ключевых видов можно считать земляную черепаху и аллигатора.

Земляная черепаха обитает на песчаных возвышенностях во Флориде и других южных районах США. Это медлительное, размером с обеденную тарелку, животное вырывает себе нору глубиной до 9 метров. В жарких условиях юга США такие норы становятся убежищами почти для 40 других видов животных, таких как серая лиса, опоссум, змея индиго и многих насекомых. В тех местах, где земляная черепаха была истреблена или доведена до грани вымирания многочисленными охотниками за ее изысканным мясом, многие зависящие от черепахи виды перестали существовать.

Экологические ниши всех организмов можно разделить на *специализированные* и *общие* – в зависимости от основных источников питания, размеров местообитания и чувствительности к температуре и другим физико-химическим факторам. Большинство видов растений и животных может существовать лишь в узком диапазоне климатических условий и других характеристик окружающей среды и питаться ограниченным набором растений или животных. Такие виды характеризуются специализированными экологическими нишами. Например, гигантская панда имеет сильно специализированную нишу, так как на 99 % питается листьями и побегами бамбука.

Невероятное разнообразие форм растительного и животного мира, наблюдаемое во влажных тропических лесах, объясняется существованием там целого набора специализированных экологических ниш в каждом из четко выраженных ярусов лесной растительности. Широкомасштабная вырубка этих лесов обрекает на вымирание миллионы специализированных видов растений и животных.

Виды с общими нишами легко приспособляются к изменениям условий среды обитания. Они могут обитать в самых разнообразных местах, потреблять разнообразную пищу и выдерживать широкий диапазон природных условий. Именно этим объясняется меньшая опасность их вымирания по сравнению с видами, обладающими специализированными нишами. Общими экологическими нишами характеризуются, например, мухи, тараканы, мыши, крысы и люди.

4.8. Понятие биосферы как глобальной экосистемы Земли

Биосфера – глобальная экосистема Земли, высший уровень взаимодействия живого и неживого, совокупность экосистем.

Биосфера (греч. bios – жизнь, spheria – шар) – сфера жизни – это своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами.

Термин «биосфера» ввел в научный оборот австрийский ученый Э. Зюсс (1875 г.), который рассматривал биосферу как пространство, заполненное жизнью.

Современное материалистическое учение о биосфере разработал академик В. И. Вернадский (1926 г.). Главным в понятии «биосфера» он считал понимание биосферы как сферы единства живого и неживого. В. И. Вернадский ввел понятие «живое вещество» – совокупность всех живых организмов, а под биосферой понимал «область существования живого вещества».

В. И. Вернадский стал первым исследовать жизнь как единое целое, как геологически своеобразное живое вещество, характеризующееся весом, химическим составом, энергией и геохимической активностью.

Биосфера представляет собой многоуровневую систему, включающую подсистемы различной степени сложности. Границы биосферы определяются областью распространения организмов в атмосфере, гидросфере и литосфере. Верхняя граница биосферы проходит примерно на высоте 20 км. Таким образом, живые организмы расселены в тропосфере и в нижних слоях стратосферы. Лимитирующим фактором расселения в этой среде является нарастающая с высотой интенсивность ультрафиолетовой

радиации. Практически все живое, проникающее выше озонового слоя атмосферы, погибает. В гидросферу биосфера проникает на всю глубину Мирового океана, что подтверждает обнаружение живых организмов и органических отложений до глубины 10–11 км. В литосфере область распространения жизни во многом определяет уровень проникновения воды в жидком состоянии – живые организмы обнаружены до глубины примерно 7,5 км. На глубине 3–3,5 км температура достигает 100°C.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте понятие экосистемы. Приведите примеры экосистем. Дайте понятие биоценоза и биогеоценоза.
2. Охарактеризуйте состав экосистемы. Каким образом организмы в экосистеме связаны между собой?
3. Приведите пример экологической сукцессии.
4. Дайте понятие экологической ниши.
5. Дайте понятие биосферы. Какие границы имеет биосфера?

ГЛАВА V. ЧЕЛОВЕК И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

5.1. Антропогенные воздействия на биосферу

Человек практически в самого начала своего существования оказывал влияние на природу.

Сегодня качественный скачок в развитии науки и техники привел к тому, что антропогенные воздействия по своему значению для биосферы вышли на один уровень с естественными процессами в биосфере и зачастую превосходят их.

По А. Н. Тетиору (1992 г.), к *антропогенным воздействиям* относят все виды угнетающих природу воздействий, создаваемых техникой и непосредственно человеком.

Антропогенные воздействия подразделяют:

– *загрязнения* – внесение в среду нехарактерных для нее новых физических, химических или биологических агентов (элементов, соединений, веществ, объектов), нарушающих процессы круговорота веществ;

- *технические преобразования и разрушение природных систем и ландшафтов* – при добыче полезных ископаемых, при сельскохозяйственных работах, строительстве и т. д.;
- *исчерпание природных ресурсов* (полезные ископаемые, вода, воздух, биологические компоненты экосистем);
- *глобальные климатические воздействия* (изменения климата в связи с хозяйственной деятельностью человека);
- *эстетические нарушения* (изменение природных форм, неблагоприятное для визуального или иного восприятия, разрушение историко-культурных ценностей).

В результате человек воздействует на биосферу и изменяет состав, круговорот и баланс веществ, тепловой баланс приповерхностной части Земли, структуру земной поверхности.

5.2. Виды и последствия загрязнения окружающей природной среды

Под *загрязнением окружающей среды* понимают любое внесение в ту или иную экологическую систему не свойственных ей живых или неживых компонентов, физических или структурных изменений, прерывающих или нарушающих процессы круговорота и обмена веществ, потоки энергии со снижением продуктивности или разрушением данной экосистемы.

Различают *природные* загрязнения, вызванные природными, нередко катастрофическими причинами, например, извержение вулкана, пыльные бури, лесные и степные пожары, и *антропогенные* загрязнения, связанные с хозяйственной деятельностью человека.

Антропогенные загрязнители делятся на *материальные* (пыль, газы, зола, шлаки и др.) и *физические* или *энергетические* (тепловая энергия, электрические и электромагнитные поля, шум, вибрация и т. д.).

Материальные загрязнители подразделяются на *механические, химические и биологические*.

К *механическим* загрязнителям относятся пыль и аэрозоли атмосферного воздуха, твердые частицы в воде и почве.

Химическими загрязнителями являются различные газообразные, жидкие и твердые химические соединения, и элементы, попадающие в атмосферу, гидросферу и вступающие во взаимо-

действие с окружающей средой – кислоты, щелочи, диоксид серы, эмульсии и т. д.

Биологические загрязнения – микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности – это качественно новый вид загрязнений, возникший в результате применения процессов микробиологического синтеза с использованием различных видов микроорганизмов (дрожжей, актиномицетов, бактерий, плесневых грибов и др.).

К *энергетическим* загрязнениям относятся все виды энергии – тепловой, механической (вибрации, шум, ультразвук), световой (видимое, инфракрасное и ультрафиолетовое излучения (альфа-, бета-, гамма-, рентгеновское и нейтронное) – как отходы разнообразных производств.

Некоторые виды загрязнений, например, радиоактивные отходы и выбросы, образующиеся при взрывах ядерных зарядов и авариях на атомных электростанциях и предприятиях, являются одновременно материальными и энергетическими.

5.3. Основные загрязнители биосферы

Наиболее распространенными загрязняющими веществами, поступающими в атмосферный воздух от техногенных источников, являются: оксид углерода CO; диоксид серы SO₂; оксиды азота NO_x; углеводороды, пыль.

Оксид углерода (CO) – самая распространенная и наиболее значительная примесь атмосферы, называемая в быту угарным газом. Содержание CO в естественных условиях составляет от 0,01 до 0,2 мг/м³. Основная масса выбросов CO образуется в процессе сжигания органического топлива прежде всего в двигателях внутреннего сгорания. Содержание CO в воздухе крупных городов колеблется в пределах 1–250 мг/м³, при среднем значении 20 мг/м³. Наиболее высокая концентрация CO наблюдается на улицах и площадях городов с интенсивным движением, особенно у перекрестков. Высокая концентрация CO в воздухе приводит к физиологическим изменениям в организме человека, а концентрация более 750 мг/м³ – к смерти. CO – исключительно агрессивный газ, легко соединяющийся с гемоглобином крови, образуя карбоксигемоглобин. Состояние организма при дыхании воздухом, содержащим угарный газ, характеризуется:

- 1) ухудшением остроты зрения и способности оценивать

длительность интервалов времени;

2) нарушением психомоторных функций головного мозга;

3) изменением деятельности сердца и легких;

4) головными болями, сонливостью, спазмами, нарушением дыхания, смертельным исходом.

Степень воздействия СО на организм человека зависит также от длительности воздействия (экспозиции) и вида деятельности человека. Например, при содержании СО в воздухе 10–50 мг/м³, которое наблюдается на перекрестках улиц больших городов, при экспозиции ~ 60 мин отмечаются нарушения, приведенные в п. 1, а при экспозиции от 12 часов до 6 недель – в п. 2. При тяжелой физической работе отравление наступает в 2–3 раза быстрее. Образование карбоксигемоглобина – процесс обратимый, через 3–4 ч содержание его в крови уменьшается в 2 раза.

Диоксид серы (SO₂) – бесцветный газ с острым запахом. На его долю приходится до 95 % от общего объема сернистых соединений, поступающих в атмосферу от антропогенных источников. До 70 % выбросов SO₂ образуется при сжигании угля.

При концентрации диоксида серы 20–30 мг/м³ раздражается слизистая оболочка рта и глаз, во рту возникает неприятный привкус. Весьма чувствительны к SO₂ хвойные леса. При концентрации SO₂ в воздухе 0,23–0,32 мг/м³ в результате нарушения фотосинтеза происходит усыхание хвои в течение 2–3 лет. Аналогичные изменения у лиственных деревьев происходят при концентрациях SO₂ 0,5–1 мг/м³.

Основной техногенный источник выбросов *углеводородов* (C_mH_n – пары бензина, метан, пентан, гексан) – автотранспорт. Его удельный вес составляет более 50 % от общего объема выбросов. При неполном сгорании топлива происходит также выброс циклических углеводородов, обладающих канцерогенными свойствами. Особенно много канцерогенных веществ содержится в саже, выбрасываемой дизельными двигателями. Из углеводородов в атмосферном воздухе наиболее часто встречается метан, что является следствием его низкой реакционной способности. Углеводороды обладают наркотическим действием, вызывают головную боль, головокружение. При вдыхании в течение 8 часов паров бензина с концентрацией более 600 мг/м³ возникают головные боли, кашель, неприятные ощущения в горле.

Оксиды азота (NO_x) образуются в процессе горения при высокой температуре путем окисления части азота, находящегося в атмосферном воздухе. Под общей формулой NO_x обычно подразумевают сумму NO и NO_2 . Основные источники выбросов NO_x – двигатели внутреннего сгорания, топки промышленных котлов, печи.

NO_2 – газ желтого цвета, придающий воздуху в городах коричневатый оттенок. Отравающее действие NO_2 начинается с легкого кашля. При повышении концентрации кашель усиливается, начинается головная боль, возникает рвота. При контакте NO_2 с водяным паром, поверхностью слизистой оболочки образуются кислоты HNO_3 и HNO_2 , что может привести к отеку легких. Продолжительность нахождения NO_2 в атмосфере – около 3 суток.

Пыль оказывает вредное воздействие на человека, растительный и животный мир, поглощает солнечную радиацию и тем самым влияет на термический режим атмосферы и земной поверхности. Частицы пыли служат ядрами конденсации при образовании облаков и туманов. Основные источники образования пыли: производство строительных материалов, черная и цветная металлургия (оксиды железа, частицы Al , Cu , Zn), автотранспорт, пылящие и тлеющие места складирования бытовых и производственных отходов. Основная масса пыли вымывается из атмосферы осадками. Размер пылинок колеблется от сотых долей до нескольких десятков мкм. Средний размер частиц пыли в атмосферном воздухе – 7–8 мкм.

Выбросы, содержащие примеси в виде частиц пыли, дыма, тумана или пара, называются аэрозолями. Общее число разновидностей загрязняющих атмосферу аэрозолей составляет несколько сотен.

Пыль, содержащаяся в атмосфере, классифицируется по времени и форме ее образования:

- *первичное пыление* – пыль, образующаяся в результате какого-либо естественного или антропогенного процесса и выбрасываемая в атмосферу;
- *вторичное пыление* – пыль, образуемая в атмосфере из находящихся в ней жидких или газообразных веществ в результате химических или физических преобразований;

- *поверхностное пыление* – переход пыли, сформировавшейся на поверхности земли, в атмосферу.

Жидкие загрязняющие вещества образуются при конденсации паров, распылении или разливе жидкостей, в результате химических или фотохимических реакций. Конденсация паров происходит в результате охлаждения их окружающим атмосферным воздухом. В зависимости от точки плавления конденсированные пары при низких температурах могут переходить в твердые частицы.

Нитраты и нитриты.

Нитраты, нитриты и нитрозамины – это токсичная группа соединений азота. К ним относится и селитра, которую добавляют в ветчину, сыр и другие копчености из рыбы и мяса. Копчение при помощи нитратов (селитры) применяют уже около 1000 лет, хотя во многих странах оно уже запрещено. Вместо селитры теперь используют другие нитраты с аскорбиновой кислотой (витамин С).

Сами по себе нитраты не опасны, но они переходят в нитриты, а в желудочно-кишечном тракте человека превращаются в нитроамины, являющиеся канцерогенами.

Если в почву в избытке вносят азотные удобрения, то нитраты и нитриты накапливаются в растениях, выращенных на такой почве.

Нитраты связываются с гемоглобином крови, превращая его в метгемоглобин. Метгемоглобин не способен переносить кислород к органам и тканям, поэтому накопление метгемоглобина приводит организм к кислородному голоданию.

Попадание нитратов в организм вызывает отек легких, кашель, рвоту, острую сердечную недостаточность. Смертельная доза нитратов для человека составляет 8–15 г, допустимое суточное потребление – 5 мг/кг массы тела.

Диоксины.

Диоксины – это глобальные экотоксиканты, обладающие мощным мутагенным, иммунодепрессантным, канцерогенным, тератогенным и эмбриотоксическим действием. Они слабо расщепляются и накапливаются, как в организме человека, так и в биосфере планеты, включая воздух, воду, пищу. Величина летальной (смертельной) дозы для этих веществ достигает 10^{-6} г на

1 кг живого веса, что существенно меньше аналогичной величины для некоторых боевых отравляющих веществ, например, для зомана, зарина и табуна (порядка 10^{-3} г/кг).

Причина исключительной токсичности диоксинов – способность этих веществ удивительно точно вписываться в рецепторы живых организмов и подавлять или изменять их жизненные функции. Диоксины, подавляя иммунитет и грубо вмешиваясь в процессы деления и специализации клеток, провоцируют развитие онкологических заболеваний. Вторгаются диоксины и в сложную отлаженную работу эндокринных желез. Вмешиваются в репродуктивную функцию, резко замедляя половое созревание и нередко приводя к женскому и мужскому бесплодию. Они вызывают глубокие нарушения практически во всех обменных процессах, подавляют и ломают работу иммунной системы, приводя к состоянию так называемого «химического СПИДа». Недавние исследования подтвердили, что диоксины вызывают уродства и проблемное развитие у детей.

В организм человека диоксины проникают несколькими путями: 90 % – с водой и пищей через желудочно-кишечный тракт, остальные 10 % – с воздухом и пылью через легкие и кожу. Эти вещества циркулируют в крови, откладываясь в жировой ткани и липидах всех без исключения клеток организма. Через плаценту и с грудным молоком они передаются плоду и ребенку.

Диоксины являются побочными продуктами многих производств. Диоксины обнаруживаются в составе отходов химической промышленности, металлургии, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, образуются при уничтожении отходов в мусоросжигательных печах, при горении бытовых отходов, на тепловых электростанциях, на городских свалках. Диоксины возникают практически везде, где ионы хлора, брома или их сочетания взаимодействуют с активным углеродом в кислородной среде. Наиболее опасно присутствие диоксинов в питьевой воде. Источником образования диоксинов в водопроводной воде может стать обеззараживание питьевой воды молекулярным хлором (хлорирование).

Тяжелые металлы.

Тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий, цинк, медь, мышьяк) относятся к числу распространенных и весьма токсич-

ных загрязняющих веществ. Они широко применяются в различных промышленных производствах, поэтому, несмотря на очистные мероприятия, содержание соединения тяжелых металлов в промышленных сточных водах довольно высокое.

Для морских биоценозов наиболее опасны ртуть, свинец и кадмий. *Ртуть* переносится в океан с материковым стоком и через атмосферу. При выветривании осадочных пород ежегодно выделяется 3,5 тыс. т. ртути. В составе атмосферной пыли содержится около 12 тыс. т. ртути, причем значительная часть – антропогенного происхождения. Около половины годового промышленного производства этого металла (910 тыс. т/год) различными путями попадает в океан. В районах, загрязняемых промышленными водами, концентрация ртути в растворе и взвешях сильно повышается. При этом некоторые бактерии переводят хлориды в высокотоксичную *метилртуть*.

Заражение морепродуктов неоднократно приводило к ртутному отравлению прибрежного населения. К 1977 г. насчитывалось 2800 жертв *болезни Минамата*, причиной которой послужили отходы предприятий по производству хлорвинила и ацетальдегида, на которых в качестве катализатора использовалась хлористая ртуть. Недостаточно очищенные сточные воды предприятий поступали в залив Минамата (Япония).

Свинец – типичный рассеянный элемент, содержащийся во всех компонентах окружающей среды: в горных породах, почвах, природных водах, атмосфере, живых организмах. Наконец, свинец активно рассеивается в окружающую среду в процессе хозяйственной деятельности человека. Это выбросы с промышленными и бытовыми стоками, с дымом и пылью промышленных предприятий, с выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания. Миграционный поток свинца с континента в океан идет не только с речными стоками, но и через атмосферу. С континентальной пылью океан получает 20–30 т свинца в год. Из почвы свинец поступает в растения, где может накапливаться в значительных количествах. В дальнейшем свинец может поступать в организм человека с продуктами питания. Признаками свинцового отравления являются бессонница, повышенная активность, которая затем сменяется повышенной утомляемостью и депрессией, нарушения деятельности кишечника, заболевания кровеносной и нервной

систем. Свинец способен к накапливанию в организме, особенно в костной ткани.

Кадмий содержится в отходах промышленных предприятий, связанных с производством специальных сплавов, автоматики, полупроводников, атомной и ракетной техники, полимеров, удобрений и пестицидов.

В литературе описаны случаи хронических отравлений кадмием. Так, в Японии произошла вспышка заболевания, получившего название «итай-итай» или «ох-ох» из-за загрязнения кадмием продуктов питания. Заболевание связано с дефицитом кальция в организме, активно замещавшегося кадмием. Первоначальные признаки заболевания проявлялись сильными болями в нижних конечностях и пояснице, в нарушении функции почек. Впоследствии появлялись сильное похудение, деформации скелета и переломы костей из-за нарушения фосфатно-кальциевого обмена. Многие случаи заболевания закончились инвалидностью или смертью.

Пестициды.

Пестициды составляют группу искусственно созданных веществ, используемых для борьбы с вредителями и болезнями растений. Пестициды делятся на следующие группы: *инсектициды* – для борьбы с вредными насекомыми, *фунгициды* и *бактерициды* – для борьбы с бактериальными болезнями растений, *гербициды* – против сорных растений. Установлено, что пестициды, уничтожая вредителей, наносят вред многим полезным организмам. В сельском хозяйстве давно уже стоит проблема перехода от химических к биологическим (экологически чистым) методам борьбы с вредителями. В настоящее время более 5 млн. т пестицидов поступает на мировой рынок. Около 1,5 млн. т этих веществ уже вошло в состав наземных и морских экосистем.

Промышленное производство пестицидов сопровождается появлением большого количества побочных продуктов, загрязняющих сточные воды. В водной среде чаще других встречаются представители инсектицидов, фунгицидов и гербицидов. Синтезированные инсектициды делятся на три основных группы: хлороорганические, фосфоорганические и карбонаты.

Хлороорганические инсектициды получают путем хлорирования ароматических и гетероциклических жидких углеводо-

родов. К ним относятся ДДТ и его производные. Эти вещества имеют период полураспада до нескольких десятков лет и очень устойчивы к биодegradации. В водной среде часто встречаются полихлорбифенилы – производные ДДТ без алифатической части, насчитывающие 210 гомологов и изомеров. За последние 40 лет использовано более 1,2 млн. т полихлорбифенилов в производстве пластмасс, красителей, трансформаторов, конденсаторов.

Полихлорбифенилы (ПХБ) попадают в окружающую среду в результате сбросов промышленных сточных вод и сжигания твердых отходов на свалках. Последний источник поставляет ПХБ в атмосферу, откуда они с атмосферными осадками выпадают во всех районах Земного шара. Так, в пробах снега, взятых в Антарктиде, содержание ПХБ составило 0,03–1,2 кг/л.

Синтетические поверхностно-активные вещества.

Детергенты (СПАВ) относятся к обширной группе веществ, понижающих поверхностное натяжение воды. Они входят в состав синтетических моющих средств, широко применяемых в быту и промышленности. Вместе со сточными водами СПАВ попадают в материковые воды и морскую среду.

Синтетические моющие средства содержат полифосфаты натрия, в которых растворены детергенты, а также ряд добавочных ингредиентов, токсичных для водных организмов: ароматизирующие вещества, отбеливающие реагенты (персульфаты, пербораты), кальцинированная сода, карбоксиметил-целлюлоза, силикаты натрия.

Присутствие СПАВ в сточных водах промышленности связано с использованием их в таких процессах, как флотационное обогащение руд, разделение продуктов химических технологий, получение полимеров, улучшение условий бурения нефтяных и газовых скважин, борьба с коррозией оборудования. В сельском хозяйстве СПАВ применяется в составе пестицидов.

5.4. Нормирование качества окружающей среды

Нормирование качества окружающей природной среды производится для установления предельно допустимых норм воздействия на окружающую природную среду, гарантирующих экологическую безопасность населения и сохранение генетического фонда, обеспечивающих рациональное использование и

воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности.

В систему оценки техногенного воздействия на окружающую среду входит широкий класс экологических нормативов, включающих предельно допустимые выбросы (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу и предельно допустимые сбросы (ПДС) загрязняющих веществ в водные объекты, размещение твердых отходов, квоты изъятия природных ресурсов, а также многочисленные нормы и регламентации различных сторон хозяйственной деятельности.

Сегодня различают две группы экологических нормативов: предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в природных компонентах и предельно-допустимые уровни (ПДУ) физических свойств природной среды (вкусовые качества, прозрачность, запах, территориальная целостность и т. д.).

Под *вредным воздействием* понимается нанесение организму временного раздражающего воздействия (появляется головная боль, кашель и др.). К прямому воздействию на организм человека также относится влияние тех загрязняющих веществ, которые накапливаются в организме и при превышении определенной дозы могут вызвать патологические изменения. Под косвенным воздействием подразумеваются такие изменения в окружающей природной среде, которые, не оказывая прямого воздействия на организм человека, ухудшают обычные условия обитания.

В настоящее время в установленном порядке для атмосферного воздуха утверждены нормативы ПДК более чем для 1 500 загрязняющих веществ, для водных объектов – более чем для 2 000 веществ, для почв – более чем для 50. И это количество постоянно растет. В основе разработки ПДК для воздуха лежит определение «порогового» содержания в нем того или иного загрязняющего вещества, при котором ни прямое, ни косвенное воздействие на человека и окружающую среду еще не оказывается.

Разработанные и утвержденные в установленном порядке нормативы выступают в качестве стандартов. Основным правовым документом является Закон РФ «Об охране окружающей среды», которым установлены нижеследующие нормативы.

- *Нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ*, а также вредных микроорганизмов и других

биологических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, воды, почвы.

- *Нормативы предельно допустимых выбросов и сбросов вредных веществ*, а также вредных микроорганизмов и других биологических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, воды, почвы. Предельно допустимый выброс вредных веществ в атмосферу (ПДВ) устанавливаются для каждого источника ее загрязнения при условии, что выбросы вредных веществ от него и от совокупности других источников города или других населенных пунктов, с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере, не создадут приземную концентрацию загрязнителей, превышающую ПДК для населения, растительного и животного мира. Они устанавливаются с учетом производственных мощностей объекта, данных о наличии мутагенного эффекта и иных вредных последствий по каждому источнику загрязнения согласно действующим нормативам ПДК вредных веществ. Если в воздухе городов и других населенных пунктов концентрация вредных веществ превышает ПДК, а значение ПДВ, по причинам объективного характера, в настоящее время не может быть достигнуто, вводятся поэтапные снижения выбросов. Таким образом, на каждом этапе для обеспечения величин ПДВ устанавливаются временно согласованные выбросы вредных веществ (ВСВ) на уровне выбросов предприятий с наилучшей технологией производства, аналогичных по мощности и технологическим процессам (ГОСТ 17.2.3.02-78). Аналогичным образом разрабатываются нормативы по предельно допустимым сбросам (ПДС) и временно согласованным сбросам (ВСС) в водные объекты.

- *Нормативы предельно допустимых уровней (ПДУ) шума, вибрации, полей или иных вредных физических воздействий*. Они устанавливаются на уровне, обеспечивающем сохранение здоровья и трудоспособности людей, охрану растительного и животного мира, благоприятную для жизни окружающую природную среду.

- *Нормативы предельно допустимого уровня безопасного содержания радиоактивных веществ в окружающей природной среде и продуктах питания, предельно допустимого уровня радиационного облучения населения*. Данные нормативы устанавли-

ваются в величинах, не представляющих опасности для здоровья и генетического фонда человека.

- *Предельно допустимые нормы применения минеральных удобрений, средств защиты растений, стимуляторов роста и других агрохимикатов в сельском хозяйстве.* Указанные нормы устанавливаются в дозах, обеспечивающих соблюдение нормативов предельно допустимых остаточных количеств химических веществ в продуктах питания, охрану здоровья, сохранение генетического фонда человека, растительного и животного мира.

- *Нормативы предельно допустимых остаточных количеств химических веществ в продуктах питания.* Они устанавливаются путем определения минимально допустимой дозы, безвредной для здоровья человека по каждому используемому химическому веществу и при их суммарном воздействии.

- *Экологические требования к продукции.* Они устанавливаются для предупреждения вреда окружающей природной среде, здоровью и генетическому фонду человека. Данные требования должны обеспечить соблюдение нормативов предельно допустимых воздействий на окружающую природную среду в процессе производства, хранения, транспортировки и использования продукции.

- *Предельно допустимые нормы нагрузки на окружающую природную среду.* Они устанавливаются с целью обеспечения наиболее благоприятных условий жизни населения, недопущения разрушения естественных экологических систем и необратимых изменений в окружающей природной среде.

- *Нормативы санитарных и защитных зон.* Они устанавливаются для охраны водоемов и иных источников водоснабжения, курортных, лечебно-оздоровительных зон, населенных пунктов и других территорий от загрязнения и других воздействий.

Особенность установления нормативов ПДК для почв состоит в том, что почвы, во-первых, способны накапливать значимое количество загрязняющих веществ (эмиссия в почвы), а во-вторых, накопленные в почве ингредиенты действуют на человека косвенным путем через контактирующие с почвой природные среды (эмиссия из почвы) путем жизнедеятельности почвенных организмов, прямого испарения с водой, диффузии, ветровой эрозии и т. д. Поэтому при определении величины допустимого

содержания загрязняющего вещества в почве используются, наряду с показателем его влияния на почвенный микробиоценоз и процесс самоочищения почвы (общесанитарный показатель), еще три специфических показателя:

- транслокационный (миграция химических веществ из почвы в растения);
- миграционный воздушный (миграция химических веществ из почвы в атмосферный воздух);
- миграционный водный (миграция химических веществ из почвы в грунтовые воды).

Нормативы ПДК загрязняющих веществ в почве устанавливаются с учетом лимитирующего показателя их вредности. На первом месте по важности нормирования стоят пестициды и их метаболиты, затем нефтепродукты, сернистые вещества и т. д. При выборе индикаторных растений для обоснования нормативов ПДК в почве предпочтение отдается растениям, представленным в пищевом рационе населения.

Система нормативов ПДК для вод включает три группы показателей, установленных для хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования. Каждый водопользователь предъявляет свои требования к качеству воды, исходит из своих интересов и технических возможностей. В практике рыбохозяйственного нормирования, так же, как и при гигиеническом нормировании, были приняты следующие показатели вредности:

- санитарный, заключающийся в нарушении исторически сложившихся в водоеме экологических условий;
- токсикологический, отражающий прямую токсичность вещества для водных организмов;
- санитарно-токсикологический;
- органолептический;
- рыбохозяйственный, заключающийся в порче товарных качеств рыбы и других промысловых гидробиот.

Можно отметить, что система применяемых ПДК в России является более жесткой по сравнению с зарубежными (табл. 1), но принятые экологические нормативы во многих случаях не соблюдаются.

Таблица 1

**Сравнительная характеристика предельно допустимых
(среднесуточных) концентраций (ПДК)
загрязняющих веществ в отдельных странах**

Страна	Вид загрязняющего вещества			
	диоксид серы (SO ₂)	диоксид азота (NO ₂)	оксид углерода (CO)	пыль
Россия	0,05	0,04	3,0	0,15
Австрия	0,2	0,1	7,0	0,12–0,2
Швейцария	0,1	0,08	8,0	0,15
Германия	0,14	0,08	10,0	0,15
Канада	0,12	0,16	нд	0,2

К недостаткам существующей системы экологического нормирования можно отнести отсутствие четкой связи с экономическими инструментами защиты природы. Подтверждением тому является значительное превышение ПДК в отдельных городах и регионах страны.

Система нормативов, относящихся к охране окружающей среды, должна отвечать следующим требованиям:

- выполнимость и контролируемость нормативов при современном техническом уровне производства и прибороизмерительной базы;
- экономическая обоснованность их достижения.

В соответствии с существующим законодательством Российской Федерации при нарушении требований нормативов качества окружающей среды выброс, сброс вредных веществ или иные виды воздействия на окружающую среду могут быть ограничены или прекращены по предписанию природоохранных органов, а также органов санитарно-эпидемиологического надзора.

Формы экологического нормирования качества окружающей среды могут быть различными – от «запретительно-ограничительных» до «экологически-управленческих».

Все перечисленные выше «экологические» нормы относятся к нормам «запретительно-ограничительным».

В зависимости от сферы действия они подразделяются на группы: санитарно-гигиенические, строительные (СНиПы) и др. Эти нормы обязательно учитываются при разработке проектной документации – до последнего времени они были эффективными рычагами природоохранной деятельности в строительстве.

Наиболее полно весь комплекс санитарно-гигиенических требований представлен в сфере санитарно-эпидемиологического надзора. Качество окружающей среды оценивается в рамках санитарно-гигиенических норм по санитарно-химическим, физико-физиолого-гигиеническим и микробиологическим показателям. Например, в целях охраны атмосферного воздуха устанавливаются нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками загрязнения. Имеющиеся сегодня сведения о предельно допустимых концентрациях (ПДК, мг/м³) позволяют осуществлять постоянный лабораторный контроль над степенью загрязнения воздуха на промышленных предприятиях. По степени воздействия на организм вредные вещества делятся на четыре класса опасности: 1-й – вещества чрезвычайно опасные; 2-й – высокоопасные; 3-й – умеренно опасные; 4-й – малоопасные. При совместном присутствии в атмосфере воздуха нескольких веществ, обладающих суммацией действия, сумма их концентраций не должна превышать 1 (единицы) при расчете по формуле:

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

где: C_1, C_2, C_n – фактические концентрации веществ в атмосферном воздухе; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \text{ПДК}_n$ – предельно допустимые концентрации тех же веществ.

Подобная же система показателей используется и для оценки загрязнения воды – ПДК, мг/л, и почв – ПДК, мг/кг, воздушно-сухой почвы. Устанавливаются лимитирующие показатели вредности веществ-загрязнителей в воде: общесанитарный, санитарно-токсикологический, органолептический, а для веществ-загрязнителей почвы: миграционный воздушный, миграционный водный, общесанитарный, транслокационный.

Сегодня при разработке проектной документации обязательно учитываются не только опасность химического загрязне-

ния, но и загрязнения физического. Для этого используется система радиационного нормирования. Ионизирующая радиация (радиационный фон) действует разрушительным образом на живое вещество и является одной из причин гибели живых организмов. Основным критерием, характеризующим степень радиационной безопасности человека, является среднегодовое значение эффективной дозы. Международной комиссией по радиологической медицине в качестве предельной рекомендована доза облучения населения, равная 0,1 бэр/год.

5.5. Экологическое законодательство Российской Федерации

Главным инструментом государственной экологической политики является экологическое законодательство.

Основной источник экологического права – Конституция РФ. Именно в Конституции определены основы конституционного строя, права и свободы человека и гражданина, в том числе в области экологических отношений. Согласно ст. 42 Конституции РФ, «каждый человек имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением».

Право гражданина РФ на благоприятную окружающую среду основано на ст. 42 Конституции РФ, закреплено в ст. 11–14 Закона РФ «Об охране окружающей природной среды». Земля и другие природные ресурсы, как это предусмотрено ст. 9 Конституции, используются и охраняются в РФ как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории. Пользование землей и другими природными ресурсами осуществляется их собственниками свободно, если это не наносит ущерба окружающей среде и не нарушает прав и законных интересов иных лиц.

Основной закон, обеспечивающий права граждан России на здоровую и экологически благоприятную окружающую среду и экологическую безопасность – *«Закон об охране окружающей природной среды»* (2002 г.).

Этот Закон устанавливает основополагающие принципы и нормы регулирования экологических отношений в РФ. В нем

систематизированы нормы, касающиеся прав граждан на здоровую и благоприятную окружающую природную среду; установлен экономический механизм охраны окружающей природной среды; сформулированы принципы нормирования качества окружающей природной среды; принципы государственной экологической экспертизы; экологические требования при проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию предприятий, сооружений и иных объектов; принципы деятельности в экологически неблагоприятных зонах и в случае чрезвычайных ситуаций, на особо охраняемых природных территориях; принципы экологического воспитания и образования, проведения экологического контроля и экологических научных исследований и др.

В ст. 11 Закона «*Об охране окружающей природной среды*» говорится, что каждый гражданин имеет право на охрану здоровья от неблагоприятного воздействия окружающей среды, вызванного хозяйственной или иной деятельностью, аварий, катастроф, стихийных бедствий. Механизм обеспечения этого права включает планирование и нормирование качества окружающей природной среды, меры по предотвращению экологически вредной деятельности и оздоровлению окружающей природной среды, предупреждение и ликвидацию последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий и т. д.

Законом предусмотрено, что граждане имеют право:

- создавать общественные объединения по охране окружающей среды, фонды, вступать в такие объединения, вносить трудовые сбережения;
- принимать участие в собраниях, митингах, демонстрациях, референдумах по охране окружающей среды;
- требовать от соответствующих органов предоставления своевременной и достоверной информации о состоянии окружающей природной среды;
- требовать отмены решений о размещении, проектировании, строительстве, эксплуатации экологически вредных объектов, ограничении и прекращении деятельности предприятий, оказывающих отрицательное влияние на окружающую природную среду и здоровье человека;

– ставить вопрос о привлечении к ответственности виновных лиц, предъявлять в суд иски о возмещении вреда, причиненного здоровью и имуществу граждан экологическими правонарушениями.

В юридическом смысле источниками права являются документы в форме законов и других нормативных актов: указов, постановлений, решений, приказов, инструкций и т. д. Законы являются нормативными актами высшей юридической силы. Основным закон РФ «Об охране окружающей природной среды», как правило, находит конкретное выражение и развитие в последующих нормативных актах.

Большинство норм экологического права содержится в кодифицированных законодательных актах, в частности в Земельном, Водном и Лесном кодексах.

Составной частью правовой системы Российской Федерации, имеющей приоритетное значение, являются международные нормативно-правовые акты, в которых участвует Российская Федерация.

Действие Закона «Об охране окружающей природной среды» распространяется на всю территорию Российской Федерации.

В 1995 г. принят Закон «Об экологической экспертизе», который рассматривается как второй по важности российский экологический закон, направленный на обеспечение экологической безопасности. Также приняты законы «О внесении изменений и дополнений в закон «О недрах», «О животном мире», «О природных лечебных ресурсах, лечебно-оздоровительных местностях и курортах», «Об особо охраняемых природных территориях». Приняты «Водный кодекс Российской Федерации» (1995 г.), «Лесной кодекс Российской Федерации» (1997 г.).

С точки зрения обеспечения экологической безопасности важными представляются Законы «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (1996 г.), «О радиационной безопасности населения» (1996 г.), а также ряд других законов, касающихся обеспечения безопасности при радиационном, химическом и других видах загрязнения окружающей среды.

Разработка и принятие законов представляет собой сложный многоступенчатый процесс, который связан с необходимостью согласования различных, порой противоречивых, точек зрения.

Важную роль в реализации экологического законодательства в регулировании экологических отношений играют *ведомственные нормативно-правовые акты*. Важное место в системе экологического права занимают *указы Президента РФ* и *постановления Правительства Российской Федерации*, которые обеспечивают проведение единой государственной экологической политики. Они направлены на решение наиболее актуальных проблем экологической безопасности.

Законодательством Российской Федерации определены основные требования, ограничения и запреты, виды правонарушений, влекущие за собой применение мер ответственности. Предполагается внести дополнения в уголовный, Гражданский и Административный кодексы. Эти меры направлены на экологизацию всех отраслей права России, гармонизацию природоохранного законодательства субъектов Российской Федерации.

5.6. Экологическая ответственность: понятие, формы, виды

Юридическая ответственность представляет собой важнейшее средство обеспечения рационального природопользования и охраны окружающей среды. Основанием для этой ответственности является правонарушение.

Экологическое правонарушение – это противоправное деяние, нарушающее природоохранное законодательство и причиняющее вред окружающей природной среде и здоровью человека.

Признаками экологического правонарушения являются действие или бездействие лица, противоречащее экологическому законодательству, противоправное действие.

Под *вредом* природной среде понимают совокупность воздействий, приводящих к неблагоприятным изменениям качества окружающей среды.

Различают два вида вреда:

– *ущерб* (потери количества или качества природной среды, ресурсов, т. е. экологический ущерб);

– *убытки* (экономически невыгодные для природопользователя последствия потерь).

Виновные в экологических правонарушениях несут дисциплинарную, материальную, гражданско-правовую, административную и уголовную ответственность.

Различные виды ответственности приведены в табл. 2.

Предприятия, организации и учреждения за совершенные экологические правонарушения несут административную и гражданско-правовую ответственность.

Таблица 2

Виды ответственности за экологические правонарушения

Виды ответственности	Взыскания	Основание	Кто несет ответственность
Административная	Предупреждение, штраф, изъятие, конфискация предмета-оружия совершения правонарушения; лишения права деятельности; административный арест	Кодекс РФ об административных правонарушениях ст. 24	Юридические и физические лица
Гражданско-правовая		Гражданско-правовое законодательство РФ	Юридические и физические лица
Дисциплинарная	Замечание, выговор, строгий выговор, увольнение, лишение премий	Трудовое законодательство РФ	Должностные (физические) лица
Материальная (имущественная)	Возмещение потерь, ущерба, исправление причиненных повреждений	Трудовое законодательство РФ	Физические лица
Уголовная	Уголовное наказание: лишение свободы и др.	Уголовный кодекс РФ	Физические лица

Административную ответственность влекут за собой следующие виды экологических правонарушений:

– несоблюдение стандартов, норм и иных нормативов качества окружающей природной среды;

– невыполнение обязанностей по проведению государственной экологической дисциплины и требований, содержащихся в заключении к ней, а также предоставление заведомо неправильных и необоснованных экспертных заключений;

– нарушение экологических требований при планировании, технико-экономическом обосновании, проектировании, размещении, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию;

– загрязнение окружающей природной среды и причинение вследствие этого вреда здоровью человека, растительному и животному миру, имуществу юридических лиц;

– порча, повреждение природных объектов, в том числе памятников природы, истощение и разрушение природно-заповедных комплексов и естественных экологических систем;

– неподчинение предписаниям органов, осуществляющих государственный экологический контроль;

– нарушение экологических требований по обезвреживанию, переработке, утилизации, складированию или захоронению производственных и бытовых отходов, а также при использовании и захоронении радиоактивных материалов, химических и иных вредных веществ;

– превышение установленных уровней радиационного воздействия и др.

За одно административное правонарушение может быть наложено основное либо основное и дополнительное взыскания. При этом учитывается характер правонарушения, личность нарушителя, степень его вины, имущественное положение, обстоятельства, смягчающие и отягчающие ответственность.

К *дисциплинарной ответственности* привлекаются должностные лица и другие работники предприятий, учреждений, организаций за неисполнение и ненадлежащее исполнение трудовых обязанностей, связанных с организацией природопользования либо охраной окружающей среды.

Дисциплинарная ответственность предусмотрена нормами трудового законодательства, а также специальными уставами, правилами внутреннего распорядка и другими актами.

Гражданско-правовая ответственность за экологические правонарушения – это имущественная ответственность граждан и юридических лиц, которая заключается в возмещении вреда, причиненного экологическим правонарушением. Юридические и физические лица, причинившие вред окружающей среде, обязаны возместить его в полном объеме. Компенсация вреда окружающей среде осуществляется добровольно либо по решению арбитражного суда. Определение размера вреда осуществляется, исходя из физических затрат на восстановление нарушенного состояния окружающей среды с учетом понесенных убытков.

Уголовная ответственность за нарушение экологического законодательства может быть установлена только в случаях, прямо предусмотренных УК РФ.

Экологическим преступлением признается совершенное общественно опасное деяние, запрещенное УК РФ под угрозой наказания.

Экологическими преступлениями являются:

- нарушение правил охраны окружающей среды при производстве работ;
- нарушение правил обращения с экологически опасными веществами и отходами;
- нарушение правил безопасности при обращении с микробиологическими либо другими биологическими реагентами или токсинами;
- нарушение ветеринарных правил и правил, установленных для борьбы с болезнями и вредителями растений;
- загрязнение вод;
- загрязнение атмосферы;
- загрязнение морской среды;
- порча земли;
- нарушение правил охраны и использования недр;
- незаконная добыча водных животных и растений;
- нарушение правил охраны рыбных запасов;
- незаконная охота;

- уничтожение критических местообитаний для организмов, занесенных в Красную книгу;
- незаконная порубка деревьев и кустарников;
- уничтожение или повреждение лесов;
- нарушение режима особо охраняемых природных территорий и природных объектов;
- экоцид.

Экоцид – сравнительно новое понятие. Оно впервые введено в УК РФ как новый вид преступных деяний.

Экоцид – это массовое уничтожение растительного, животного мира (в том числе людей), отравление атмосферы или водных ресурсов, а также другие действия, которые могут привести к экологической катастрофе.

За совершенные экологические преступления предусмотрены различные виды уголовной ответственности: лишение свободы, исправительно-трудовые работы, лишение права занимать определенные должности или заниматься определенными видами деятельности, штрафы.

Совершение экоцида наказывается лишением свободы на срок от 12-ти до 20-ти лет.

Применение мер уголовной ответственности не освобождает виновных лиц от возмещения вреда, причиненного экологическим преступлением.

Военный экоцид – нарушение экосистем как среды обитания человека в ходе военных действий. Военный экоцид сопровождает любые военные действия, однако в ряде случаев при решении военных задач ставилась специальная задача – разрушить среду обитания населения противника.

Первыми военный экоцид применили в 146 г. римляне, которые при разрушении Карфагена посыпали почву солью, чтобы ее нельзя было использовать для земледелия.

Однако наиболее крупными акциями военного экоцида было применение дефолиантов во время войны в Индокитае (1964–1970 гг.) и нефтяное загрязнение Ираком атмосферы, почв и Персидского залива во время ирако-кувейтской войны (1991 г.).

Вооруженные силы США в 1960-х годах распылили на территории Вьетнама и Камбоджи свыше 100 тыс. т различных химикатов-дефолиантов, в составе которых было вещество, воздей-

ствующее на деревья – арборицид 2,4,5-Т с примесью диоксинов. В итоге были уничтожены тропические леса на площади 2 млн. га и 43 % площади сельскохозяйственных угодий Вьетнама. Резко обеднела фауна (к примеру, из 160 видов птиц в районах, подвергнутых обработке дефолиантами, сохранилось менее 20). На обработанной дефолиантами почве лес либо вообще не восстанавливается и разрастается двухметровый злак слоновая трава, либо восстанавливаются малоценные вторичные породы.

Во время войны в Индокитае использовалась специальная техника для расчистки тропических лесов методом «римского плуга» – двести 33-тонных бульдозеров, соединенных тяжелыми цепями, уничтожали естественные леса и плантации деревьев. Практиковались «ковровые бомбардировки», когда на небольшую площадь сбрасывалось одновременно 93 тяжелых бомбы, а также сверхкрупные бомбы (весом 7 т, «косилки маргариток»). Такие «косилки» разрывались над поверхностью земли и образовывали обширные безлесные пространства для посадки вертолетов. Военный экоцид подорвал хозяйство многих районов Индокитая, погибли или получили тяжелые увечья более 2 млн. человек из числа мирного населения.

Во время ирако-кувейтской войны иракцы взорвали 1200 нефтяных скважин, ряд нефтепроводов, нефтехранилищ и затопили кувейтские танкеры. Возникшие пожары по масштабам не имели прецедентов в истории человечества. Ежедневно выгорало около 1 млн. т нефти, в атмосферу выбрасывалось при этом 50 тыс. т диоксида серы, 100 тыс. т сажи и 80 т диоксида углерода. В результате задымления атмосферы температура в районах активных военных действий снизилась на 10 градусов. Черные дожди шли в радиусе 1000 км, что снизило продуктивность сельскохозяйственных угодий и вызвало массовые заболевания населения. На поверхность залива было вылито около 400 т нефти, нефтяное пятно в Персидском заливе возникло на площади 10 тыс. км². Огромный урон был нанесен экосистемам залива и прибрежных территорий, где наблюдалась массовая гибель птиц (бакланов, пеликанов и др.).

5.7. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды

Масштабы антропогенных преобразований природы непрерывно растут, и ухудшение качества природной среды носит уже не региональный или национальный, а глобальный характер. Многие экологические проблемы не имеют государственных границ, их решение усилиями одной страны, в пределах ее территории, невозможно, если аналогичные меры не будут приняты другими странами. Так, 52 % кислотных осадков, выпадающих в Польше, переносятся из-за рубежа. Кроме того, решение экологических проблем лишь научными усилиями одной страны становится зачастую не под силу даже для крупных стран из-за необходимости привлечения для этого материальных и научных ресурсов. Например, стоимость испытания одного химического вещества для определения его воздействия на окружающую среду составляет до 500 тыс. долларов. Всего в мире сейчас находится в широком использовании около 60 тыс. химических веществ. Одной или даже несколькими странами просто невозможно браться за решение таких проблем, как противодействие увеличению концентрации углекислого газа в атмосфере или истощению озонового слоя, борьба с загрязнениями Мирового океана и космоса. Поэтому решение проблем охраны окружающей природной среды не может ограничиться территорией одного государства, а выходит за его пределы.

Международное природоохранное сотрудничество осуществляется в рамках международных организаций (межправительственных и неправительственных), многосторонних соглашений (государственных и неправительственных) и в рамках двусторонних отношений (между государствами и между их научными организациями).

В мировой практике сотрудничества государств в области охраны окружающей среды сформулированы и действуют такие правовые принципы:

– согласование деятельности по использованию и охране одних и тех же экосистем заинтересованными государствами;

- заблаговременное уведомление других государств относительно планируемой деятельности, которая может оказать воздействие на ОС на территории этих государств;
- проведение совместных научных исследований;
- представление срочной информации о катастрофических изменениях в ОС, которые могут вызвать нежелательные последствия на территории других государств.

Наиболее широкое межгосударственное сотрудничество осуществляется в рамках ООН. Проблема охраны природной среды впервые обсуждалась в ООН на Межправительственной конференции по проблемам биосферы в 1968 г. Четыре года спустя в 1972 г. в системе ООН создан специальный орган международного сотрудничества по проблеме природной среды, получивший название «Программа ООН по окружающей среде» – ЮНЕП. В программе участвуют 58 государств – членов ООН. На ЮНЕП возложены задачи координации совместных усилий разных стран в области охраны природы. К главным направлениям деятельности ЮНЕП относятся:

- оценка антропогенных изменений природной среды и управление качеством природных ресурсов;
- охрана наземных экосистем и борьба с распространением пустынь;
- защита Мирового океана от загрязнения, охрана растительности и диких животных;
- деятельность, связанная с экологическим образованием и информацией.

В тесной связи с ЮНЕП работает другая организация ООН – ЮНЕСКО, созданная в 1948 г., со штаб-квартирой в Париже и занимающаяся вопросами культуры, науки, образования. Эта организация осуществляет руководство экологическими программами, охватывающими более 100 государств, оказывает помощь в реализации экологического образования и подготовке специалистов-экологов в развивающихся странах, ведет охрану объектов, относящихся к всемирному наследию. В 1971 г. в Париже была принята программа ЮНЕСКО «Человек и биосфера», участниками которой являются 110 государств – членов ЮНЕСКО. Цель программы – проведение междисциплинарных исследований, подготовка специалистов в области управления природ-

ными ресурсами; выявление факторов, негативно воздействующих на ОС; оказание помощи в планировании и реализации научных проектов и образовательных программ.

Важные вопросы международного сотрудничества по охране природы решаются Европейской экономической комиссией ООН (ЕЭК ООН). Создана она в 1947 г., участниками являются 30 стран Европы, США и Канада. Цель – сотрудничество в области экономики. Важнейшим направлением природоохранной деятельности комиссии является сотрудничество в вопросах трансграничного загрязнения воздуха на большие расстояния; мало- и безотходных технологий, и использования отходов, по охране флоры и фауны и т. д.

Проблемами обеспечения человечества пищевыми продуктами, вопросами сохранения и улучшения плодородия почв, лесными и морскими биологическими ресурсами занимается ООН по вопросам продовольствия и сельского хозяйства (ФАО).

Состояние здоровья людей на земле и демографические проблемы – предмет заботы Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ).

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) основано в 1957 г. для обеспечения ядерной безопасности и охраны ОС от радиоактивного загрязнения. МАГАТЭ разрабатывает правила строительства и эксплуатации атомных электростанций, проводит их экспертизу при проектировании и реконструкции, дает оценку влияния радиации на окружающую среду, устанавливает нормы радиационной безопасности и проверяет их выполнение. Неподчинение отдельных государств этим требованиям может вызвать по решению Совета Безопасности ООН применение различных санкций со стороны мирового сообщества.

Международная морская организация (ИМО) создана в 1948 г. и действует в области морского судоходства и охраны морей от загрязнения, принимает участие в разработке международных конвенций по борьбе с загрязнением морей нефтью и другими опасными веществами.

Всемирная метеорологическая организация ООН (ВМО), созданная в 1947 г., занимается определением степени антропогенного воздействия на погоду и климат планеты в целом и по

отдельным регионам. Она действует в рамках глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС).

В последние годы в мире появилось большое число новых межправительственных и неправительственных организаций экологического направления, среди которых следует отметить Комиссию ООН по устойчивому развитию (КУР). Ее главная цель – координировать и контролировать претворение в жизнь решений Конференции ООН в Рио-де-Жанейро, особенно «Повестки дня на XXI век».

Одним из основателей мирового природоохранного движения является Всемирный союз охраны природы (бывший Международный союз охраны природы и природных ресурсов – МСОП). МСОП основан в 1948 г. по инициативе ЮНЕСКО. По его инициативе создана и постоянно обновляется Красная книга редких и исчезающих животных. Составляется Зеленая книга, где приводятся сведения об уникальных и редких ландшафтах земного шара. Постоянное внимание Всемирный союз охраны природы уделяет сохранению среды обитания диких животных, созданию и охране заповедников и национальных парков, улучшению законодательства по охране природы, разрабатывает общие принципы охраны природы, пути и направления международного сотрудничества в области природоохранной деятельности, готовит конкретные программы по сохранению биологического разнообразия растительного и животного мира Земли.

Всемирный союз охраны природы подготовил проекты ряда международных конвенций («Об охране водно-болотных угодий», «Об ограничении международной торговли исчезающими видами животных и растений»), решает проблемы международного экологического права. При МСОП создана Комиссия экологического права и работает международный центр экологического права, обладающий уникальным собранием эколого-правовых материалов.

Членами Всемирного союза охраны природы состоят государства (в том числе Россия), общественные и научные организации.

Международная организация «Зеленый крест» (МЗК) создана в 1993 г. Ее цели – осуществление мер по борьбе с антропогенными экологическими бедствиями, содействие обмену эколо-

гическими знаниями и технологиями, поддержка в развитии экологического законодательства, разработка международного экологического кодекса.

Всемирный фонд охраны дикой природы – World Wildlife Fund (WWF). Всемирный фонд охраны дикой природы – основанная в 1961 г. международная общественная организация, субсидирующая действия по охране и изучению исчезающих и редких видов животных, растений и их местообитаний.

Движение Energy Star в США – программа деятельности по защите окружающей среды за счет снижения количества энергии, потребляемой компьютерами и их компонентами. Целью программы является уменьшение теплового загрязнения среды обитания.

В решении проблем ОС принимают участие Научный комитет по проблемам окружающей среды (СКОПЕ), Международное бюро по исследованию водоплавающих птиц (МБИВ), Международный совет по охоте и охране дичи (МСООД).

Главным событием в области охраны окружающей среды конца XX в. стала конференция ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г., организованная для подведения итогов двадцатилетней работы по охране окружающей среды. На этом форуме присутствовали 15 тыс. делегатов из 179 стран. Основными документами, принятыми этой конференцией, являются:

- декларация «Принципы Рио», где сформулированы основные принципы международной политики в области ООС;
- «Повестка дня на XXI в.» – обширная программа действий в области ООС на предстоящее столетие;
- «Концепция устойчивого экономического развития»;
- «Заявление о принципах охраны и рационального использования лесов всех климатических зон»;
- «Конвенция по климату»;
- «Конвенция по охране биологического разнообразия» – основы устойчивости биосферы Земли.

Решения конференции в Рио-де-Жанейро затронули все мировое сообщество и во многом определили его дальнейшую судьбу.

Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением принята в 1989 г. в г. Базель в Швейцарии. Участниками является 71 государство. Цель: обязательства сторон по сокращению трансграничного переноса отходов, включенных в перечень Конвенции; максимальное снижение объема и токсичности опасных отходов, оказание помощи развивающимся странам в использовании опасных и других отходов. Основные положения: запрет на вывоз и ввоз опасных отходов, координация действий правительственных организаций.

Венская конвенция об охране озонового слоя принята в 1985 г. в Вене в Австрии. Участниками являются 120 государств. Цели: защита и охрана здоровья людей и ОС от неблагоприятных воздействий, связанных с изменениями в озоновом слое. Основные положения: сотрудничество в области исследования веществ и процессов, которые влияют на изменения озонового слоя; сотрудничество в области разработки и применения мер, контролирующей деятельность, которая приводит к неблагоприятным последствиям в озоновом слое.

Конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения, принята в 1973 г. в Вашингтоне, США. Участники – 119 государств. Цель: охрана отдельных видов, находящихся под угрозой исчезновения, от чрезмерной эксплуатации, ввод системы таможенного контроля. Основные положения: осуществление лицензирования торговых операций; создание сети национальных контрольных органов; взаимодействие природоохранных органов, таможенных служб, неправительственных организаций.

Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния принята в 1979 г. в Женеве, Швейцария. Цели: защита людей и ОС от загрязнений воздуха; ограничение, постепенное сокращение и предотвращение загрязнения воздуха, включая трансграничное загрязнение.

Конвенция по защите морской среды района Балтийского моря принята в 1992 г. в Хельсинки, Финляндия. Участники: 8 государств – Германия, Дания, Латвия, Литва, Польша, Россия, Финляндия, Швеция, Эстония. Основные положения: ограничение и контроль проникновения в регион опасных и вредных ве-

ществ, включая загрязнение от наземных источников; предотвращение загрязнения от морских судов, отходов и использования морского дна; борьба с морским загрязнением.

На Монреальской встрече (Монреаль, 16 сентября 1987 г.) представители 98 стран приняли Соглашение (*Монреальский протокол*) о постепенном прекращении серийного производства хлорфторуглеродов (ХФУ) или фреонов и запрещении их выброса в атмосферу.

На Лондонской встрече (Лондон, 27–29 июня 1990 г.) представители почти 60 стран подписали дополнительный (к Монреальскому) протокол с требованием полностью прекратить производство ХФУ к 2000 г.

В декабре 1997 г. в городе Киото (Япония) на конференции Сторон Рамочной Конвенции ООН по изменению климата был подписан *Киотский протокол*, установивший для промышленно развитых государств-участников четкие обязательства по сокращению выбросов CO₂ относительно 1990 г.

Российская Федерация является участницей соглашений:

1. О водно-болотных угодьях, имеющих международное значение, главным образом, в качестве местообитаний водоплавающих птиц (Рамсарская конвенция с 1976 г.).

2. Конвенции о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (с 1976 г.).

3. Конвенции о биологическом разнообразии (с 1995 г.).

4. Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (Эспо, с 1997 г.).

5. Протокола между Правительством РФ и Правительством Китайской Народной Республики об охране тигра (Пекин, 1997 г.).

6. Киотского протокола по ограничению парникового эффекта (Япония, Киото). Вступил в силу 16 февраля 2005 г.

Российская Федерация – наблюдатель в:

1. Конвенции об охране дикой фауны и флоры и природных сред обитания в Европе 1979 г.

2. Конвенции об охране мигрирующих видов диких животных 1979 г.

На сегодняшний день 175 стран поддерживают Венскую конвенцию и Монреальский протокол, это практически все страны мирового сообщества. В этой связи во всем мире начался про-

цесс разработки новых, экологически безопасных хладонов, обладающих необходимыми эксплуатационными свойствами и разрушающимися в атмосфере с образованием малоактивных веществ.

Россия, будучи правопреемницей СССР, приняла на себя все обязательства в отношении Венской конвенции и Монреальского протокола, а также Лондонской поправки к нему. Однако в результате возникновения сложной экономической ситуации не смогла обеспечить их выполнение к 1 января 1996 г. Производство озоноразрушающих веществ в нашей стране прекратилось только в декабре 2000 г.

Крупные западные компании, такие как DuPont, Great Lakes, ICI и др., начали поиск альтернативных озонобезопасных веществ и разработку технологий их производства. Следующим этапом стало создание опытно-промышленных производств этих веществ, а затем и организация крупномасштабных мощностей по выпуску указанных соединений.

DuPont завершил переход на озонобезопасные вещества еще в 1988 г. и стал доминировать на рынке хладонов.

Крупнейшие предприятия в Перми, Волгограде и других регионах России, производившие озоноразрушающие хладоны, остановили их производство. В то же время в России, начиная с 2001 г., стал наблюдаться устойчивый рост в основных отраслях промышленности, потребляющих хладоны, и потребление озонобезопасных хладонов существенно возросло. При этом спрос на хладоны удовлетворяется преимущественно за счет импортных поставок, так как производимых в России озонобезопасных хладонов явно недостаточно для удовлетворения внутреннего спроса.

Киотский протокол – международный документ, принятый в Киото (Япония) в декабре 1997 г. в дополнение к Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК). Он обязывает развитые страны и страны с переходной экономикой сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов в 2008–2012 гг. по сравнению с 1990 г.

По состоянию на 26 марта 2009 г. Протокол был ратифицирован 181 страной мира (на эти страны совокупно приходится более чем 61 % общемировых выбросов). Заметным исключением из этого списка являются США. Первый период осуществле-

ния протокола начался 1 января 2008 г. и продлится пять лет до 31 декабря 2012 г., после чего, как ожидается, на смену ему придет новое соглашение. Предполагалось, что такое соглашение будет достигнуто в декабре 2009 г. на конференции ООН в Копенгагене.

Киотский протокол стал первым глобальным соглашением об охране окружающей среды, основанным на рыночном механизме регулирования – механизме международной торговли квотами на выбросы парниковых газов.

Страны определили для себя количественные обязательства по ограничению либо сокращению выбросов на период с 1 января 2008 г. по 31 декабря 2012 г. Цель ограничений – снизить в этот период совокупный средний уровень выбросов *шести* типов газов (CO_2 , CH_4 , гидрофторуглеводороды, перфторуглеводороды, N_2O , SF_6) на 5,2 % по сравнению с уровнем 1990 г.

Основные обязательства взяли на себя индустриальные страны:

- Евросоюз должен сократить выбросы на 8 %,
- Япония и Канада – на 6 %,
- Страны Восточной Европы и Прибалтики – в среднем на 8 %,
- Россия и Украина – сохранить среднегодовые выбросы в 2008–2012 гг. на уровне 1990 г.

Развивающиеся страны, включая Китай и Индию, обязательств на себя не брали.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите классификацию антропогенных воздействий на биосферу.
2. Дайте определение загрязнения окружающей среды. Какие виды загрязнений окружающей среды вы знаете?
3. Назовите основные загрязнители биосферы. Какое воздействие на организм человека они оказывают?
4. Что является нормативами качества окружающей среды в России? Какие виды ПДК вы знаете? Какой закон устанавливает нормативы качества окружающей среды?

5. Какие вы знаете законы РФ, касающиеся вопросов охраны окружающей среды? Назовите виды ответственности за нарушение этих законов. Что такое экоцид?

6. На каких принципах основано международное сотрудничество в области охраны окружающей среды?

7. Назовите правительственные и общественные международные организации, занимающиеся вопросами охраны окружающей среды.

8. Какие вы знаете международные конвенции, соглашения в области охраны окружающей среды?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бродский, А. К. Общая экология : учебник для студентов вузов / А. К. Бродский. – М. : Академия, 2006. – 256 с.

2. Гарин, В. М. Экология для технических вузов / В. М. Гарин, И. А. Кленова, В. И. Колесников. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2001. – 384 с.

3. Горелов, А. А. Экология : учебник для студентов вузов, обучающихся по гуманитар. специальностям / А. А. Горелов. – М. : Академия, 2006. – 400 с.

4. Коробкин, В. И. Экология / В. И. Коробкин, Л. В. Передельский. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2004. – 576 с.

5. Никаноров, А. М. Экология : учеб. пособие для студентов вузов и специалистов-экологов / А. М. Никаноров, Т. А. Хоружая. – М. : ПРИОР, 2000. – 304 с.

6. Николайкин, Н. И. Экология : учебник для студентов вузов / Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О. П. Мелехова. – М. : Дрофа, 2008. – 622 с.

7. Новиков, Ю. В. Экология, окружающая среда и человек : учеб. пособие. – М. : ФАИР-ПРЕСС, 2000. – 320 с.

8. Прохоров, Б. Б. Экология человека : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям 013100 «Экология» и 013600 «Геоэкология». – М. : Академия, 2007. – 320 с.

9. Данилов-Данильян, В. И. Перед главным вызовом цивилизации: взгляд из России / В. И. Данилов-Данильян, К. С. Лосев, И. Е. Рейф. – М. : ИНФРА-М, 2005. – 224 с.

10. Дажо, Р. Основы экологии : пер. с фр. – М. : Прогресс, 1975. – 365 с.

11. Джиллер, П. Структура сообществ и экологическая ниша. – М. : Мир, 1988. – 184 с.

12. Вернадский, В. И. Биосфера / В. И. Вернадский. – М. : Наука, 1967. – 405 с.

13. Вернадский, В. И. Биосфера и ноосфера / В. И. Вернадский. – М. : Наука, 1989. – 258 с.

14. Миллер, Т. Жизнь в окружающей среде. Т. 1, 2, 3. Программа всеобщего экологического образования : пер. с англ. / Т. Миллер. – М. : Пангея, 1993. – 308 с.

15. Одум, Ю. Экология : пер. с англ. : в 2 т. / Ю. Одум. – М. : Просвещение, 1986. – 536 с.

16. Реймерс, Н. Ф. Экология: теории, законы, правила, принципы. Гипотезы / Н. Ф. Реймерс. – М. : Молодая гвардия, 1994. – 364 с.

17. Хакен, Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах / Г. Хакен. – М. : Мир, 1985. – 323 с.

Игнатова Алла Юрьевна

ЭКОЛОГИЯ. КУРС ЛЕКЦИЙ

Учебное пособие

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 03.04.2017. Формат 60×84/16
Бумага офсетная. Гарнитура «Times New Roman». Уч.-изд. л. 5,0
Тираж 100 экз. Заказ
КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28
Издательский центр УИП КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а