



Я.Л. Мархоцкий

Основы
экологии
и энергосбережения

Ян Л. Мархоцкий

**Основы экологии и
энергосбережения**

«Вышэйшая школа»

2014

УДК [574+502.171+520.9](075.8)
ББК 20.1я73

Мархоцкий Я. Л.

Основы экологии и энергосбережения / Я. Л. Мархоцкий —
«Вышэйшая школа», 2014

Раскрыты основные положения и концепции экологии и энергосбережения. Изложено учение о биосфере, био- и геосистемах; освещено влияние атмосферы, литосферы, гидросферы, солнечной радиации, погоды и климата на жизнедеятельность флоры и фауны; показаны особенности взаимодействия общества и природы. Рассматриваются основные проблемы энергосбережения и топливно-энергетических ресурсов, а также возобновляемые и альтернативные источники энергии. Для студентов учреждений высшего образования по профилям образования «Искусство и дизайн», «Гуманитарные науки».

УДК [574+502.171+520.9](075.8)

ББК 20.1я73

Содержание

Предисловие	7
Глава 1. Экология как наука	8
1.1. Историческое развитие экологии	8
1.2. Основные цели и задачи экологии	11
1.3. Структура современной экологии	13
Глава 2. Экологические факторы среды	17
2.1. Понятие об экологических факторах среды	17
2.2. Абиотические факторы	18
2.2.1. Климатические факторы	18
2.2.2. Эдафические факторы	20
2.2.3. Орографические факторы	21
2.2.4. Гидрографические факторы	22
2.2.5. Химические факторы	22
2.2.6. Пирогенные факторы	23
2.3. Биотические факторы	24
2.3.1. Понятие о биотических факторах	24
2.3.2. Фитогенные факторы	24
2.3.3. Зоогенные факторы	25
2.3.4. Антропогенные факторы	25
2.3.5. Взаимодействие факторов	27
2.3.6. Лимитирующие факторы. Закон минимума Либиха и закон толерантности Шелфорда	28
2.4. Значение солнечной радиации для биосферы	29
2.4.1. Спектральный состав солнечной радиации	29
2.4.2. Влияние света на важнейшие процессы, протекающие в растениях и у животных	30
2.4.3. Световое голодание и заболевания, вызванные УФЛ	31
2.4.4. Физико-химические свойства солнечной радиации	32
2.5. Понятие о геомагнитном поле	33
2.5.1. Поражающие факторы геомагнитных бурь	35
2.6. Климат и погода	38
2.6.1. Формирование климата	38
2.6.2. Классификация климата	39
2.6.3. Акклиматизация	40
2.6.4. Метеотропные заболевания и их профилактика	41
Глава 3. Экология популяций	43
3.1. Понятие о популяции	43
3.2. Характеристика уровней живой материи и популяций	44
3.3. Численность и плотность популяции	45
3.4. Виды популяций и их устойчивость во внешней среде	47
3.5. Биотические взаимоотношения между популяциями и организмами	48
Глава 4. Биоценоз и экологическая ниша	51
4.1. Понятие о биоценозе	51
4.2. Структура биоценоза	52
4.3. Понятие об экологической нише	54

Глава 5. Экосистема	56
5.1. Понятие об экосистеме	56
5.2. Динамика экосистем	58
5.3. Пищевые цепи, трофические уровни и экологические пирамиды	60
Конец ознакомительного фрагмента.	62

Ян Мархоцкий

Основы экологии и энергосбережения

© Мархоцкий Я. Л., 2014

© Оформление. УП «Издательство „Вышэйшая школа“», 2014

Предисловие

Человек еще очень мало знает о среде, в которой он живет (особенно о механизмах, которые ее формируют и охраняют). Раскрытие этих механизмов – одна из важнейших задач современной экологии.

С экологическими проблемами теснейшим образом связана энергетическая проблема: так, топливно-энергетический баланс планеты состоит в основном из загрязнителей биосферы – нефти, угля, газа. В связи с этим главной задачей энергетики является получение энергии из альтернативных возобновляемых источников, которые в меньшей степени будут загрязнять внешнюю среду.

Современные экологические знания и знания по энергосбережению являются диалектическим единством в системе «человек – общество – природа». Эти знания содержат природоведческие и общественно-гигиенические, технико-технологические, медицинские и морально-этические системы взаимодействия общества и природы.

Экология проникла практически во все отрасли знаний. При этом она рассматривается не только как самостоятельная дисциплина, но и как мировоззрение, призванное объединять все науки, технологические процессы и сферы деятельности людей.

Наряду с экологическим образованием существенное внимание уделяется экологическому воспитанию, с которым связывается бережное отношение к природе, культурному наследию, социальным благам.

Целью изучения экологии и энергосбережения является:

- формирование у студентов представления об отношении живых организмов между собой и с окружающей средой;
- изучение основных принципов функционирования экосистем;
- разработка мероприятий по улучшению среды обитания людей и предотвращению нежелательных изменений биосферы;
- изучение основных нормативно-правовых документов по энергосбережению;
- характеристика топливно-энергетических ресурсов, способов получения и преобразования энергии, основных направлений энергосбережения и экологических проблем современной энергетики.

В связи с этим студентам необходимо изучить вопросы, касающиеся:

- учения о биосфере и экологических факторах среды;
- основных принципов функционирования экосистем;
- биосферы и влияния ее на жизнедеятельность флоры и фауны;
- глобальных экологических проблем современности и взаимодействия человека и природы;
- взаимосвязи между компонентами и элементами природы;
- норм и правил поведения человека в окружающей природной среде, охраны природы.

Считаю своим долгом выразить признательность рецензентам за советы и замечания, способствующие улучшению пособия.

Автор

Глава 1. Экология как наука

1.1. Историческое развитие экологии

Еще античными мыслителями и философами рассматривались взаимоотношения между живыми организмами и окружающей природной средой. Например, Аристотель классифицировал животных по образу жизни и способу питания. В сочинениях Гиппократы содержатся сведения о влиянии факторов среды на здоровье людей.

Еще на заре развития цивилизации экология приобрела практическое значение; по-видимому, она одна из древнейших наук. Целенаправленное преобразование природной среды уходит в глубокую древность, например:

- подсечное земледелие, т. е. вырубка лесов и использование освободившихся земель для выращивания культурных растений;
- создание систем искусственного орошения посевов.

Интерес к среде своего обитания был свойствен человеку всегда, так как от качества этой среды зависело не только благополучие семьи, рода, племени, но и само их существование.

В средние века господство схоластики ослабило интерес к изучению природы. Однако в эпоху Возрождения великие географические открытия снова возродили исследования ученых. В XVII–XVIII вв. экологические сведения встречались в работах зоологов, путешествующих натуралистов. В эпоху Возрождения человек начал открывать новые природные территории. Благодаря экспедициям знаменитых путешественников того времени – Христофора Колумба, Васко да Гама и других мореплавателей в рацион питания современных людей появились такие продукты, как картофель, томаты, кофе, чай, рис, кукуруза, пряности, рыба, морепродукты, экзотические овощи и плоды.

В 1749 г. шведский естествоиспытатель Карл Линней (1707–1778) опубликовал диссертацию «Система природы», где изложил свои взгляды на взаимоотношения живых организмов и влияние на их жизнь условий внешней среды. Заслуга К. Линнея в том, что он впервые последовательно для каждого вида растений, животных и микроорганизмов применил двойную (бинарную) номенклатуру – первое латинское название означало название рода, второе – видовую принадлежность.

Существенное влияние на формирование экологических взглядов имели работы автора первого эволюционного учения французского естествоиспытателя Жана Батиста Ламарка (1744–1829). Он выделял влияние «внешних обстоятельств» в качестве одной из наиболее важных причин эволюции животных и растений.

Экологическое направление в изучении географии растений заложили труды немецкого путешественника и географа Александра Гумбольдта (1769–1859). Растительность в биосфере распределена в соответствии с географической зональностью. В сходных географических условиях у растений разных таксономических групп вырабатываются сходные «физиономические» формы, т. е. создается одинаковый внешний облик. По распределению и соотношению этих форм можно судить о специфике физико-географической среды.

Значительный вклад в экологическое мышление внесли труды русского зоолога К. Ф. Рулье (1814–1858), которого по праву считают основоположником экологии животных. Его ученик Н. А. Северцов (1827–1885) издал монографию «Периодические явления в жизни зверей и птиц» (1855), не утратившую своего значения до наших дней.

Благодаря работам английского естествоиспытателя Чарльза Дарвина (1809–1882) развитие биологических наук обрело научную основу. В 1859 г. появился труд Ч. Дарвина «Про-

исхождение видов путем естественного отбора», который положил начало целой эпохе в развитии биологии и послужил мощной основой для становления экологического направления. В науке появились и закрепились идеи постепенного преобразования одних видов в другие путем естественного отбора на основе борьбы за существование.

В 1866 г. немецкий биолог Эрнст Геккель (1834–1919) написал свою книгу «Общая морфология организмов», в которой было дано первое определение экологии: *«Под экологией мы подразумеваем общую науку об отношениях организмов к окружающей среде, куда мы относим все условия существования в широком смысле этого слова. Они имеют частично органическую, частично неорганическую природу»*. Исходя из идей Ч. Дарвина, Э. Геккель дал развернутую характеристику этой отрасли знаний.

В программной речи «О пути развития и задаче зоологии», произнесенной в 1869 г., Э. Геккель сказал: *«Под экологией мы подразумеваем науку об экономии, домашнем быте животных организмов. Она исследует общие отношения животных как к их неорганической, так и к органической среде, их дружественные и враждебные отношения к другим животным и растениям, с которыми они вступают в прямые и косвенные контакты, или, одним словом, все те запутанные взаимоотношения, которые Ч. Дарвин условно обозначил как борьбу за существование»*.

Однако термин «экология» получил признание у научной общественности только в конце XIX в. В начале XX в. оформились и начали развиваться экологические школы ботаников, зоологов, гидробиологов и т. д. На III Ботаническом конгрессе в Брюсселе в 1910 г. экология растений официально разделилась на экологию особей (аутэкологию) и экологию сообществ (синэкологию). Это деление распространилось на общую экологию и экологию животных.

В 1913–1920 гг. вышли экологические труды В. Шелфорда, Ч. Адамса, С. А. Зернова. Создавались экологические научные общества, журналы; экологию стали преподавать в высших учебных заведениях. Исследования многих выдающихся ученых, таких, как Г. Ф. Морозов, А. Д. Тенсли, Р. Линдеман, Ю. Одум и др., позволили создать совокупность знаний, идей, концепций, законов, которые являются фундаментом экологии.

Во второй половине XX в. экология как наука развивается особенно бурно, поскольку антропогенные изменения окружающей среды приобрели такие размеры, что человек (прямо или косвенно) сам стал их жертвой, а именно:

- бурный рост населения и увеличение урбанизированных площадей;
- загрязнение Мирового океана;
- вырубка лесов и рост поголовья скота;
- нехватка пресной воды;
- широкое применение пестицидов, химических удобрений, мелиорация, радиоактивное загрязнение;
- загрязнение биосферы отходами промышленности, сельского хозяйства, автотранспорта;
- накопление в биосфере фотооксидантов, ксенобиотиков тяжелых металлов;
- образование кислотных осадков, парниковый эффект, истощение озонового слоя и другие негативные факторы.

В 1972 г. ООН создала и провела в Стокгольме Первое Международное совещание по окружающей человека антропогенно измененной природной среде. Было принято решение о создании постоянно действующей комиссии Международной организации по охране окружающей среды (ЮНЕП). Программа ООН по окружающей среде действует и в настоящее время.

Основой современной экологии является биология, или общая экология (фундаментальная экология), изучающая всю природу в целом, уровни организации жизни на Земле, устойчивость живой природы.

1.2. Основные цели и задачи экологии

Термин «экология» предложен в 1866 г. Э. Геккелем (от греч. *oikos* – дом, жилище, местообитание, *logos* – наука, изучение). Образно говоря, экология – это наука о том, как жить и хозяйствовать в собственном доме. Каждый вид имеет свой дом; для современного человека – это вся планета Земля и околоземное космическое пространство.

Первоначально под «экологией человека» понимали раздел медицины, изучающий влияние внешней среды на человека. Но это влияние изучали и другие дисциплины. В данном случае необходимо учитывать не только влияние среды на человека, но и влияние человека на природу, т. е. антропогенное воздействие на окружающий мир. Предметом исследования общей экологии являются био- и геосистемы различных уровней организации и их динамика во времени и пространстве под влиянием внутренних и внешних факторов.

Экология человека – это интегральная наука, изучающая взаимоотношения человека с окружающей средой. Она, как и общая экология, развивается на организменном, популяционном, видовом, биоценотическом и биогеоценотическом уровнях. Экология человека рассматривает:

- отношение человека к определенным биотическим и абиотическим факторам;
- отрицательные явления, возникающие в процессе взаимоотношений общества и природы;
- негативное воздействие окружающей среды, измененной человеком, на природу самого человека, на состояние его здоровья.

Следовательно, выживаемость человека в полной мере зависит от него самого, от коренного изменения его воздействия на природу. Человек оказывает воздействие не только на животных, растения и микроорганизмы, но и на микро-, мезо- и макроэкосистемы, ландшафты, биосферу в целом и дальнейшее ее развитие.

В связи с этим экологию человека можно представить как новое комплексное междисциплинарное научное направление, изучающее взаимодействие общества с природой и техногенной средой, возможность управлять здоровьем человеческой популяции, ее усовершенствованием и развитием.

Постоянно возрастает влияние человека на биосферу. Преобразуется облик планеты:

- исчезают леса, а вместе с ними и некоторые виды растений и животных;
- истощаются запасы полезных ископаемых;
- ухудшается качество пищевых продуктов;
- осушаются болота и сооружаются новые водохранилища;
- некоторые из твердых и жидких отходов промышленности и сельского хозяйства не распадаются и не окисляются;
- естественные первичные биоценозы заменяются вторичными агроценозами: фотооксидантами и ксенобиотиками;
- выпадают кислотные и радиоактивные осадки;
- широко применяются пестициды и минеральные удобрения;
- канцерогенные углеводороды изменяют химический состав воды, воздуха и почвы;
- происходит постоянный прирост населения Земли;
- из-за парникового эффекта, истончения озонового экрана, электромагнитных излучений и многих других явлений возникают большие проблемы.

Экологическая безопасность должна входить в структуру национальной безопасности и обеспечивать:

- охрану среды и здоровья людей;

- распространение достоверной информации о состоянии природной среды и здоровья населения;
- проведение общественной экологической экспертизы и оценку экологического риска;
- защиту прав и интересов граждан;
- общественный контроль за соблюдением законодательства в области природопользования.

Основной целью экологии является:

- изучение взаимоотношений организмов между собой и окружающей средой;
- изучение структуры и организации экологических систем различного уровня;
- рациональное использование природных (естественных) ресурсов для потребления;
- сохранение биологического разнообразия и ресурсов растительного и животного мира;
- охрана флоры и фауны (заповедники, национальные парки, заказники, ландшафтные парки, памятники природы);
- упорядочение диалектического единства в системе «человек – общество – природа»;
- профилактика современного экологического кризиса и его последствий;
- формирование у населения экологического сознания и экологической культуры.

Стратегическими задачами современной экологии являются:

- развитие системы взаимодействия «человек – общество – природа». Эти задачи носят межведомственный характер и заключаются в изучении природоведческих и общественно-исторических, социально-экономических, санитарно-гигиенических, технико-технологических, медицинских и морально-этических систем взаимодействия общества и природы;
- изучение влияния различных факторов, в том числе и антропогенных, на структуру и динамику биоценозов и биогеоценозов;
- анализ хозяйственной деятельности человека относительно ее влияния на прогнозирование изменения факторов природы;
- умелое управление природно-хозяйственными комплексами с целью сохранения среды обитания человека;
- разработка и применение различных систем с целью ограничения использования химических веществ в борьбе с вредителями сельского и лесного хозяйства, т. е. с учетом общебиосферного закона – закона физико-химического единства живого вещества;
- приумножение и сохранение биологического разнообразия природы и особо охраняемых территорий.

К неотложным прикладным задачам экологии относятся:

- обеспечение экологической безопасности за счет неистощающего природопользования;
- разработка экологических основ промышленного и сельскохозяйственного производства;
- выработка социальных и экономических механизмов решения экономических проблем;
- решение организационно-правовых проблем управления природопользованием;
- развитие методов социально-экологического прогнозирования (мониторинга).

Задачами экологического мониторинга являются:

- наблюдение за состоянием биосферы и оценка прочности ее состояния;
- определение степени антропогенного воздействия на окружающую среду и выявление его факторов и источников.

1.3. Структура современной экологии

Современная экология не только использует свои методы исследования, но и широко применяет методы других наук – химии, физики, математики и т. д. Наряду с биоэкологией возникли экология человека и социальная экология. В зависимости от типа изучаемой биологической системы в экологии выделяют такие разделы, как аутэкологию, синэкологию, демэкологию.

Аутэкология (от греч. *autos* – сам) – раздел экологии, изучающий взаимоотношения отдельного организма и среды его обитания. Задачей аутэкологии является установление пределов существования особи (организма) и тех пределов физико-химических факторов, которые организм выбирает из всего диапазона их значений. Изучение реакции организмов на воздействие факторов среды позволяет также выявить физиологические и морфологические изменения, характерные для данных особей. Следовательно, аутэкология изучает взаимоотношения особей и внешней среды. В основе этих отношений лежат морфологические реакции организма на воздействие среды.

Термин «аутэкология» был введен в 1896 г. швейцарским ботаником, флористом, профессором Карлом Шретером (1855–1939) именно для обозначения экологии особей.

При изучении экологии особей основное внимание уделяется:

- биохимическим реакциям;
- интенсивности газо- и водообмена, а также физиологическим процессам, определяющим состояние организма;
- использованию сравнительно-экологического и экологогеографического методов;
- сопоставлению состояния и реакции организма на внешние воздействия в различные периоды жизни (суточная, сезонная активность).

Синэкология (от греч. *syn* – вместе), или экология сообществ, изучает ассоциации разных видов растений, животных и микроорганизмов, образующих биоценозы, их формирование и развитие, структуру, динамику, взаимодействие с физико-химическими факторами среды, энергетику, продуктивность и др.

Демэкология (от греч. *demos* – народ) изучает естественные группировки особей одного вида, т. е. популяции; выясняет условия формирования популяций и внутривидовых группировок и их взаимоотношения, структуру, динамику, численность популяции (В. В. Маврищев и др., 2010).

Аутэкология, синэкология и демэкология представляют собой экологию природных систем. Основным содержанием современной биоэкологии является исследование взаимоотношений организмов друг с другом и с внешней средой на популяционно-биоценологическом уровне.

Однако понятие «экология» не ограничивается только биологической направленностью и связано с небиологическими науками – географией, геологией, физикой, химией, медициной, техникой и другими разделами научных знаний. Экологические науки, согласно Н. Ф. Реймерсу, состоят из фундаментальных и прикладных наук, которые тесно взаимодействуют друг с другом.

Современная экология делится на ряд научных отраслей и дисциплин (рис. 1.1). Различают следующие разделы экологии: геохимический, глобальный, животных, инженерный, космический, ландшафтный, микроорганизмов, насекомых, популяционный, пресных вод, радиационный, растений, сельскохозяйственный, факторальный, человека, социальный. (Н. Ф. Реймерс, 1994).

В современной экологии изучаются проблемы прямого и побочного влияния производственной деятельности:

- на тепловой режим планеты;
- фон радиоактивности;
- загрязнение Мирового океана;
- уменьшение запасов невозобновляемых энергетических ресурсов;
- поступление в биосферу переработанных биохимических и токсичных отходов;
- экологическое состояние урбанизированных ландшафтов;
- физическое, психическое здоровье, генофонд нации.

Данные вопросы решаются совместно и тесно связаны с другими естественными и гуманитарными науками: экономикой, социологией, географией, технологией, демографией. Экология имеет следующие научные направления: экофизиологию, экогенетику, экоморфологию, экобиохимию и т. д. Это значит, что происходит экологизация мышления.

К основным экологическим проблемам современности относятся:

- изменение климата;
- истончение озонового слоя;
- нехватка пресной воды;
- загрязнение подземных вод;
- пагубное влияние пестицидов на здоровье;
- кислотные осадки;
- сокращение биологического разнообразия;
- уничтожение токсических отходов;
- накопление в биосфере ксенобиотиков.

Кроме основных экологических проблем, следует еще указать на глобальные задачи современности в целом:

- предотвращение ядерной войны и аварий на АЭС;
- демографическую стабилизацию;
- энергетическую проблему;
- продовольственную;
- урбанизацию и ее последствия.

Экология на современном этапе занимает центральное место при изучении биосферы. Исходя из вышеизложенного, можно сформулировать обобщенное определение экологии как науки. *Экология – это наука, которая изучает взаимоотношения организмов между собой и с окружающей средой, а также структуру и организацию биологических систем различного уровня (популяции, биоценозы, экосистемы)* (В. В. Маврицев и др., 2010). Знание экологии должно способствовать формированию экологического мышления человечества как необходимого условия его выживания и развития.





Рис. 1.1. Структура современной экологии

Глава 2. Экологические факторы среды

2.1. Понятие об экологических факторах среды

Организмы не могут существовать изолированно от окружающей среды. Экологическими элементами называются все компоненты природной среды, а именно:

- вода, атмосферный воздух, почва, пища, растительный и животный мир, горные породы и т. д.;
- природные условия, а также результаты антропогенной деятельности: загрязняющие вещества, измененные природные условия, ранее не существовавшие в природе, но созданные человеком.

К экологическим факторам относятся только те элементы, изменение которых вызывает ответную реакцию определенного организма или определенной группы организмов вплоть до исчезновения их по каким-либо причинам из среды обитания. Экологические факторы не равнозначны в своем влиянии на организмы и вещества. Важнейшими из них являются *солнечная энергия* и *климатические факторы*.

Среда любого организма складывается из многочисленных элементов органической природы, а также из объектов, связанных с хозяйственной деятельностью человека. Условия среды складываются из разнообразных элементов. Те факторы среды, которые оказывают прямое или косвенное воздействие на организмы, называются *экологическими*.

Для разных организмов количественные пределы фактора, при которых они могут существовать, неодинаковы (температура, влажность, химический состав компонентов среды обитания и др.).

Окружающая среда влияет на жизнедеятельность организмов, так как для любого из них она складывается из многочисленных элементов органической и неорганической природы, а также факторов хозяйственной деятельности человека. Есть экологические факторы, без которых жизнь растений и животных невозможна (например, для зеленых растений это солнечная энергия, вода, углекислый газ, минеральные соли). В процессе жизнедеятельности растения и животные приспособились к определенным условиям среды. Одни виды приспособились к жизни в условиях жаркого сухого климата (саксаул, баобаб, тушканчик), другие живут в холодном (карликовая береза, песок, северный олень), третьи – в жарком и влажном (бамбук, кокосовая пальма, орхидея) климате.

Все экологические факторы делятся на следующие группы:

- абиотические (влияние элементов неживой природы);
- биотические (влияние живых организмов);
- антропогенные (влияние человека).

Экологические факторы имеют разную природу и специфику воздействия на организм, т. е. каждый фактор неодинаково влияет на разные его функции.

2.2. Абиотические факторы

Абиотические факторы – это компоненты и явления неживой природы, прямо или косвенно воздействующие на живые организмы. Главную роль среди них играют климатические, эдафические, орографические, гидрографические, химические и пирогенные.

К климатическим факторам относятся:

- спектральный состав солнечной радиации;
- физические и химические свойства атмосферного воздуха;
- климат, погода, акклиматизация;
- тепло, вода, ветер;

к эдафическим –

- составные компоненты почвы;
- физико-климатические свойства почвы;
- биогеохимические эндемия и радиоактивность;
- загрязнение и самоочищение почвы;
- почва как источник распространения инфекционных заболеваний, глистных инвазий;

к орографическим –

- рельеф местности;
- высота над уровнем моря;
- вертикальная зональность;
- экспозиция и крутизна склона;
- горы, ущелья каньоны, низины;

к гидрографическим – факторы водной среды:

- органолептические;
- физико-химические;
- показатели загрязнения;
- источники водоснабжения;
- гидробионты;

к химическим –

- газовый состав атмосферного воздуха;
- солевой состав гидросферы;

к пирогенным – природные пожары:

- лесные;
- торфяные;
- степные;
- полевые;
- тундровые.

2.2.1. Климатические факторы

Многолетний режим погоды определяет главные различия в жизненных формах растений (трав, кустарников, деревьев).

Свет является наиболее действенным климатическим фактором на Земле. Без него невозможен фотосинтез, а без органической пищи и кислорода невозможна жизнь консументов.

Солнечный свет, или солнечное излучение, проходящее через атмосферу и достигающее поверхности Земли, представляет собой электромагнитные волны, длина которых заключена в следующих диапазонах:

- инфракрасные лучи – 2800–760 нм;
- видимые лучи – 760–400 нм;
- ультрафиолетовые лучи – 400–200 нм.

Важную роль играет длина световой волны, воспринимаемая органами зрения животных. Животные, наделенные цветным зрением, лучше ориентируются в окружающей среде (опасность, поиск пищи, перемещение и т. д.).

У растений в процессе эволюции выработалось разное отношение к освещенности. В связи с этим все растения делят на три большие группы: светолюбивые, теневыносливые и тенелюбивые.

Избирательная чувствительность к освещенности позволяет растениям максимально (по вертикали) использовать жизненное пространство путем формирования ярусности и образовывать свой внешний облик – жизненную форму. Под влиянием одностороннего освещения изменяется направление роста органов растения, что получило название *фототропизма* (от греч. *tropos* – поворот). Различают положительный и отрицательный фототропизм, а также диатропизм.

Подвижные животные под действием света проявляют двигательную реакцию – таксис (от греч. *taxis* – расположение). Способность двигаться в сторону света называется *положительным фототаксисом*, избегать его – *отрицательным*. Например, ночные насекомые слетаются на свет, а тараканы прячутся.

Для животных свет как экологический фактор имеет меньшее значение, чем для растений. Различают животных, ведущих дневной, ночной и сумеречный образ жизни.

Каждому пункту земной поверхности свойствен свой световой ритм, который отражается в биологии растений, животных и микроорганизмов. Реакция организмов на суточный ритм солнечной энергии, т. е. на соотношение светлого и темного периодов суток, получило название *фотопериодизма*. По этому признаку различают три группы растений:

- растения короткого дня;
- растения длительного дня;
- индифферентные растения.

В области экватора продолжительность дня и ночи постоянная. При удалении от экватора летом день удлиняется, а ночь становится короче, зимой – наоборот. В связи с этим различают растения короткого и длинного дня. Например, кукуруза в Украине и Молдове успешно созревает на зерно, а на севере дает только зеленую массу.

Температура является важнейшим абиотическим фактором. Распространение жизни на Земле ограничено областью несколько ниже 0 °С и до 50 °С. В геотермальных источниках суши ряд видов цианобактерий обитают при температурах 95–98 °С. В гидротермальных источниках Мирового океана отдельные виды археобактерий не только выживают, но и размножаются при температуре до 121 °С. Критические температуры для растений и животных могут широко варьироваться. Например, если рептилии, живущие в пустыне, легко переносят жару 45 °С, то большинство морских беспозвоночных гибнут при температуре выше 30–32 °С. Следовательно, если температура живой клетки опускается ниже точки замерзания воды, то образовавшиеся кристаллы льда ведут к ее гибели. При высокой температуре (более 50 °С) происходит денатурация белков, что тоже ведет к гибели клетки.

Организмы, не способные регулировать собственную температуру, называются *пойкилотермными*. Это растения, микроорганизмы, беспозвоночные, рыбы, рептилии и др. Птицы и млекопитающие, способные к активному регулированию температуры тела независимо от температуры окружающей среды, называются *гомойотермными*. Благодаря этому свойству многие животные способны жить и размножаться при температуре ниже 0 °С – например, белый медведь, северный олень, пингвины и др., имеющие приспособления к таким условиям существования (шерстный покров, плотное оперение, толстый слой жировой ткани).

Гетеротермия – частный случай гомойотермии. Она характерна для животных, впадающих в спячку или оцепенение в неблагоприятный период года. Температура у этих животных (ежей, сусликов, летучих мышей, стрижей и др.) заметно снижается за счет замедления обмена веществ, а в период функциональной активности они обладают постоянной температурой тела.

Вода – основа живой материи. Она является главным экологическим фактором, т. е. основным условием существования всего живого на Земле. Образно говоря, вода – это эликсир жизни, «оживляющий» поверхность планеты, «маховое колесо» климата и погоды.

Человек почти на 65–70 % состоит из воды. Для поддержания водного баланса ему необходимо 2 л воды, или 30 мл на 1 кг массы тела в сутки (с той водой, которая содержится в пищевых продуктах: соках, супах, овощах, фруктах). Наши ткани содержат около 15 % эндогенной жидкости от массы тела, которая образуется при сжигании питательных веществ кислородом, строительстве новых молекул, их перестройке.

Перераспределение жидкости идет через желудочно-кишечный тракт:

- около 1,5 л воды человек глотает со слюной;
- примерно 1,5 л желудок дает в виде желудочного сока;
- в среднем 3,0 л выделяет тонкий кишечник;
- 0,7 л панкреотического сока выделяет поджелудочная железа;
- 0,5 л желчи образует печень.

Через почки, кожу, легкие выделяется около 2 л воды. Именно такое количество воды человек должен получить извне – в чистом виде или с различной пищей.

Физиологическое потребление человеком питьевой воды может изменяться в зависимости:

- от условий внешней среды;
- характера трудовой деятельности.

Потеря животными 10–20 % воды от массы тела приводит к их гибели. Из наземных животных больше всего воды в сутки требуется слону – около 90 л. Он на 70 % состоит из воды. Животные, обитающие в водной среде, получают ее через наружные покровы. Насекомые, моллюски, черви, лягушки адсорбируют влагу из воздуха. Для многих животных источник воды – пища, жидкий корм.

2.2.2. Эдафические факторы

Эдафические факторы – это факторы почвенной среды (от греч. *edaphos* – земля, почва). К основным эдафическим факторам относится совокупность физических и химических свойств почв:

- фильтрационность, влагоемкость, капиллярность, гигроскопичность, испаряющая способность;
- залегание водоупорного слоя, водоносного горизонта, зоны капиллярного поднятия, зоны фильтрации и зоны испарения;
- состав компонентов почвы: минеральная основа, органическое вещество, почвенный раствор и почвенный воздух;
- наличие биогеохимических эндемий, радиоактивности почвы;
- способность к загрязнению и самоочищению почвы;
- роль почвы в распространении инфекционных заболеваний, глистных инвазий и раневых инфекций.

Почва играет большую роль в жизни растений и животных. Например, своеобразные условия создаются на песчаных почвах (90 % песка и 10 % глины, размер частиц от 0,2 до 2 мм), где обитают растения, называемые псаммофитами. У них образуются придаточные

корни, что не позволяет растениям быть засыпанными песком; листья у них узкие и жесткие, иногда вообще отсутствуют.

Обитающие в песках животные способны быстро зарываться вглубь; на лапках у них имеются щеточки из волосков или роговых чешуек, т. е. приспособления для быстрого передвижения и рытья нор в рыхлом песке.

Для животных, которые (по крайней мере в какой-то период) обитают в почве, характер состава почвы имеет экологическое значение. Например, личинки насекомых, как правило, не могут жить в слишком каменистой почве; роющие перепончатокрылые откладывают яйца в подземных ходах; многие саранчевые, зарывающие яйцевые коконы в землю, нуждаются в достаточно рыхлой почве.

Весьма важной характеристикой почвы является ее водородный показатель рН. Каждый вид растений предпочитает определенные показатели рН и имеет свой оптимум.

Раствор является нейтральным, если концентрация водородных ионов H^+ и гидроксильных ионов OH^- одинакова и равна (каждая) 10^{-7} моль/л. На практике степень кислотности (или щелочности) раствора выражается более удобным водородным показателем рН, представляющим собой отрицательный десятичный логарифм молярной концентрации водородных ионов:

$$pH = -\lg(H^+).$$

Например, если в растворе концентрация водородных ионов равна 10^{-5} моль/л, то показатель кислотности этого раствора $pH = 5$. В кислых растворах $pH < 7$, и чем он меньше, тем кислее раствор. В щелочных растворах $pH > 7$, и чем он больше, тем выше щелочность раствора. Щавель, вереск растут на сильнокислых почвах ($pH = 4,5-5,0$), ячмень, клевер, мать-и-мачеха – на нейтральных, крапива двудомная, иван-чай, пролеска – на щелочных, где $pH = 7-8$. Кислотность может служить индикатором скорости общего метаболизма сообщества. Если рН почвенного раствора низок, то это указывает на малое содержание биогенных элементов, а значит, продуктивность такой почвы крайне мала.

По отношению к плодородию почвы растения делятся на следующие экологические группы:

- *олиготрофы* (от греч. *oligos* – небольшой и *trophe* – питание) – растения малоплодородных почв (сосна обыкновенная);
- *мезотрофы* (от греч. *meso* – средний, *trophe* – питание) – растения с умеренной потребностью в питательных веществах. Это большинство лесных растений (береза, осина, ольха и др.);
- *эвтрофы* (от греч. *eu* – хорошо, *trophe* – питание) – растения, требующее большого количества питательных веществ в почве (лещина, дуб).

2.2.3. Орографические факторы

Орографические факторы – это особенности элементов рельефа (от греч. *oros* – гора и *grapho* – пишу). Они оказывают влияние на распространение организмов по земной поверхности. К таким факторам относятся:

- особенности элементов рельефа;
- высота над уровнем моря;
- экспозиция и крутизна склонов.

Рельеф создает разнообразные условия местообитания для растений и животных в связи:

- с изменениями температурных режимов;
- увлажнением почвенного покрова.

Характер воздействия рельефа определяется мощностью его развития. В связи с этим различают макро-, мезо- и микрорельеф:

- макрорельеф предопределяет не только распространение организмов по высотным зонам, но и оказывает косвенное влияние (горные сооружения), создавая барьерную роль на пути движения воздушных масс, порождая аazonальные ландшафты;
- мезорельеф оказывает воздействие на распределение зональных, интра- и экстразональных сообществ в пределах природных зон;
- микрорельеф (холмики, западины, блюдца) приводит к формированию небольших по размерам сообществ.

Подъем в гору часто напоминает путешествие от экватора к полюсу. При поднятии на каждые 100 м температура воздуха понижается в среднем на 0,5 °С. Увеличивается длительность вегетационного периода. У подножия гор могут находиться тропические моря, а на вершине дуют арктические ветры. С одной стороны горы может быть тепло и солнечно, с другой – холодно и влажно. Экспозиция склона: на северных склонах растения образуют теневые формы, на южных – световые. Крутизну склонов характеризуют быстрый дренаж и смывание почв, поэтому здесь почвы маломощные и сухие. Если уклон превышает 35°, почва и растительность обычно не образуются.

2.2.4. Гидрографические факторы

Гидрографические факторы – это факторы, которыми характеризуется вода:

- органолептические свойства воды (прозрачность, мутность, цветность, запах, вкус, температура);
- физико-химические свойства воды (рН, сухой остаток, окисляемость, количество растворенного в воде кислорода, хлоридов, сульфатов, азота аммониевых солей, железа, жесткость);
- показатели загрязненности воды (микробное число, колититр, колииндекс, сапробность, биоценоз);
- источники водоснабжения (атмосферные, подземные, грунтовые, верховодка, артезианские воды, родники, открытые водоемы).

Организмы, обитающие в водной среде, называются *гидробионтами*. Все живые существа приспособились к плотности воды, глубинам. Многие рыбы, ракообразные, морские звезды могут переносить давление от одной до сотен атмосфер. Плотность морских организмов убывает с глубиной.

2.2.5. Химические факторы

Химические факторы – антропогенное химическое загрязнение окружающей среды, которое оказывает существенное влияние:

- на качество окружающей среды;
- живые организмы.

Химический фактор для организмов, живущих в воде, чрезвычайно важен. Например, в водах Черного моря много сероводорода, что делает данный водоем неблагоприятным для жизни многих организмов. Газовый состав тропосферы в меньшей степени влияет на живые организмы, поскольку он обладает постоянством химического состава. Соленость воды (более 10 г/л) существенно влияет на жизнедеятельность живых существ. Пресноводные животные не могут обитать в морях, морские не переносят опреснение. Большинство водных животных обитает в морских и океанических водах.

2.2.6. Пирогенные факторы

Как утверждают специалисты, пирогенные факторы (пожары) следует относить к абиотическим факторам. Пожары могут быть определенным ограничивающим фактором при распространении животных и растений. Низовые лесные пожары дополняют действие редуцентов, разлагая погибшие растения и животных в форму, пригодную для использования новыми поколениями растений. Пожары в степях и саваннах уменьшают размножение пустынных кустарников. Использование огня специально обученными людьми порой способствует успешному землепользованию.

2.3. Биотические факторы

2.3.1. Понятие о биотических факторах

Биотические факторы – это формы воздействия живых существ друг на друга. Каждый организм постоянно испытывает на себе прямое или косвенное влияние других существ, вступает в связь с представителями своего вида и других видов – растениями, животными, микроорганизмами, зависит от них и сам оказывает на них воздействие. Окружающий органический мир – составная часть среды каждого живого существа.

Выделяют две группы факторов: фитогенные и зоогенные. Взаимоотношения между живыми организмами многообразны и разделяются на прямые и косвенные.

2.3.2. Фитогенные факторы

К фитогенным относят факторы воздействия растений друг на друга и на окружающую среду. Среди них выделяют следующие группы.

Механические контакты, или контакты прямого действия – это охлестывание ветвями, сцепление и давление стволов и корней. Например, прямым воздействием является повреждение сосны и ели в смешанных лесах от охлестывающего действия березы в результате раскачивания ветром тонких ее веток, которые ранят кору и сбивают молодые иглы ели и сосны. Использование одним растением другого в качестве среды обитания называется *эпифитизмом*. Растения, живущие на других растениях (ветки, стволы) без связи с почвой, называются *эпифитами*. Около 10 % всех видов растений ведет эпифитный образ жизни.

Физиологические контакты – это взаимоотношения между растениями: паразитизм, симбиоз, срастание корней и др.

- Паразитизм – прямое физиологическое воздействие одного растения на другое. Например, повилика, питающаяся соками клевера или крапивы, угнетает или задерживает их рост.

- Симбиоз – контакт между растениями обуславливает их взаимовыгодное сожительство. Симбиоз можно проследить между клубеньковыми бактериями-азотфиксаторами и большинством растений семейства бобовых. Бактерии из рода *Rhizobium*, живущие в клубеньках на корнях клевера, фасоли, сои, люпина, обеспечиваются пищей (углеводы) и местом обитанием, а растения получают взамен от них доступную форму азота.

- Анемофилия – это такой физиологический контакт, как опыление с помощью ветра растений, т. е. контактирующие растения могут находиться на значительном расстоянии одно от другого.

Косвенные трансбиотические взаимоотношения между растениями. В данном случае посредниками являются животные и микроорганизмы. Опыление растений насекомыми получило название *энтомофилия*. Насекомые переносят пыльцу от одного растения к другому, осуществляя контакты между ними. Если птицы принимают участие в опылении, то этот процесс называется *орнитофилией*. В природе известно около 2000 птиц, опыляющих цветки в поисках нектара или при ловле насекомых.

Косвенные трансбиотические взаимоотношения между растениями. Они выражаются в изменении окружающей среды (например, изменение микроклимата растениями – ослабление солнечной радиации при затемнении почвы и др.). Деревья, затемняя почву, вытесняют из-под своего полотна светлюбивые виды растений, формируя среду для поселения теневых растений. *Аллелопатия* – химическое взаимодействие между растениями. В процессе жизнедеятельности они выделяют в окружающую среду химические вещества,

воздействие которых по-разному сказывается на других растениях, что получило название аллелопатии (от греч. *allelon* – взаимный и *pathos* – страдание). Например, выделения фасоли отрицательно сказываются на росте яровой пшеницы. Фитонциды листьев черемухи убивают многие виды бактерий, отпугивают мух. Токсичны для многих микроорганизмов летучие вещества сосны, эвкалипта, можжевельника.

2.3.3. Зоогенные факторы

Зоогенные факторы – это воздействие животных друг на друга и на окружающую среду, а также потребление животными, которых называют фитофагами (от греч. *phyton* – растение и *phagos* – пожирающий), растительной пищи. К фитофагам относятся:

- крупные животные слоны, лоси, косули, кабаны и др.;
- мелкие зверьки зайцы, белки и др.;
- многочисленные представители насекомых-вредителей и др.

Взаимодействие между биотическими популяциями и организмами может проявляться в виде комменсализма, хищничества, паразитизма, конкуренции и др.

Употребление животными в пищу растений способствует распространению семян последних.

Второй способ распространения семян возможен путем их случайного прикрепления к лапкам, клювам, шерсти, перьям.

Третий способ заключается в поедании животными плодов.

Иногда животные наносят серьезные повреждения растениям:

- лоси, зайцы, олени обдирают кору на молодых деревьях, уничтожают молодую древесную поросль, объедают верхушки;
- бобры, питаясь древесиной осины, быстро повреждают ее;
- глухари, ошпыывая почки ели, замедляют ее рост;
- землеройные животные (кроты, суслики) наносят много вреда растениям, поедая корневища, клубни, луковицы.

Копытные животные – зубры, лоси, олени, косули – могут оказывать значительное влияние на доминирование отдельных видов в биоценозах. Значительная численность копытных животных может уничтожать кустарники и поросли лиственных и игольчатых пород.

Насекомые (тля, клопы) воздействуют на листовую поверхность древесных и травянистых пород, отсасывая у растений питательные вещества и распространяя возбудителей их заболеваний.

2.3.4. Антропогенные факторы

К антропогенным факторам относятся любые воздействия человека на окружающую среду. С давних времен он оказывает влияние на растительный и животный мир. Это влияние на организмы, биоценозы, ландшафты и биосферу в целом может быть прямым и косвенным.

Прямое воздействие – это вырубка леса, сбор плодов и цветов, охота, вытаптывание. Такая деятельность приводит, как правило, к негативным последствиям. Человек уничтожил многие виды животных и растений (например, голубую антилопу (Африка), гигантских нелетающих птиц моа (Новая Зеландия), дикого тура (Европа), стеллерову корову (Командорские острова), лошадь Пржевальского).

Многие виды животных и растений находятся на стадии исчезновения: однорогий азиатский носорог, цейлонский и африканский слоны, азиатский лев и др.; большая белая цапля,

белый журавль, краснозобая казарка и др.; финиковая и кокосовая пальмы, сахарный тростник и др.

За последние 100 лет из флоры Белорусского Полесья исчезло более 70 видов травянистых растений: герань голубиная, лук причесочный, фиалка высокая, горошек чинovidный и др. Более 100 видов растений, т. е. 8 % состава флоры Полесья, находятся под угрозой исчезновения.

Начиная с эпохи собирательства и до наших дней (эпохи научно-технического прогресса и демографического взрыва) влияние отрицательного фактора постепенно усиливается. В процессе своей деятельности человек создал большое количество разнообразных сортов растений и пород животных, преобразовал естественные природные комплексы. Изменения, производимые им в природной сфере, для одних видов живых существ являются благоприятными, а для других – неблагоприятными.

На формирование флоры и фауны отдельных регионов оказывают влияние акклиматизация животных и интродукция растений, а также случайный завоз человеком многих видов животных и растений. В связи с поселением человека появились и широко распространились такие виды животных, как комнатная муха, домовая мышь и серая крыса, а также сорные растения: обыкновенный одуванчик, лопух, подорожник, осот и др.

Культурные биогеоценозы занимают большие площади: огороды, сады, посеы риса, кукурузы, пшеницы, чайные плантации, хлопковые поля и др. В результате оросительных и осушительных мероприятий человек формирует совершенно новые фитоценозы на лугах, используемых в качестве сенокосов, пастбищ.

При гидромелиоративных работах меняется флористико-фаунистический состав. Вырубив леса, человек создает новые биогеоценозы. На месте широколиственных и хвойно-широколиственных лесов создаются монодоминантные хвойные леса, отличающиеся простотой структуры, меньшей насыщенностью видами.

В то же время загрязнения воздуха, воды, почвы промышленностью, транспортом, минеральными удобрениями, пестицидами, используемыми в сельском и лесном хозяйстве, а также радиоактивное загрязнение оказывают негативное влияние на животный и растительный мир. У животных и растений отмечаются функциональные нарушения, возникают стрессовые ситуации, снижается жизнедеятельность, а иногда они гибнут. Особенно сильно влияют химические загрязнения на насекомых: пчел, шмелей, муравьев и др. Радиоактивное загрязнение долгоживущими радионуклидами (^{137}Cs , ^{90}Sr) порождает многие заболевания; происходит также передача радионуклидов по пищевым цепям.

Косвенное воздействие человека на окружающую среду осуществляется путем ее преобразования. Человек, переделывая природу и приспособлявая ее к своим потребностям, влияет на среду обитания животных и растений. Это осуществляется путем изменения ландшафтов, климата, физического и химического состояния атмосферы и водоемов, строения поверхности земли, почв, растительности и животного мира.

Человек сознательно или бессознательно истребляет или вытесняет одни виды животных и растений и распространяет другие, создавая для них благоприятные условия. Осушение болот, постройка крупных плотин, распашка целины могут вызвать непредвиденные нежелательные последствия.

Осушение болот привело:

- к понижению уровня залегания грунтовых вод на прилегающих территориях, т. е. к самоосушению небольших болот, снижению растительных сообществ в сторону ксерофитизации, значительному уменьшению численности животных и прежде всего птиц;
- проблемам водоснабжения населенных мест;
- усыханию еловых лесов, сокращению численности таких птиц, как глухари, журавли, кулики, дикие утки, а также лягушек, змей и др.;

- горению торфяников и просадке грунта.

Косвенное воздействие человека на животных и растения проявляется в изменении условий их существования. Например, вырубка осиновых лесов порождает неблагоприятные условия для птиц, гнездящихся в дуплах (дятлов и др.).

2.3.5. Взаимодействие факторов

Невзирая на большое разнообразие экологических факторов, в характере их воздействия на животных и растения и в ответных реакциях можно выявить ряд общих закономерностей. Любой экологический фактор имеет лишь определенные пределы положительного влияния на организмы. Характерно, что как недостаточное, так и избыточное его воздействие отрицательно сказывается на жизнедеятельности особей. Благоприятная сила воздействия называется *зоной оптимума* экологического фактора или просто оптимумом для организмов данного вида (рис. 2.1).

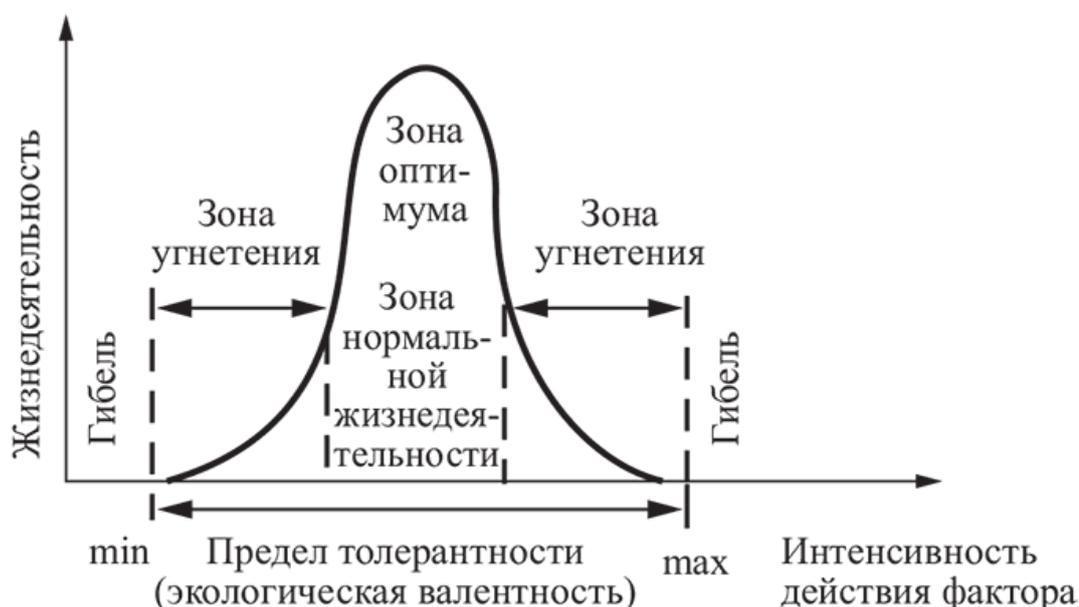


Рис. 2.1. Действие экологического фактора в зависимости от его интенсивности

Чем сильнее отклонение от оптимума, тем больше выражено угнетающее действие данного фактора на организм (зона угнетения пессимума, или стресса). Максимально (max) и минимально (min) переносимые значения фактора – это критические точки, за пределами которых наступает смерть. Пределы выносливости между критическими точками называют *экологической валентностью*, или *пределом толерантности* живых существ к конкретному фактору среды. Представители разных видов существенно отличаются друг от друга как по положению оптимума, так и по экологической валентности.

При абиотических факторах среды к названию фактора среды добавляют приставку «эври». Например, эврибионты:

- эвритермные виды – выдерживающие значительные колебания температуры;
- эврибатные – выдерживающие широкий диапазон давления;
- эвригалинные – выдерживающие разную степень засоления среды.

Неспособность переносить значительные колебания фактора, или узкая экологическая валентность, характеризуется приставкой «стено», например:

- стенотермные виды – выносящие незначительные колебания температуры;

- стенобатные – выдерживающие только узкий диапазон давления;
- стеногалинные – выдерживающие узкую степень засоления среды.

2.3.6. Лимитирующие факторы. Закон минимума Либиха и закон толерантности Шелфорда

Под лимитирующими факторами понимается любой из действующих в природе экологических факторов: свет, вода, тепло, ветер, содержание химических элементов в почве и др. Лимитирующий (от лат. *limitis* – межа, граница), ограничивающий фактор – любой фактор, который ограничивает процесс развития или существования организма, вида или сообщества. В различных участках биосферы развитие жизни лимитируется разными веществами.

Немецкий ученый-агрохимик Ю. Либих в 1840 г. в своем труде «Химия в приложении к земледелию и физиологии» описал процессы питания растений и влияние разнообразных факторов и элементов питания на их рост. Он установил, что урожай культур ограничивается не теми элементами питания, которые требуются в больших количествах (например, водой, углекислым газом), а теми, которые необходимы в минимальных количествах, но которых в почве очень мало (например, бором или цинком). Ю. Либих писал: «*Веществом, находящимся в минимуме, управляется урожай и определяется величина и устойчивость последнего во времени*».

В 1855 г. Ю. Либих обобщил результаты своих исследований и сделал вывод: «*Отсутствие или недостаток одного из необходимых элементов при наличии в почве всех прочих делает последнюю бесплодной для всех растений, для жизни которых этот элемент необходим* (закон минимума Либиха). В настоящее время данный закон минимума звучит так: «*Выносливость организмов определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей*». Отсюда следует вывод, что дальнейшее снижение действия необходимого фактора ведет к гибели организма.

Практически закон минимума Либиха можно пояснить на примере. Допустим, что в почве содержатся все элементы минерального питания для данного вида растений, кроме одного из них – цинка или бора. Рост растений на такой почве будет сильно угнетен или невозможен. Если добавить в почву нужное количество бора или цинка, то это приведет к увеличению урожая.

Американский зоолог В. Э. Шелфорд пришел к выводу, что лимитирующим может быть не только недостаток, но и избыток таких факторов, как тепло, свет, вода. В 1913 г. он сформулировал это положение как закон, который в экологии носит название *закона толерантности Шелфорда*: «*Любой организм имеет верхние (max) и нижние (min) границы устойчивости (толерантности) к любому экологическому фактору*». Диапазон между максимумом и минимумом указывает на выносливость организма, в пределах которого он только и может существовать.

Закон Либиха и закон Шелфорда являются основополагающими законами экологии.

2.4. Значение солнечной радиации для биосферы

Источником энергии, тепла и света на земном шаре является Солнце. Солнечная энергия нагревает воду и почву, от которых нагревается воздух. Это тепло является движущей силой:

- большого круговорота воды на поверхности земного шара;
- циркуляции и перемещения вод Мирового океана;
- фазы круговорота воды в пределах экосистемы;
- общей циркуляции атмосферы, совокупности основных воздушных течений, приводящих к вертикальному и горизонтальному обмену масс воздуха;
- протекания фотосинтеза и образования продуцентами органических веществ и кислорода, которые необходимы консументам для питания и дыхания.

Следовательно, вся органическая жизнь на Земле обязана своим существованием солнечной радиации. Лучистая энергия Солнца представляет собой электромагнитные излучения и поток квантов. Чем меньше длина волны, тем большой запас энергии несет квант излучения. Лучистая энергия распространяется прямолинейно со скоростью 300 000 км/с.

2.4.1. Спектральный состав солнечной радиации

Преодолев огромное расстояние, часть солнечных лучей достигает поверхности Земли, освещает и обогревает ее. Примерно половина лучистой энергии приходится на видимые лучи, около половины – на тепловые инфракрасные и около 10 % – на ультрафиолетовые.

Видимые лучи с длиной волны 760–390 нм проходят атмосферу и проникают через кожу на глубину 1–10 мм. Они обладают глубоким тепловым и слабым фотохимическим действием. Видимый свет в зависимости от длины волны подразделяется на семь цветов радуги: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый.

Солнечный свет – важный раздражитель, который через зрительный анализатор влияет на состояние центральной нервной системы. Свет действует положительно на эмоциональное состояние человека:

- улучшает его самочувствие;
- повышает жизненный тонус;
- воздействует на фотохимические процессы в организме;
- влияет на ритм жизненного уклада (сон и бодрствование);
- на обмен веществ;
- на сердечно-сосудистую систему.

Инфракрасные лучи с длиной волны 1500–670 нм проходят через атмосферу и оказывают поверхностное тепловое действие. Они вызывают нагревание, расслабление кожных сосудов и гиперемии кожи, повышают температуру ткани. Эти лучи несколько улучшают обмен веществ и усиливают биологическое действие ультрафиолетовых лучей.

Ультрафиолетовые лучи с длиной волны 400–200 нм. Физическая характеристика и биологический эффект ультрафиолетовых лучей представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Физическая характеристика и биологический эффект ультрафиолетового излучения (УФИ)

Название луча	Длина волны, нм	Прохождение через атмосферу	Проницаемость, мм	Основное биологическое действие
УФА (длинноволновой)	400–320	Почти не поглощаются	0,5–1	Эритемное и загарное Образование в коже свободных радикалов Нарушение синтеза коллагена и эластина в коже
УФВ (средневолновой)	320–280	Значительная часть поглощается озоном стратосферы	0,1–0,5	Загарное и эритемное Синтез витамина D3 Слабое бактерицидное Стимулирует обмен веществ
УФС (коротковолновой)	280–200	Вся спектральная область поглощается в стратосфере	0,1	Сильное биохимическое: повреждает клетку, воздействуя на ДНК непосредственно и через образование свободных радикалов Сильное бактериостатическое и бактерицидное

2.4.2. Влияние света на важнейшие процессы, протекающие в растениях и у животных

Свет необходим для жизни, так как это источник энергии для *фотосинтеза* (фотосинтез – превращение зелеными растениями и фотосинтезирующими микроорганизмами лучистой энергии Солнца в энергию химических связей органических веществ). Однако интенсивность света, длина его волны, цвет и продолжительность освещения (фотопериод) могут оказывать различное влияние.

Интенсивность света зависит от угла падения солнечных лучей на земную поверхность, а также от широты, сезона, времени дня и экспозиции склона.

Длина дня, т. е. соотношение между светлой и темной фазами суток, на экваторе более или менее постоянна (около 12 ч), но в более высоких широтах она изменяется в зависимости от времени года. Для растений и животных такой фотопериодизм обеспечивает синхронность их активности и времен года. Примерами могут служить цветение и прорастание семян у растений, миграция, зимняя спячка и размножение животных.

Структура растительных сообществ зависит от количества света. Распространение водных растений ограничено поверхностными слоями воды. В наземных экосистемах в процессе конкуренции за свет у растений выработались определенные стратегии (например, быстрый рост в высоту, использование других растений в качестве опоры (у лиан), увеличение поверхности листьев). В лесах это приводит к ярусной структуре сообщества.

Некоторые важные процессы, протекающие в зависимости от света, перечислены в табл. 2.2.

Таблица 2.2. Важнейшие процессы, протекающие в растениях и у животных в зависимости от света

Процесс	Функции и примеры
Фотосинтез	В среднем 1–5 % падающего на растения света используется для фотосинтеза. Фотосинтез – источник энергии для всей остальной пищевой цепи. Свет необходим также для синтеза хлорофилла
Транспирация	Примерно 75 % падающей на растения солнечной радиации расходуется на испарение воды, что усиливает транспирацию. Это важно в связи с проблемой сохранения воды
Фотопериодизм	Важен для синхронизации жизнедеятельности растений и животных (особенно размножения) и времен года
Движение	Фототропизм и фотонастия у растений для обеспечения достаточной их освещенности. Фототаксис у животных и одноклеточных растений необходим для нахождения подходящего местообитания
Зрение животных	Одна из главных сенсорных функций
Прочие процессы	Синтез витамина D у человека

2.4.3. Световое голодание и заболевания, вызванные УФЛ

Недостаток естественного света, особенно ультрафиолетовой радиации, приводит к световому голоданию. Это может происходить:

- в населенных пунктах, где много туманов. Например, в Англии действовал неписанный закон: если выглянет солнце, то общественный транспорт останавливается, т. е. пассажирам предоставляется возможность выйти, чтобы принять солнечные и воздушные ванны;
- северных широтах, в Заполярье;
- местах с большой запыленностью и задымленностью воздуха (лесные пожары, горение торфяников, извержение вулканов).

Световое голодание проявляется снижением жизненного тонуса, понижением сопротивляемости организма к заболеваниям, недостатком синтеза витамина D₃, что ведет к нарушению фосфоро-кальциевого обмена, вызывающему у детей рахит, а у взрослых – остеопороз, а также к развитию малокровия, простудных заболеваний.

Однако еще К. А. Тимирязев отмечал, что Солнце – не только великий созидатель, но и великий разрушитель. Интенсивное солнечное облучение может привести к отрицательным последствиям и проявляться:

- обширной солнечной эритемой. Отмечаются общие симптомы плохого самочувствия: головные боли, тревожный сон, повышение температуры облученных поверхностей;
- дерматитами. Интенсивное воздействие ультрафиолетовых лучей приводит к образованию на коже красноты, отечности и пузырей.

Длительное пребывание под солнечными лучами может привести к перегреву организма, солнечному удару, ухудшению самочувствия, обострению хронических заболеваний.

Последствия воздействия ультрафиолетовых лучей на человека разделяются на две группы – детерминированные и стохастические. *Детерминированные эффекты* ограничены кожей, глазами ввиду неглубокого проникновения ультрафиолетового излучения через кожу. Это ожоги кожи, временное подавление иммунитета, фотокератит, конъюнктивит, фототоксическое и фотоаллергическое поражения, которые появляются спустя 2–14 ч после облучения.

Стохастические эффекты (т. е. более поздние) после облучения УФФИ – это:

1) катаракта. Она возникает, если солнечный свет, особенно УФВ, «активен в отношении индукции катаракт». Лица с удаленным хрусталиком обладают повышенным риском повреждения сетчатки;

2) обострение светочувствительного заболевания (например, красной волчанки), патологическая пигментация – старческий кератоз (предрак).

3) злокачественные новообразования кожи (базально-клеточная карцинома – характеризуется инфильтрирующим ростом на лице, обычно не дает метастазов; сквамозно-клеточная карцинома – характеризуется инфильтрирующим ростом на губах, прогноз неутешительный; меланома – наиболее злокачественная опухоль).

2.4.4. Физико-химические свойства солнечной радиации

Масса Солнца в 333 тыс. раз больше массы Земли. Солнце имеет слоистое строение. В каждом из слоев происходят свои физические процессы, приводящие к испусканию в околопланетное пространство электромагнитного излучения, потоков заряженных частиц, которые участвуют в формировании первичного космического излучения.

В солнечной атмосфере возможно внезапное увеличение активности, что выражается в появлении на Солнце темных пятен. Вокруг пятен возникают вспышки, где температура достигает 15 000 К¹. При солнечной вспышке средней интенсивности, а это сопровождается появлением «дыр», пятен на Солнце, выделяется огромное количество энергии – примерно 40²⁵ Дж. Вспышка состоит из рентгеновских, ультрафиолетовых, видимых, космических лучей, радиоволн, корпускул. Вспышки на Солнце ведут к интенсивному выбрасыванию в межпланетное пространство потоков заряженных частиц, энергия и скорость которых больше, чем энергия солнечного ветра. Из-за сильного сжатия магнитосферы Земли увеличивается напряженность магнитного поля, что проявляется магнитной бурей.

Факторы, воздействующие на человека во время геомагнитной бури, могут проявляться:

- увеличением количества автокатастроф;
- повышением производственного и бытового травматизма;
- обострением хронических заболеваний;
- увеличением количества суицидов.

¹ Кельвин (К) – единица термодинамической температуры в СИ, равная 1/273,16 от термодинамической температуры тройной точки воды, где существуют одновременно лед, вода и водяной пар.

2.5. Понятие о геомагнитном поле

Геомагнитное поле (магнитное поле Земли) учитывается в воздушной, водной, подводной и космической навигации. Оно оказывает влияние на геофизические, биофизические и экологические процессы на Земле.

Геомагнитное поле Земли пронизывает:

- все ее оболочки – литосферу, гидросферу и атмосферу, воздействуя на животный и растительный мир, а также на минеральные вещества;
- оказывает существенное влияние на формирование климата и погоды;
- влияет на колебания температуры, атмосферного давления, выпадение осадков, возникновение бурь, ураганов и других стихийных бедствий.

Влияние магнитного поля Земли на человека обусловлено солнечной активностью. Мы будем рассматривать единый гелиогеофизический фактор, который начинается на Солнце и заканчивается на Земле. Как мы уже отмечали, Солнце имеет огромные размеры и слоистое строение. В каждом из слоев происходят свои физические процессы, приводящие к испусканию в межпланетное пространство волновых излучений широкого спектра (от инфракрасного до рентгеновского); потока ускоренных корпускулярных заряженных частиц (протонов, электронов, атомов гелия и кислорода, составляющих солнечный ветер) (рис. 2.2).

Скорость данных частиц примерно равна 400 км/с, а плотность – десятки частиц на 1 см^2 . Они достигают поверхности Земли за 4–5 сут. Металлическое ядро Земли, а также осевое вращение и движение по орбите превращают ее в огромный двигатель. В ядре протекают токи с силой в триллионы ампер, порождающие магнитное поле Земли, которое и служит защитой от солнечного ветра. Характерно, что солнечный ветер весьма сложным образом взаимодействует с магнитосферой Земли (рис. 2.3.).

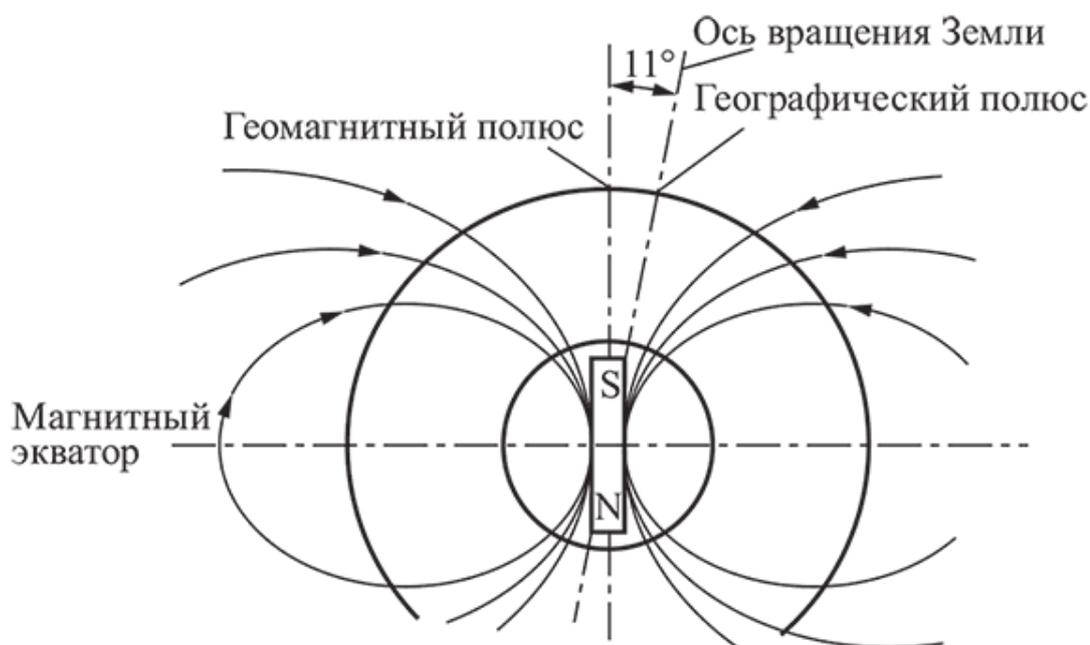


Рис. 2.2. Схематическое изображение магнитосферы Земли

Магнитное поле Земли небольшое, притом дипольное. Магнитная ось земного магнита расположена не вдоль географической оси, а составляет с ней угол 11° (см. рис. 2.2.). Как

видно, магнитные и географические полюсы не совпадают. Солнечная активность отличается 11-летней периодичностью. Существует несколько солнечных циклов. Короткий цикл составляет 11 лет, средний – 110 и 300 лет, длинный цикл – предположительно около 11 тыс. лет.

Силовые линии магнитного поля характеризуются определенной ориентацией. От Северного магнитного полюса (он расположен в Южном полушарии) линии направлены вертикально вверх, а на Южном полюсе (в Арктике) – вниз. На экваторе они параллельны земной поверхности.

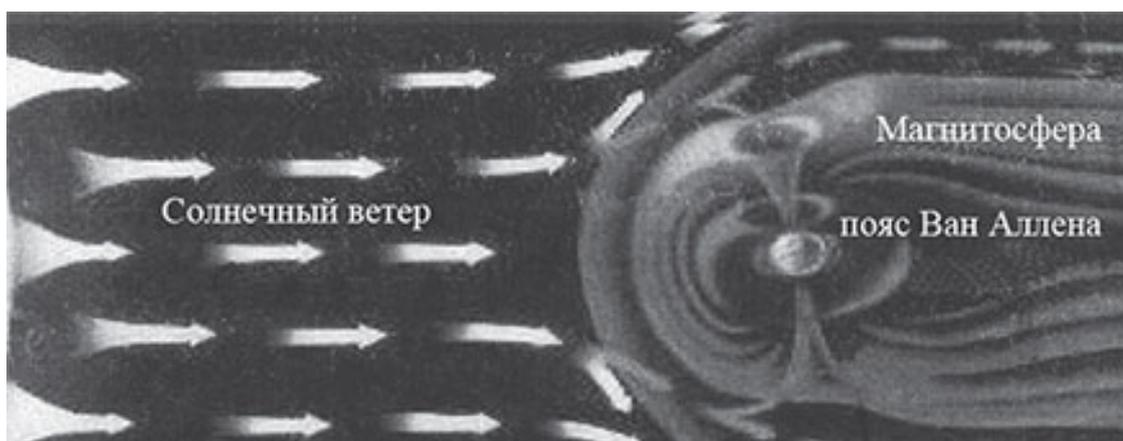


Рис. 2.3. Схематическое изображение магнитного поля Земли

Магнитосфера Земли взаимодействует с магнитным полем Солнца. Магнитное поле Земли из-за наличия солнечного ветра не симметрично. С дневной стороны, которая напрямую обдувается солнечным ветром, оно поджимается ближе к земной поверхности. С ночной стороны солнечный ветер давит на магнитное поле только с боков. В связи с этим силовые линии магнитного поля вытягиваются на очень большие расстояния.

Проникнуть в атмосферу Земли заряженные частицы могут через области воронок, которые имеются в Южном и Северном полушариях. Кроме того, есть второй путь проникновения в атмосферу – через шлейф, или хвост магнитосферы. Чем дальше от Земли будет солнечный ветер, тем напряженность магнитного поля меньше.

Возможно также внезапное увеличение солнечной активности. Это появление на Солнце темных пятен, образование волокон, корональных дыр, что сопровождается выделением огромного количества энергии – в среднем 10^{25} Дж. Энергия, выброшенная в межпланетное пространство, больше энергии частиц солнечного ветра. При этом поток электромагнитной энергии достигает поверхности за 8 мин, а поток высокоскоростных частиц – за 12–24 ч. Под таким давлением магнитосфера Земли на дневной стороне сжимается примерно вдвое, что увеличивает напряженность ее магнитного поля. Начинается мировая магнитная буря.

Начальная фаза магнитной бури длится 4–6 ч. Понижение напряженности магнитного поля называют *главной фазой*, которая длится 10–15 ч. Восстановительная фаза продолжается несколько часов. В это время магнитосфера восстанавливает свои первоначальные размеры.

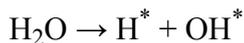
Во время магнитной бури на человека воздействуют следующие факторы:

- инфразвуковые электромагнитные колебания, которые распространяются из области высоких широт;
- микропульсации магнитного поля Земли, оказывающие наибольшее влияние на центральную нервную систему человека, с частотой 0,1 Гц;

- изменение интенсивности ультрафиолетовой радиации, метеорологических условий, атмосферного электричества;
- повышение радиоактивности за счет выхода радона (Rn^{222} , Rn^{220} , Rn^{219}) в атмосферу.

2.5.1. Поражающие факторы геомагнитных бурь

При геомагнитных бурях в организме человека происходит образование свободных радикалов (O_2 , OH , H_2O_2), которые приводят к стимуляции перекисного окисления липидов на фоне развивающегося дефицита антиоксидантов. Свободные радикалы образуются несколькими способами – например, при гидролизе воды:



или при взаимодействии пероксида водорода с железом:



Они могут образовываться также при воздействии ионизирующего излучения или в результате окисления соединений типа глутатиона. При образовании свободных радикалов, как уже упоминалось, происходит перекисное окисление липидов, появляются дисульфидные мостики в белках, протекает активация липаз, фосфолипаз и повреждается ДНК. Все это приводит к нарушению обменных процессов:

- в микросомах печени снижается интенсивность обезвреживания ксенобиотиков;
- повышается тонус сосудов из-за появления в крови необезвреженных ксенобиотиков и свободных радикалов;
- развивается холестаза, ухудшается работа кишечника в результате снижения тонуса желчевыводящих путей;
- повышается вязкость крови из-за увеличения агрегации тромбоцитов;
- магнитное поле способствует снижению синтеза мелатонина, синтезируемого в эпифизарных клетках мозга, а через него может воздействовать на весь организм;
- увеличивается частота заболеваний сердечно-сосудистой системы (артериальная гипертензия, аритмия, стенокардия, инфаркт миокарда, который характеризуется тяжелым течением, а смертность повышается на 10–20 %);
- повышается заболеваемость органов дыхания (хронические бронхиты, приступы бронхиальной астмы, хроническая обструктивная болезнь легких);
- проявляется в большей степени синдром хронической усталости и психоэмоционального напряжения.

Ведущим фактором воздействия на человека изменений солнечной активности, которая тесно связана с геомагнитной активностью, являются, как доказано исследователями, *инфра-низкие электромагнитные колебания*.

Немецкий физик В. О. Шуман (1888–1974) в своих исследованиях доказал, что частота волны первого порядка равна 7,5 Гц (скорость света составляет 300 000 км/с, диаметр Земли равен 6371 км, ее окружность – 40 000 км). Таким образом, длина волны первого порядка должна составлять $300\,000 : 40\,000 = 7,5$ Гц. Экспериментально доказано, что в действительности частота основной волны равна 7,8 Гц. Волны являются незатухающими, распространяются на огромные расстояния без уменьшения интенсивности, но их частота зависит от времени суток. Ночью частота их снижается, так как уменьшается толщина слоя ионосферы.

Среди волн Шумана доминирует одна, которая близка к частоте 8 Гц. Этим и объясняется их непосредственное воздействие на организм человека, а именно на нервную систему, так как частота 8 Гц совпадает с частотой альфа-ритма головного мозга. Таким образом, альфа-ритм – ритм биоэлектрической активности коры головного мозга человека. Он находится в состоянии резонанса с доминирующей частотой волн Шумана.

Повышение амплитуды волн Шумана способно воздействовать на нервную систему человека. Это проявляется:

- изменением реакции на действие внешних раздражителей;
- появлением чувства тревоги, безотчетного страха, беспокойства;
- воздействием на эндокринные железы и весь организм в целом.

У людей встречаются разные уровни магниточувствительности: низкий (14 %), средний (70 %) и высокий (16 %). Следовательно, при изменении геомагнитного поля у 16 % людей наблюдается кратковременная перестройка вегетативно-гуморальной, эндокринной и сердечно-сосудистой систем и всего организма в целом.

Необходимо отметить, что жизнедеятельность любого организма сопровождается протеканием внутри него слабых электрических токов, т. е. биотоков. Сам организм представляет собой автоколебательную систему с выделительным набором биогенных биоритмов. Наиболее характерными короткопериодическими ритмами центральной нервной системы у здорового человека в состоянии покоя следует считать колебательную активность электрических и магнитных полей (головной мозг – 2–30 Гц; частота сердечных сокращений – 1–1,2 Гц; частота дыхательных движений – 0,3 Гц; периодичность колебаний артериального давления – 0,1 Гц; температура тела – 0,05 Гц).

В последнее время выяснилось, что магнитное поле человеческого организма состоит из двух составляющих: собственного магнитного поля, возбужденного биотоками отдельных органов (сердца, мозга, печени и др.), и наведенного магнитного поля, возбужденного движением токопроводящей жидкости – крови (электролит). Следовательно, колебания магнитного поля Земли, т. е. внешний фактор, синхронизируют эндогенные ритмы. Индуцированные внешним полем биотоки порождают вторичное магнитное поле, характеризующее конкретного человека.

Резонансные реакции отражаются на общем состоянии человека. При близости частот сокращения мышцы сердца и магнитных возмущений возникают резонансное возрастания вихревых движений, что фактически может привести к нарушению кровообращения в период магнитных бурь. Характерно, что первый подъем сердечных аритмий у человека в 24 % случаев наблюдается за два дня до начала магнитной бури (табл. 2.3).

Таблица 2.3. Влияние магнитных бурь на подъем сердечных аритмий у человека

Уровни подъема и снижения сердечных аритмий	Процент подъема и снижения сердечных аритмий	Количество дней до и после магнитной бури	Причины эффекта
Первый	24	За два дня до начала бури	Время совпадает с приходом к Земле электромагнитных излучений из Солнечной короны
Второй	25	В день бури	Достигает максимума через 1 сут
Третий	28	На пятый день начинает действовать метеофактор	Действие метеофакторов (геомагнитное возмущение, изменение погоды)
Четвертый	5% ниже контрольного	На седьмой день снижается уровень аритмии	Максимальная мобилизация механизмов адаптации

Практически это время совпадает с приходом к Земле электромагнитного излучения из Солнечной короны. Второй подъем (25 %) начинается в день бури и достигает максимума через 1 сут. Следующий подъем (28 %) приходится на пятый день, когда начинает действовать метеофактор. На седьмой день отмечается снижение уровня аритмии на 5 % ниже контрольного, что обусловлено максимальной адаптацией. Болезни могут проявляться обратимым десинхрозом, а при сильных отклонениях часто происходят необратимые изменения – инфаркт миокарда, инсульт.

2.6. Климат и погода

Знание климата и его особенностей имеет большое значение:

- для народнохозяйственных задач;
- обороны страны;
- освоения новых земель;
- выбора стройматериалов для жилья;
- здоровья людей;
- обеспечения населения питанием, одеждой, обувью;
- районирования сельскохозяйственных культур и т. д.

Климат (от греч. *klima* – наклон (земной поверхности к солнечным лучам)) – статистический многолетний режим погоды. Учение о климате появилось в XVII в. с изобретением термометра, барометра и началом инструментальных исследований метеофакторов.

Погода – физическое состояние атмосферы в том или ином пункте в определенный момент времени.

К важнейшими элементам метеорологического комплекса относят:

- уровень солнечной радиации на поверхность Земли;
- физические свойства воздуха – температура, влажность, атмосферное давление;
- направление и скорость движения ветра;
- атмосферные осадки;
- электрическое состояние атмосферного воздуха.

Многие специалисты считают наиболее правильным характеризовать климатические особенности изучаемого района методом комплексной климатологии исходя из того, что люди живут и работают в конкретной географической среде, а не в условиях «среднего состояния атмосферы». Поэтому учеными предложены три климатических типа погоды – оптимальный, раздражающий и острый (табл. 2.4).

Таблица 2.4. Клинические типы погоды

Тип погоды	Межсуточные колебания		Скорость движения воздуха, м/с
	Температура, °С	Атмосферное давление, мбар	
Оптимальный	Не более 2	Не более 4	Не более 3
Раздражающий	Не более 4	Не более 8	Не более 9
Острый	Более 4	Более 8	Более 9

2.6.1. Формирование климата

Климатообразующими факторами являются географическая широта и долгота, атмосферная циркуляция, характер подстилающей поверхности и рельеф местности, деятельность человека.

Географическая широта. Увеличение тепла с севера на юг отличается более или менее в соответствии с географической широтой и зависит от суммы солнечного тепла, повышения температуры, уменьшения облачности, увеличения абсолютной влажности воз-

духа. Следовательно, средней температуре данного места соответствуют определенные флора и фауна и определенный быт человека.

Атмосферная циркуляция. Одним из атмосферных процессов формирования климата являются перенос воздушных масс, их трансформация и фронтогенез. В зависимости от подстилающей поверхности (песок, чернозем, снег, вода) воздух нагревается или охлаждается, т. е. происходит его высушивание или увлажнение. Он отличается от воздуха окружающей территории. В связи с этим атмосферный воздух как бы разделяется на отдельные объемы соответственно территории подстилающего грунта. В зависимости от того, над какой поверхностью воздушные массы находились перед приходом в данную местность, они могут быть континентальными или морскими.

Воздушные массы перемещаются как одно целое, заменяя воздушные массы, ранее бывшие над данной территорией, и вызывают таким образом смену погоды. Резкая смена погоды с большими колебаниями температуры (до 15–20 °С) наблюдается при прохождении холодного или теплого фронтов.

Фронт – это пограничный слой воздуха между двумя разными по своим особенностям воздушными массами.

Теплый фронт – теплые воздушные массы наплывают на холодные и, вытеснив их, захватывают пространство.

Холодный фронт – холодные воздушные массы, подплывая под теплые, вклиниваются вперед, вытесняя теплый воздух. В средних широтах тропосферы непрерывно происходит борьба теплых и холодных течений. Поэтому погода здесь неустойчивая, что проявляется циклонами и антициклонами.

Современный человек живет в искусственном, созданном им самим микроклимате. Даже из собственного жилища человек выходит со своим микроклиматом, который поддерживается с помощью одежды и обуви по сезону и погоде.

Температура воздуха в больших городах на 0,5–1 °С выше, чем в их окрестностях. В связи с этим устанавливается порывистый ток холодного воздуха от периферии к центру, теплый городской воздух поднимается вверх и образуется инверсия (температура с высотой не понижается, как обычно, а повышается). Это способствует скоплению пыли и дыма. Пылевая пелена вызывает уменьшение числа часов солнечного сияния. Это проявляется снижением солнечного сияния над городом на 1–2 ч раньше, чем за городом, и соответственно большим количеством осадков.

Лесонасаждения, парки, скверы способствуют:

- снижению температуры воздуха летом;
- увеличению его относительной влажности;
- повышению ветрозащитных свойств;
- уменьшению запыленности воздуха;
- положительному влиянию на эмоции человека.

2.6.2. Классификация климата

Климат по признаку средних температур января и июля делится на четыре климатических района: холодный, умеренный, теплый и жаркий. Климатические районы учитываются:

- при планировке и застройке населенных мест;
- ориентации зданий по сторонам света;
- выборе строительного материала и толщины стен;
- отоплении, водоснабжении, проведении канализации;
- озеленении и решении других проблем строительства.

С медицинской точки зрения различают следующие типы климата: морской; континентальный (лесной, степной, пустынь, гор); тропический; полярный.

Морской климат имеет более ровную температуру, мягкие ветры и чистый воздух. Он оказывает успокаивающее (Крым, Сочи), расслабляющее (Куба, Цейлон) и возбуждающее действие (Балтика, восточные берега Англии и др.).

Морскому климату присущи инсоляция, чистота, свежесть. Он способствует:

- повышению кроветворной функции;
- увеличению теплопродукции и теплоотдачи;
- уменьшению потоотделения и повышению мочевыделения;
- постоянному движению воздуха, который действует массирующим образом и способствует закаливанию организма.

Лесной климат характеризуется чистотой, прохладой, малым движением воздуха, высокой относительной влажностью, успокаивающим действием и быстрым восстановлением сил.

Климат степей – это сухость воздуха и обильная инсоляция. Он способствует выделению воды кожей и через легкие, меньшему выделению воды почками (снижает выделительную функцию почек), снижению артериального давления крови.

Климат пустынь может вызывать возбуждение центральной нервной системы, в жаркий период порождать депрессию, слабость, потерю аппетита, приводить к теплотере через испарение (до 60 % и более).

Горный климат характеризуется более низкой температурой и ее большими суточными колебаниями; большой скоростью движения ветра и низкой относительной влажностью; понижением атмосферного давления. Он «предъявляет» повышенные требования к организму, что проявляется:

- учащением пульса и понижением артериального давления;
- увеличением количества эритроцитов и гемоглобина;
- увеличением секреции слизистых; лучше отделяется мокрота, что обусловлено увеличением притока крови к легким в единицу времени.

Тропический климат – это климат высоких температур и высокой влажности. Он вызывает затруднения в отделении пота, что может приводить к перегреванию и тепловому удару.

Полярный климат характеризуется низкими температурами и низкой абсолютной и высокой относительной влажностью. Полярная ночь длится 179 дней, полярный день – 186 дней. При этом полярная ночь оказывает угнетающее действие, нередко вызывая бессонницу; полярный день улучшает самочувствие.

2.6.3. Акклиматизация

Акклиматизация — приспособление организма к разным климатическим условиям, т. е. образование в коре головного мозга новых временных связей. Процесс акклиматизации – проблема экономическая, социальная и гигиеническая. Люди довольно легко приспосабливаются к новым климатическим условиям. Для них имеют значение не столько физиологические механизмы акклиматизации, сколько организация труда, отдыха, быта и санитарно-гигиенические мероприятия.

Акклиматизацию в физиологическом отношении следует рассматривать как длительную адаптацию к новым климатическим условиям, как выработку условного стереотипа. Если климатические факторы не «предъявляют» чрезмерных требований к организму, выходящих за пределы его функциональных возможностей и компенсаторных механизмов, то наступает акклиматизация. Если эти требования превышают возможности организма, то воз-

никает состояние субкомпенсации и декомпенсации, а возможно, и декомпенсации с проявлением ряда патологических процессов.

При акклиматизации отмечаются три вида симптомов:

- угнетение центральной нервной системы – сонливость, апатия;
- боли – головные, суставов, сердечные;
- изменения белкового, жирового, углеводного, витаминного, солевого обменов.

В первые 1–1,5 мес. изменения в организме протекают наиболее интенсивно. Самые оптимальные условия акклиматизации ступенчатые. Например, жители Средней Азии приспособлены к условиям высокой температуры и плохо переносят холод, а жители Арктики, напротив, не переносят жару.

Акклиматизация животных и растений отличается от акклиматизации людей, ибо в последней участвуют три фактора: человек, социальный фактор и природа.

На процессы акклиматизации существенное влияние оказывает рациональное питание, т. е. обогащение пищи фосфолипидами, витаминами, микро- и макроэлементами. Большое значение в процессе акклиматизации имеют жилище, одежда, рациональный режим труда и отдыха, что обеспечивает сохранение нормального физиологического ритма.

2.6.4. Метеотропные заболевания и их профилактика

Заболевания, которые возникают или обостряются в зависимости от погоды, можно разделить на следующие группы.

Простудные заболевания. Они часто возникают у людей при изменении погодных условий:

- при низкой температуре воздуха;
- высокой относительной влажности;
- большой скорости движения воздуха;
- наличии сквозняков.

К простудным заболеваниям относятся:

- грипп, ОРВИ, гломерулонефрит, ревматизм;
- риниты, фарингиты, ларингиты, трахеиты, бронхиты;
- синуситы – гайморит, фронтит, пансинусит;
- ангины – катаральные, фолликулярные, лакунарные, гангренозные;
- пневмонии – мелкоочаговые, крупозные, плевриты;
- заболевания периферической нервной системы – радикулиты, невриты, миозиты, невралгии;
- хронические тонзиллиты и др.

Обострения хронических заболеваний. Бывают дни, когда ухудшается состояние у многих больных, страдающих:

- инфарктом миокарда;
- ревмокардиоартритом;
- артериальной гипертензией;
- атеросклеротическим кардиосклерозом.

Внезапная смерть сердечных больных случается в дни грозы, геомагнитных бурь, при непостоянной погоде, при стенокардии. С падением атмосферного давления обычно падает артериальное давление, а бывает и наоборот. Изменяется число протромбина в крови, поэтому могут быть инсульты, тромбозы и эмболии.

Сезонные заболевания и их обострение. Многие заболевания и их обострение связаны с изменением времен года и случаются обычно в холодные месяцы года:

- язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки (весна, осень);

- обострение хронических тонзиллитов (весна, осень);
- гипо- и авитаминозы (весенний период);
- аллергии (весна, цветение растений, тополиный пух и др.).

Профилактика метеотропных заболеваний:

- наличие прогноза метеослужбы о физических свойствах атмосферного воздуха;
- организация лечебно-профилактических мероприятий;
- культура жилищно-бытовых условий;
- рациональное и сбалансированное питание.

Глава 3. Экология популяций

3.1. Понятие о популяции

Популяция – это совокупность особей одного вида, в течение многих лет населяющих определенное пространство, внутри которого особи могут обмениваться генетической информацией. Популяция функционирует как часть биотического сообщества и является элементарной единицей эволюционного прогресса, формой существования вида. Особи одной популяции способны производить плодовитое потомство.

В отдельных случаях получают потомство от разных видов, и тогда может показаться, что определение популяции неточно (например, гибрид кобылы осла – *мул*, жеребца и ослицы – *лошак*). Однако потомство от такого скрещивания бесплодно. Мул и лошак не могут дать потомство ввиду того, что лошади и ослы относятся к разным популяциям.

Биоэкология изучает отношения организмов между собой и с окружающей средой и включает, как мы уже отмечали, экологию особей (аутэкологию), популяций (демэкологию) и сообществ (синэкологию).

Каждая популяция отличается своими структурой и функциями. Структура популяции характеризуется возрастом и соотношением полов, а также численностью особей и их распространением в пространстве.

Каждой популяции присущи рост и развитие, поддержание существования в условиях изменяющейся внешней среды.

Структура популяции определяется соответствием условий местообитания требованиям составляющих популяцию организмов. Различают следующие виды популяций:

- *элементарная (локальная)* – совокупность особей определенного вида в пределах однородных условий в биогеоценозе;
- *экологическая* – совокупность элементарных популяций в пределах одного биогеоценоза;
- *географическая популяция* состоит из экологических популяций и охватывает группу особей, населяющих пространство с географически однородными условиями существования, в пределах которой наблюдаются единый ритм жизненных явлений и другие функциональные особенности.

Размеры и границы популяций определяются не только особенностями заселяемой ими территории, но и свойствами самих популяций. Чем большую площадь занимает популяция и чем большее количество популяций разных уровней здесь размещается, тем более жизнеспособным и устойчивым оказывается данный вид к изменяющимся условиям среды.

3.2. Характеристика уровней живой материи и популяций

В настоящее время выделяют следующие уровни живой материи:

- молекулярно-генетический;
- органоидный;
- клеточный;
- тканевой;
- органнй;
- организменный;
- популяционно-видовой;
- биоценотический;
- экосистемный (биогеоценотический);
- биосферный.

За организменным уровнем уровни организации живой материи объединяются в структуры, называемые *надорганизменными уровнями*. К ним относятся популяции, биоценозы, экосистемы (биогеоценозы и биосфера). Необходимо отметить, что все функциональные единицы структурных уровней находятся в иерархическом соподчинении, т. е. меньшие подсистемы составляют большие системы, а те в то же время являются подсистемами более крупных систем. Это можно проследить на следующем примере: клетка является составной частью живой ткани, последняя включается в систему органа, из органов состоит организм (особь), организмы же одного вида составляют популяцию.

Следует отметить, что между отдельным организмом и популяцией организмов существует принципиальная разница. Например, как капля воды не отражает свойства пруда, реки, так и организм, взятый в отдельности, не может характеризовать всю популяцию в целом.

Носителем признаков популяции является группа особей, но не отдельные особи. По мнению специалистов, популяция – основная, а для высших животных – единственная форма существования вида. Например, как существование клетки невозможно вне организма, так и немыслимо существование особей вне популяции.

3.3. Численность и плотность популяции

Важными характеристиками популяции являются численность и плотность особей.

Численность популяции – это общее количество входящих в нее особей. Она не может быть постоянной и зависит от интенсивности размножения и смертности. Численность популяций зависит от постоянно действующих экологических факторов и биологической специфичности каждого вида.

Плотность популяции – это количество особей на единицу пространства. Ее выражают числом особей или биомассой популяции на единицу площади или объема (100 яблонь на 1 га, 250 кг рыбы на 1 га водной поверхности).

Распределение особей в пространстве неравномерно. Можно выделить три типа их распределения: случайное, групповое (*пятнистое, скученное, агрегированное*) и регулярное (*равномерное*).

Случайное распределение характерно для популяций, где численность особей невелика и потенциальные возможности конкуренции небольшие. Случайное распределение происходит нечасто.

Групповое распределение в природе встречается довольно часто, и причинами этому могут быть неоднородность среды обитания, локальные различия в местообитании, влияние суточных и сезонных изменений погодных условий, особенности процесса размножения и др. Примеры группового распределения популяций животных и растений: передвижение групп рыб огромными косяками с места на место; сбор в большие стаи водоплавающих птиц, готовящихся к перелетам в теплые страны; пятнистое размещение клевера на лугу; скопление кустарников брусники в сосновом лесу или земляничные поляны на светлых лесных опушках и др.

Регулярное (равномерное) распределение может быть при сильном антагонизме особей, когда вероятность нахождения особи рядом с другой крайне мала. Регулярное распределение чаще всего наблюдается в создаваемых человеком садах, огородах с использованием мерной ленты.

Возрастная структура. Она отражает соотношение различных возрастных групп в популяции и способность к размножению. Молодые особи в быстрорастущих популяциях составляют большую долю. По прошествии определенного времени состояние популяции будет зависеть от ее нынешнего возрастного и полового состава.

При исследовании возрастного состава популяции выделяют экологические группы:

- предрепродуктивную (до размножения);
- репродуктивную (в период размножения);
- пострепродуктивную (после размножения).

У разных организмов «деятельность» этих возрастов по отношению к общей продолжительности жизни сильно варьирует. Численность популяции поддерживается стабильно, длительно, и при благоприятных условиях имеются все возрастные группы. На возрастной состав популяции оказывают влияние:

- длительность периода размножения;
- число генераций в сезон;
- плодовитость и смертность в разных возрастных группах.

Естественная популяция – это динамичное единство организмов, находящихся в определенных взаимоотношениях. Изменение в численности, структуре и распределении популяций как реакция на условия окружающей среды называется *динамикой популяции*.

Рождаемость. Это число особей, рожденных в популяции за некоторый промежуток времени. Рождаемость характеризует появление особей любых видов независимо от способа

их появления на свет (проращение семян пшеницы, появление цыплят из яиц курицы, рождение потомства у человека, лошади, кита).

В экологии различают максимальную и общую рождаемость.

Максимальная рождаемость – теоретически возможный максимум скорости образования новых особей в оптимальных условиях. Только физиологические особенности сдерживают размножение организмов. Теоретически скорость размножения различных видов может быть сравнительно высокой. Примем за основу время захвата видом всей поверхности Земли и представим данные по его теоретической скорости в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Теоретическая скорость размножения различных видов организмов при отсутствии лимитирующих экологических факторов

Вид организма	Время захвата видом всей поверхности Земли, сут
Возбудитель холеры (<i>Vibrio cholera</i>)	125
Диатомовая водоросль (<i>Nitschia putrid</i>)	16,8
Домашняя муха (<i>Musca domestica</i>)	366
Курица	6000
Слон	366 000

Абсолютная, или общая рождаемость – это число особей, родившихся за определенное время. Ввиду того что общая рождаемость находится в прямой зависимости от численности популяций, в экологии определяют еще *удельную рождаемость*, которая определяется числом особей, родившихся за определенное время, в расчете на одну особь в популяции. Например, в городе с населением 200 000 человек в течение года появилось 16 000 новорожденных. Абсолютная рождаемость составляет 16 000 в год, а удельная – 0,08, или 8 %.

Смертность выражается количеством особей, погибших за определенный период. Экологическая смертность – это число погибших особей, находящихся в определенных условиях среды. Теоретическая минимальная смертность – постоянная величина для популяции. Она представляет собой число погибших особей в идеальных условиях, при которых популяция не подвергается лимитирующим воздействиям. У большинства видов смертность в раннем возрасте выше, чем у взрослых особей. При определении смертности популяции учитываются все погибшие особи независимо от причины смерти.

С учетом показателей рождаемости, смертности, эмиграции все популяции подразделяются:

- на *стабильные* – это простое воспроизводство, если смертность не превышает прирост и численность популяции поддерживается на одном уровне, однако в природе стабильность ее является относительной и колебания по этому показателю наблюдаются постоянно;
- *растущие* – рождаемость в популяции превышает смертность и численность ее постоянно увеличивается вплоть до вспышки массового размножения;
- *сокращающиеся* – смертность превышает рождаемость.

3.4. Виды популяций и их устойчивость во внешней среде

Каждая популяция имеет возможность обмениваться генетической информацией, занимать определенное пространство и обладать многими характерными признаками, такими, как рождаемость, смертность, распределение организмов по возрастам, характер размещения в пределах территории, тип роста и др. Кроме того, происходит регулирование популяции: ограничение роста численности диких животных, естественный отбор и др.

Популяционное расселение – характер распределения взрослых особей из семян, спор, личинок в окружающей среде. Расселение может быть трех типов – эмиграция, иммиграция, миграция. Этими признаками определяются характер роста и плотность популяции.

В большой степени расселение особей зависит от различных преград к врожденной способности взрослых особей или зародышевых форм к перемещению. Такое перемещение обозначают термином «вагильность» (подвижность). Популяционное расселение служит средством захвата новых или освободившихся территорий и установления сбалансированного разнообразия, способствующих развитию популяции.

Характеристика видов и типов расселения популяций следующая.

Популяция внедряющаяся – это популяция инвазионная, где преобладают особи в виде семян, всходов или виргильных форм, не достигающих в данном ценозе половозрелых форм.

Популяция вязкая – ее особи обычно далеко не передвигаются. Это позволяет им генетически адаптироваться к местным условиям. В данных популяциях поток генов невелик, в результате чего при переходе из одного места в другое наблюдается генетическая изменчивость и увеличивается вероятность близкородственного отбора, приводящего к образованию кооперации (пчелы, муравьи, осы, шершни).

Популяция географическая – это группа особей, населяющая значительные территории с однородными географическими условиями существования, в пределах которой наблюдаются единый ритм жизненных явлений и другие функциональные особенности, создающие морфофизиологический тип, отличающий данную популяцию от соседних, находящихся в иных географических условиях.

Популяция дикая – популяция, у которой будущий состав генофонда находится под прямым контролем взаимодействия естественного отбора и мутационного процесса.

Популяция одичавшая – популяция, будущий состав генофонда которой в течение известного времени находился под контролем режима искусственного отбора, а в настоящее время прямо контролируется взаимодействием естественного отбора и мутационного процесса.

Популяция одомашненная – популяция, будущий состав генофонда которой находится под контролем некоторого режима искусственного отбора, навязанного извне другой популяцией.

Популяция полиценотическая – популяция животных, активно передвигающихся из одного биоценоза в другой (например, копытных животных, хищников, кочующих птиц, расселяющихся животных).

Популяция регрессивная – вид представлен главным образом старческими или генеративными экземплярами неполноценного потомства.

Популяция текучая – особи ее перемещаются на огромные пространства.

3.5. Биотические взаимоотношения между популяциями и организмами

Живые организмы – животные, растения, микроорганизмы обитают совместно, вступают во взаимоотношения, которые называют *биотическими*. Организмы, составляющие природные популяции, не существуют отдельно друг от друга, а находятся в многообразных сложных взаимоотношениях. Эти отношения между видами проявляются в борьбе за условия существования – почву, воду, свет, питательные вещества. Они могут быть прямыми и косвенными.

Все разнообразие отношений можно свести к следующим типам: комменсализму, мутуализму, симбиозу, хищничеству, паразитизму, нейтрализму, антибиозу, конкуренции.

Комменсализм (от лат. *com* – с, вместе и *mensa* – стол, трапеза). Одна популяция извлекает пользу от объединения, а для другой это объединение безразлично. Примером комменсализма может служить сожительство рыб-лоцманов и крупных акул. Рыбы-лоцманы находятся в относительной близости от акул – им перепадают остатки несъеденной акулами пищи. На акул присутствие этих рыб не оказывает никакого влияния. Такой вид комменсализма называют *нахлебничеством*. Еще несколько примеров: сожительство организмов, когда один из видов поселяется в жилище другого. Такую форму взаимоотношений называют *синойкия*: лианы и эпифиты – орхидеи, лишайники, мхи; рыба горчак откладывает икру в убежище (мантию) двустворчатого моллюска, не принося ему вреда; сапсан – птица из семейства соколиных, обитающая в Казахстане и Сибири – имеет значение для выживания вымирающих видов гуся и краснозобой казарки, поскольку защищает их от прожорливых песцов. Слабенькие гуси не в состоянии самостоятельно отогнать этих хищников от своих гнезд, поэтому гнездятся поближе к сапсанам. Соколам такое соседство безразлично, а гуси получают выгоду.

Мутуализм (от лат. *mutuus* – взаимный). Связь популяций благоприятна для роста и выживания обеих, причем в естественных условиях ни одна из них не может существовать без другой. Примером мутуализма может служить сотрудничество между цветковыми растениями и опыляющими их насекомыми. Таким образом, насекомое получает необходимый ему нектар, а взамен осуществляет столь нужный для растения акт опыления. Без опыления растения оказались бы на грани вымирания, а насекомые без растительной пищи погибли бы.

Мутуалистические отношения могут быть разными. Иногда один из видов имеет выигрыш в пище, а другой освобождается при этом от вредителей. Например, мелкие крабы-отшельники имеют мягкое незащитное тело, поэтому в качестве убежищ используют пустые раковины. Обычно в узком конце такой раковины селится мелкий кольчатый червь. Он использует объедки, оставленные крабами, и поддерживает чистоту в раковине. Иногда на этих раковинах появляются актинии, которые своими щупальцами отпугивают от крабов хищников, а взамен получают возможность мигрировать на новые пищевые места вместе с раковиной защищаемого ими краба.

Наглядно прослеживаются мутуалистические отношения между жвачными животными (крупным рогатым скотом, оленями, антилопами) и бактериями, обитающими в их рубце. Бактерии рубца приспособлены только к анаэробным условиям, и многие их виды под воздействием кислорода гибнут. Основная пища жвачных – растительные волокна. Животные лишены ферментов, способных расщеплять растительный материал, а бактерии рубца (*Bacteroides*, *Ruminococcus*, *Clostridium* и др.) выделяют целлюлозоразрушающие ферменты. Продукты микробной ферментации используются организмом животных.

Термиты не способны использовать древесину без участия гигантских жгутиковых – простейших, и отсутствие этих симбионтов приводит к гибели термитов.

Симбиоз (от греч. *symbiosis* – сожительство). Это тесная взаимосвязь между представителями разных видов, из которых один без другого не может обойтись. Примером симбиоза может быть взаимосвязь муравьев вида «лимонные муравьи» с вечнозеленым деревом амазонских лесов *Duroiahirsuta*. Рабочие муравьи вида *Myrmelachistaschumanni* убивают растения, более зеленые, чем *Duroiahirsute*, впрыскивая в их листья муравью иную кислоту как гербицид. Следовательно, они дают своим любимым деревьям свободно разрастаться без конкуренции. Муравьи используют полые стебли дерева для строительства гнезд. Еще один пример: морской червь *Olaviusalgarensis* не имеет ни пищеварительной, ни выделительной системы. Оказалось, что под его наружными покровами обитают симбиоты – бактерии четырех видов. Они не только обеспечивают червя и друг друга всем необходимым, но и утилизируют продукты жизнедеятельности червя, позволяя ему обходиться без выделительной системы.

Хищничество. Форма (тип) взаимоотношений, когда для одного вида они благоприятны, а для другого неблагоприятны. Такие взаимоотношения широко распространены среди животных. Хищники встречаются среди всех групп животных.

Хищником считается всякий организм, потребляющий в качестве пищи другой живой организм, который является для него источником энергии. Для установления факта хищничества необходимо наличие факта умерщвления одним организмом другого с целью использования его в виде пищи. Эволюцию хищника нельзя отделить от эволюции жертвы и наоборот.

В процессе эволюции у хищников появились острые зубы и клыки, быстрые ноги, маскирующая окраска, острые втягивающиеся когти, ядовитые железы и т. д. Жертва также не оставалась в долгу: на теле у нее вырастали шипы, колючки и т. д.

Хищники, как правило, в первую очередь уничтожают слабых и больных животных, что особенно опасно для малочисленных популяций. Человек регулярно воздействует на хищников путем их отстрела и опосредованного воздействия.

Хищники подразделяются на настоящих хищников, поедающих животных (лев, волк, питающиеся зебрами или зайцами), и растительноядных (крупный рогатый скот, питающийся травой, колорадский жук – культурным картофелем).

Паразитизм (от греч. *para* – возле и *sitos* – пища). В данном случае одна популяция использует другую в качестве среды обитания и источника пищи. Большое количество паразитов имеется среди животных (блохи, вши, клещи, различные виды тлей, бактерии, вирусы, гельминты и др.) и грибов (ржавчинные, головневые, мучнисторосяные).

Среди животных выделяют временных и постоянных паразитов. Например, паразитирует только личинка овода, а взрослое насекомое ведет свободный образ жизни. *Иксодовые клещи* – переносчики энцефалита – сосут кровь у животных только в течение 8 сут.

Постоянными паразитами являются гельминты, которые всю жизнь, кроме как на стадии яйца, проводят в теле хозяина. По местоположению паразиты подразделяются на *эктопаразитов* (вошь, блоха) и *эндопаразитов*, которые поселяются во внутренних органах, полостях, коже (чесоточный клещ, бычий и свиной солитер, аскарида и др.).

Нейтрализм (от лат. *neutralis* – не принадлежащий ни тому, ни другому). В данном случае ассоциация двух популяций не сказывается ни на одной из них. Нейтрализм в природе встречается часто: отношение между комаром и дождевым червем, зайцем и дятлом, белкой и зубром и др.

Антибиоз, или аллелопатия. Это выделение организмом вещества (жидкого, газообразного), вредного для других организмов. Антибиоз характерен для низших и высших рас-

тений. Явление «красного моря» связано с выделением токсических веществ микроорганизмами, которые приводят к гибели животных.

Плесневые грибы выделяют антибиотики. Гриб *Penicillium* образует антибиотик пенициллин, широко применяемый в медицине. Высшие растения выделяют вещества фитонциды, которые убивают бактерии (фитонцид чеснока, лука). Например, полынь горькая оказывает отрицательное влияние на крестовник, звездчатку; кустарник шалфея белолистного – на травы; эвкалипт – на травы и т. д.

Аменсализм (от *a* – отрицание и лат. *mensa* – стол, трапеза). Одна популяция подавляет другую. Например, в процессе роста еловые деревья сильно затеняют почву и вытесняют светолюбивые растения.

Конкуренция (от лат. *concurrentia* – сталкиваться). Это такое взаимодействие, когда две популяции (или две особи) в борьбе за необходимые для жизни условия взаимно угнетают друг друга. Взаимовлияние приводит к снижению выживаемости конкурирующих особей. Конкуренция является главным механизмом возникновения биологического разнообразия. Конкурентные взаимодействия могут касаться пространства, пищи, света, зависимости от хищников, подверженности болезням и т. д. Конкуренция может быть внутривидовой и межвидовой.

Внутривидовая конкуренция – конкуренция между особями одного вида, являющаяся наиболее острой и жесткой, поскольку особи имеют одинаковые потребности в экологических факторах. В период размножения птиц самец охраняет определенную территорию, куда не допускает на одной особи одинакового с ним вида, кроме своей самки.

Межвидовая конкуренция – это конкуренция между особями, относящимися к разным видам. Причиной конкуренции может быть любой ресурс, запасы которого в данной среде недостаточны – территория, пища, участок для гнезд. Как результат может быть расширение области распространения одного вида за счет сокращения численности или исчезновения другого. Это можно подтвердить примером длиннопалого рака, который постепенно захватил весь Волжский бассейн и добрался до Беларуси и Прибалтики. Здесь он постепенно начал вытеснять родственный вид – рака широкопалого.

Советский биолог Г. Ф. Гаузе в 1934 г., исследуя рост и конкурентные взаимоотношения двух видов реснитчатых инфузорий, сформулировал закон конкурентного исключения: «*Два вида не могут существовать в одном местообитании (в одной и той же местности), если их экологические потребности идентичны*». Два вида с идентичными потребностями обычно бывают разобщены в пространстве или во времени: они живут в разных биотопах, разных ярусах леса и т. д.

Конкурирующие за пищу или пространство виды избегают конкуренции или снижают ее уровень переселением в другое место обитания либо сменой времени или места добычи корма. Примером этому являются:

- деление животных на дневных и ночных (ястребы и совы);
- различные виды рыб, проявляющие активность в разное время суток;
- сложившееся распределение животных и птиц по ярусам в тропических лесах;
- произрастающие совместно в одном местообитании растения простирают свои корневые системы на разную глубину.

Глава 4. Биоценоз и экологическая ниша

4.1. Понятие о биоценозе

Немецкий биолог К. А. Мёбиус в конце 70-х гг. XIX в. изучал скопления устриц, обитающих на морских склонах. Его интересовали не только устрицы сами по себе, но и условия их жизни. Характерно, что вместе с устрицами здесь встречались и другие разнообразные животные, такие, как морские звезды, иглокожие, черви, губки и др. Он сделал вывод, что все эти животные неслучайно живут совместно, в одном местообитании, т. е. они нуждаются в тех же условиях, что и устрицы. Данные группировки появляются благодаря сходным требованиям к факторам окружающей среды.

Группировку живых организмов, которые постоянно встречаются вместе в различных пунктах одного и того же водного бассейна, при наличии одинаковых условий существования, Мёбиус назвал *биоценозом*.

Биоценоз (от греч. – *bios* – жизнь и *koinos* – общий, делать что-либо общим) – термин был впервые введен в научную литературу Мёбиусом в 1877 г. Биоценоз – это организованная группа популяций, растений, животных и микроорганизмов, живущих совместно в одних и тех же условиях среды – на определенном участке суши или в определенном водоеме. (Е. М. Мешечко, 2002). В настоящее время термин «биоценоз» обычно применяется как синоним термина «сообщество». Мёбиус не только установил сообщества и предложил для них название «биоценоз», но и сумел раскрыть многие закономерности их формирования и развития. Примерами биоценозов являются сосновый, лиственный или смешанный лес, болото, луг и т. д.

Каждый биоценоз развивается в пределах однородного пространства, которое характеризуется определенным сочетанием абиотических факторов:

- количеством приходящей солнечной радиации;
- температурой и влажностью окружающей среды;
- химическим составом воздуха.

Масштабы биоценозов могут быть различными. Например, в водной среде биоценозы обычно выделяют в соответствии с экологическим подразделением частей водоемов:

- биоценоз прибрежных песчанистых или глинистых грунтов;
- биоценоз приливной зоны моря;
- биоценоз крупных водных растений прибрежной зоны озера и т. д.

Биоценоз как открытая система получает на ее «входе» солнечную энергию, газы, воду, минеральные элементы почвы, а на «выходе» – тепло, кислород, углерод, биогенные вещества, уносимые водой. Главным продуктом биоценоза является живая продукция – растительная и животная.

4.2. Структура биоценоза

Составными частями биоценоза являются (рис. 4.1):

- фитоценоз – устойчивое сообщество растений;
- зооценоз – совокупность взаимосвязанных видов животных;
- микоценоз – сообщество грибов;
- микроценоз – сообщество микроорганизмов.



Рис. 4.1. Составные части биоценоза

Биотоп (от греч. *bios* – жизнь, *topos* – место) – участок земной поверхности (суши или водоема) с однородными условиями обитания, занимаемый тем или иным биоценозом.

Экотоп – совокупность комплекса климатических и почвенно-грунтовых условий. Различие между этими понятиями заключается в том, что биотоп – это условия среды, видоизмененные живыми организмами, а экотоп – первичный комплекс факторов физико-географической среды без участия живых существ.

В пространственном отношении биотоп соответствует биоценозу. Обычно границу биоценоза устанавливают по фитоценозу, который имеет легкораспознаваемые черты.

Биоценозы слагаются преимущественно из животных видов (например, биоценоз кораллового рифа) и растительных (например, биоценоз соснового леса). Видовое разнообразие биоценоза связано с географическим положением, т. е. с уменьшением его от тропиков в сторону высоких широт, что объясняется ухудшением условий жизни наземных и водных

организмов. Например, в тропических лесах на 1 га леса можно насчитать до 200 видов древесных пород, а в Республике Беларусь – до 10 видов. Простым показателем видовой разнообразия биоценоза является общее число видов, т. е. «видовое богатство». Если какой-либо вид растения или животного преобладает в составе (имеет большую массу, продуктивность или численность), то такой вид называется *доминантом*, или *доминирующим видом*. В любом биоценозе имеются доминантные виды, которые создают массу неудобств для жизни других обитателей.

Виды распределяются в пространстве в соответствии со своими потребностями и необходимыми для них условиями места обитания. Такое распределение видов, составляющих биоценоз, называется *пространственной структурой биоценоза*. Различают вертикальную и горизонтальную структуру биоценоза.

Вертикальная структура биоценоза представлена отдельными его элементами – особыми слоями, которые называются *ярусами*. Это совместно произрастающие группы видов растений, различающихся по высоте и положению в биоценозе – подземные органы (клубни, корневища, луковицы), жизненными формами (деревья, кустарники, травы). Каждый из ярусов леса зависит от естественной освещенности. В лесном биоценозе обычно выделяют пять ярусов. Характерно, что ярусность присуща и подземным частям растений.

Разные виды животных в биоценозах занимают определенные уровни подобно распределению растительности по ярусам. Например, на поверхности почвы находятся клещи и другие мелкие животные, в почве живут почвенные черви, микроорганизмы, землеройные животные. Птицы гнездятся в разных ярусах в зависимости от того, где они находят себе пропитание.

Горизонтальная структура биоценоза представлена особями живых организмов, которые распределены в пространстве неравномерно. Они составляют обычно определенные группировки организмов, которые и определяют горизонтальную структуру биоценоза, т. е. различного рода узорчатость, пятнистость каждого вида (В. В. Маврищев; Г. С. Сачек, 2010). Это, например, колонии кораллов на морском дне, косяки морских рыб, стаи перелетных птиц, многочисленные стада слонов в саванне. Такое явление характерно и для растений (например, заросли тростника, пятна ягод в лесном биоценозе).

К горизонтальному биоценозу относятся такие структурные единицы, как микроценоз и микрогруппировка.

Микроценоз (от греч *micros* – малый и *koinos* – общий) – наименьшая по размерам структурная единица горизонтального расчленения сообщества, которая включает все ярусы.

Микрогруппировка – сгущение особей одного или нескольких видов в пределах яруса, внутриярусные мозаичные пятна.

4.3. Понятие об экологической нише

Понятие об экологической нише было введено для обозначения роли, которую тот или иной вид играет в сообществе. Под *экологической нишей* следует понимать совокупность факторов среды, в которой обитает тот или иной вид организмов, их место в природе, в пределах которого данный вид может существовать неограниченно долго.

Экологическая ниша включает в себя химические, физические, биотические факторы. Эти факторы необходимы организму для жизни и определяются его морфологической приспособленностью, физиологическими реакциями и поведением. В разных частях света и на разных территориях встречаются виды, неодинаковые в систематическом отношении, но сходные по экологии – их называют *экологически эквивалентными*.

Термин «экологическая ниша» впервые был предложен в 1914 г. американским зоологом-натуралистом Д. Ж. Гриннеллом. Под «нишей» он понимал условия, в которых живет вид. Позднее, в 1927 г., английский зоолог Ч. Элтон термин «ниша» определил как самую мелкую единицу распространения вида, а также его место в биотической среде и положение в цепях питания. Более полное представление об экологической нише дает так называемая многомерная модель, которую разработал в 1957 г. американский ученый Г. Хатчинсон. Он предложил понимать под нишей весь диапазон факторов среды, в котором данный вид в течение длительного времени живет и размножается.

Экологическая ниша – место, занимаемое видом (точнее, его популяцией) в сообществе (биогеоценозе). Взаимодействие данного вида (популяции) с партнерами по сообществу, в которое он входит в качестве сочлена, определяет его место в круговороте веществ, обусловленном пищевыми и конкурентными связями в биоценозе.

При определении экологической ниши нужно учитывать большое число факторов. Место вида в природе, описываемое этими факторами, представляет собой многомерное пространство. Г. Хатчинсон различал нишу *фундаментальную*, которую может занять популяция при отсутствии конкуренции (она определяется физиологическими особенностями того или иного организма), и нишу *реализованную*, т. е. часть фундаментальной ниши, в пределах которой вид реально встречается в природе и которую он занимает при наличии конкуренции с прочими видами. Реализованная ниша обычно меньше фундаментальной. Каждый вид имеет свою экологическую нишу.

Иногда внедрение инородного вида в экологическую систему с незанятыми экологическими нишами может приводить к бедствиям. В других случаях внедрение инородного вида может приносить и пользу человеку (например, ондатра из Северной Америки). В конце 20-х гг. XX в. этот крупный грызун с довольно ценным мехом был завезен на территорию России. Зверек занял свободную экологическую нишу, поселившись на берегах рек, озер и болот. Чужой для нашей фауны вид помог многим одеться в теплые ондатровые меха.

Закон конкурентного исключения Г. Гаузе для близких по экологии видов в свете учения об экологической нише может быть сформулирован таким образом: «*Два вида не могут существовать в одной и той же местности, если их экологические потребности идентичные, т. е. если они занимают одну и ту же экологическую нишу*».

Главная проблема, стоящая перед сообществом растений или животных, – это распределение жизненного пространства. Характерно, что организмы приспособились разделять экологические ниши. Это могут быть *пространственные* или *временные* разделения. Следует отметить, что птицы, обитающие в разных местах крон деревьев, могут никогда не сталкиваться с птицами, обитающими в листве кустарников. Многие млекопитающие (например, речные бобры) метят территорию своего проживания пахучими веществами, другие животные оповещают соседей предостерегающими криками.

Для ослабления конкуренции между видами имеющиеся ресурсы часто разделяются. Животные разделяются также на активных днем и проявляющих свою активность ночью. Например, летучие мыши делят воздушное пространство с другими птицами, используя смену дня и ночи и охотясь на насекомых, хотя у них есть слабые конкуренты, такие, как козодои и совы.

Разделение экологических ниш на ночные и дневные наблюдается также у растений. Большинство растений распускают цветки днем для опыления насекомыми, отдельные – ночью (табак душистый, лобка двулистная и др.). Обычно ночные виды растений испускают еще и привлекающий насекомых аромат.

Ученые различают специализированные и общие ниши. Как правило, большинство видов растений и животных могут жить и размножаться только в специализированных нишах, где поддерживаются определенный температурно-влажностный режим, определенные физико-химические факторы и источники питания.

В природе размер экологических ниш может быть самым разным. Некоторые организмы существуют в широких экологических диапазонах и тем самым расширяют свою экологическую нишу. Другие организмы в процессе эволюции приспособились к довольно узким экологическим нишам. Например, один из видов азиатских комаров, обитающий в Таиланде, размножается только в ямках от следов слоновых ног, заполненных дождевой водой.

Нередко многие виды на разных стадиях своего развития занимают разные экологические ниши. Например, личинки майского жука являются корнеедами, а взрослые особи – листоедами, лягушки-головастики питаются растениями, а взрослые лягушки – насекомыми.

Каждое зеленое растение обеспечивает существование целого ряда экологических ниш. Каждая из них включает в себя разнородные по видовому составу организмы. Например, в группу сосущих входят тля, клопы, а в группу листоедов – личинки бабочек, долгоносики и др.

Глава 5. Экосистема

5.1. Понятие об экосистеме

Экологическая система – это функциональное единство организмов и окружающей среды, совокупность различных видов растений, животных и микробов, взаимодействующих друг с другом и окружающей средой. Данная совокупность может сохраняться неопределенно долгое время. Нарушение функций одного из ее компонентов вызовет нарушение устойчивости всей экосистемы.

При характеристике биоценоза нами рассматривались только живые организмы. Кроме того, было отмечено, что место, на котором развивается биоценоз, называется биотопом. *Экосистема – это природный комплекс (биокосная система), образованный живыми организмами (биоценоз) и средой их обитания (атмосфера, почва, вода), связанными между собой обменом веществ и энергии* (В. Н. Киселев, 1998).

Термин «экосистема» ввел в экологию в 1935 г. английский ботаник А. Тенсли. Он считал, что не только комплекс организмов, но и весь комплекс физических факторов образуют то, что мы называем средой местообитания в самом широком смысле.

Экосистема – основная функциональная единица экологии, представляющая собой единство живых организмов и среды их обитания, организованное потоками энергии и биологическим круговоротом веществ. Это фундаментальная особенность всего живого и среды его обитания.

Понятие «экосистема» можно применить к объектам различной степени сложности и разного размера. Например, это кочка на болоте и само болото, лужа, озеро, луг, лес и т. д. На рис. 5.1 представлены наземные, пресноводные и морские экосистемы.

Как правило, экосистемы разграничиваются элементами абиотической среды (рельеф, видовое разнообразие) и физико-химическими и трофическими условиями.



Рис. 5.1. Экосистемы

Размер экосистемы не может быть выражен в физических единицах измерения. Он выражается системной мерой, учитывающей процессы обмена веществ и энергии.

По размерности экосистемы можно разделить:

- на *микрэкосистемы* (например, пень или гниющее дерево в лесу после бурелома);
- *мезоэкосистемы* (например, лес, река, болото, кукурузное поле, березовая роща);
- *макроэкосистемы* (например, море, степь, Заполярье).

Естественные экосистемы характеризуются следующими основными признаками: они всегда представлены совокупностью биотических и абиотических факторов; в их пределах осуществляется полный цикл круговорота веществ – от создания (фотосинтеза) органических веществ до их разложения на неорганические; их устойчивость сохраняется в течение определенного времени.

Экосистемы принадлежат к открытым термодинамическим системам, т. е. они должны отдавать и получать энергию и обмениваться веществами. Все компоненты экосистем взаимосвязаны. Соотношение видов в них складывалось веками. Появление любого нового вида может нарушить естественное равновесие экосистемы. Например, в рождественские дни 1859 года в Австралию были впервые завезены 24 кролика. Хищники, питающиеся кроликами, в местной фауне отсутствовали. Плодовитые грызуны быстро размножились. Эти травоядные животные ухудшили кормовую базу скотоводства и нанесли огромный ущерб урожаю сельскохозяйственных культур, т. е. «кролики съели Австралию». Как видно, внедрение чужеродного вида в экосистему со свободными экологическими нишами представляет собой определенную опасность.

5.2. Динамика экосистем

Для естественной экосистемы характерны следующие признаки. Во первых, она состоит из обязательной совокупности биотических и небиотических факторов. Во-вторых, в границах экосистемы происходит полный цикл круговорота веществ – от создания органических веществ до разложения их на неорганические. В третьих, устойчивость экосистемы сохраняется в течение определенного времени.

Экосистемы подвержены постоянным изменениям. Под влиянием потока энергии и питательных веществ одни виды растений и животных постепенно отмирают или уступают место другим.

Если биоценоз разрушается в результате пожара, урагана, рубки леса, то восстановление его идет медленно. Изменение экосистемы во времени вследствие внутренних и внешних воздействий называется *динамикой экосистемы*.

Сформировавшиеся биоценозы имеют определенное строение, определенный флористико-фаунистический состав, физиологические особенности.

Многие специалисты выделяют следующие смены биогеоценозов или экосистем:

- *вековые* (эволюция материков и флоры) связаны с процессами подбора видов, способных существовать совместно, а также с возникновением новых видов;

- *длительные* (десятки, сотни лет). Примером является замена мелколиственных лесов, возникших на месте ельников, уничтоженных рубками или пожарами, снова еловыми лесами;

- *быстрые* смены связаны с уничтожением или сильным нарушением биогеоценоза под влиянием природных или антропогенных факторов.

Термин «сукцессия» впервые был употреблен французским ботаником Де Люком в 1806 г. для обозначения смен растительности. Теория сукцессии была детально разработана в 1916 г. американским ученым Ф. Клементсом.

Сукцессия (от лат. *successio* – преемственность, наследование) – это постепенная, необратимая, направленная смена одних биоценозов другими на одной и той же территории под влиянием природных факторов или воздействия человека.

Примерами сукцессии могут быть зарастание сыпучих песков, каменистых россыпей, отмелей, заселение заброшенных сельскохозяйственных земель растительными и животными организмами.

Тип сукцессии, начинающийся с заселения обнаженной горной породы или другой поверхности, лишенной почвы (например, песчаных дюн или бывшего ложа ледника), называется *первичной сукцессией*. *Вторичная сукцессия* предполагает заселение поверхностей, которые полностью или в значительной степени лишены растительности, но прежде находились под влиянием живых организмов и обладают органическим компонентом (например, лесные вырубki, выгоревшие участки или заброшенные сельскохозяйственные угодья). В таких почвах могут сохраняться семена, споры и органы вегетативного размножения (например, корневища, которые будут оказывать влияние на сукцессию). Примером *вторичной сукцессии* может быть образование торфяного болота при зарастании озера.

Любой перерыв в движении по направлению к климаксу, вызванный местными условиями рельефа, микроклимата, землепользования и т. д., тоже может привести к формированию устойчивого сообщества. Например, горы и холмы постепенно будут разрушаться организмами и эрозией горной породы в результате выветривания, что приводит к формированию слоя почвы, достаточного для того, чтобы здесь смогли поселиться более крупные растения (мхи, папоротники). За этими растениями последуют еще более крупные и требо-

вательные к питательным веществам формы – семенные растения, включая травы, кустарники и деревья. На рис. 5.2 представлена схема типичной наземной сукцессии.

Смена одних видов другими за некоторый период времени называется *экологической сукцессией*. Завершающее сообщество – устойчивое, самовозобновляющееся и находящееся в равновесии со средой – называется *климаксным сообществом*. В животном мире тоже происходит смена одних видов другими, в значительной мере обусловленная сменой растительности, но этот процесс зависит еще и от того, какие животные могут мигрировать из соседних сообществ.

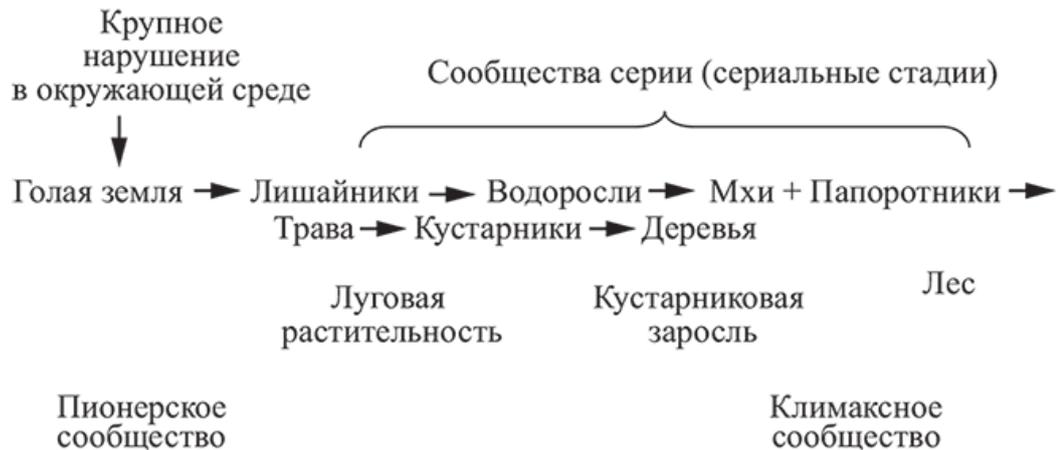


Рис. 5.2. Типичная наземная сукцессия

5.3. Пищевые цепи, трофические уровни и экологические пирамиды

Внутри экосистемы содержащие энергию органические вещества создаются автотрофными организмами и служат пищей (источником вещества и энергии) для гетеротрофов. Например, животное поедает растение. Данное животное в свою очередь может быть съедено другим животным, и таким образом может происходить перенос энергии через ряд организмов – каждый последующий питается предыдущим, поставляющим ему сырье и энергию.

Данная последовательность называется *пищевой цепью*, а каждое ее звено – *трофическим уровнем* (греч. *trophos* – питание). Первый трофический уровень занимают *автотрофы*, или так называемые *первичные продуценты*. Организмы второго трофического уровня называются *первичными консументами*, третьего – *вторичными консументами*.

Первичные продуценты (от лат. *producens* – производящий) – автотрофные организмы: зеленые растения, некоторые прокариоты (сине-зеленые водоросли), немногочисленные виды бактерий, которые тоже фотосинтезируют, но их вклад невелик. *Фотосинтезики* превращают солнечную энергию (энергию света) в химическую. Небольшой вклад в продукцию органического вещества вносят и *хемосинтезирующие* бактерии, извлекающие энергию из неорганических соединений.

Главными продуцентами в водных экосистемах являются водоросли – часто мелкие одноклеточные организмы, составляющие фитопланктон поверхностных слоев океанов и озер. На суше большую часть первичной продукции поставляют более высокоорганизованные формы, относящиеся к голосеменным и покрытосеменным, т. е. они формируют леса и луга.

Первичные консументы (от лат. *konsumo* – потребляю), как правило, питаются первичными продуцентами, т. е. это растительноядные (травоядные) животные. К консументам относятся животные и человек. На суше типичными травоядными являются многие насекомые, рептилии, птицы и млекопитающие. Наиболее важные группы травоядных млекопитающих – это грызуны и копытные. К последним относятся пастбищные животные (лошади, овцы, крупный рогатый скот). В пресноводных и морских водных экосистемах растительноядные представлены обычно моллюсками мелких ракообразных, мидиями, устрицами.

Вторичные консументы питаются растительноядными. Таким образом, это уже плотоядные животные, так же, как и третичные консументы, поедающие консументов второго порядка. Консументы второго и третьего порядка могут быть хищниками и охотиться, хватать и убивать свою жертву, питаться падалью или быть паразитами. В последнем случае по величине они меньше своих хозяев.

Редуценты и детритофаги (от лат. *reducens* – возвращающий) – детритные пищевые цепи.

Существуют два главных типа пищевых цепей – пастбищные и детритные. Выше мы привели примеры пастбищных цепей, в которых первый трофический уровень – зеленые растения, второй – пастбищные животные (термин «пастбищные» используется в широком смысле и включает все организмы, питающиеся растениями) и третий – хищники. В телах погибших животных и растений еще содержатся энергия и «строительный материал» – так же, как и прижизненные выделения – моча и фекалии. Эти органические материалы разлагаются микроорганизмами – грибами и бактериями, живущими как сапрофиты на органических остатках. Такие организмы называются *редуцентами*. Они разрушают мертвые органические вещества и превращают их в неорганические вещества, которые в состоя-

нии усваивать другие организмы (продуценты). Скорость разложения органических веществ может быть различной.

Детритофаги – мелкие животные (муравьи, раки), питающиеся кусочками частично разложившегося материала (детрита), ускоряя процесс его разложения. Поскольку в этом процессе участвуют как истинные редуценты (грибы и бактерии), так и детритофаги (животные), и тех и других иногда называют редуцентами.

Каждый организм в схеме пищевых цепей бывает представлен как питающийся другими организмами какого-либо одного типа. Однако реальные пищевые связи в экосистеме значительно сложнее, так как животное может питаться организмами из разных пищевых цепей. Некоторые животные питаются как другими животными, так и растениями – их называют *всеядными*. Пищевые цепи переплетаются таким образом, что образуется пищевая (трофическая) сеть.

Для изучения взаимоотношений между организмами в экосистеме и для графического представления этих взаимоотношений удобнее использовать не схемы пищевых цепей, а экологические пирамиды. Содержащаяся в одних организмах энергия может потребляться другими организмами. Перенос веществ и заключенной в них энергии от автотрофов к гетеротрофам происходит, как уже упоминалось, в результате поедания одних организмов другими. К одному трофическому уровню принадлежат организмы, получающие свою энергию от Солнца через одинаковое число ступеней. Количество этой энергии очень велико (примерно 55 ккал/см² в год). Зеленые растения в результате фотосинтеза фиксируют не более 1–2 % энергии.

Обычно выделяют четыре трофических уровня, но их может быть и больше, если учитывать паразитов, живущих на консументах предыдущих уровней. Основные трофические уровни:

- *первый* – автотрофы, зеленые растения (продуценты), первичные потребители солнечной энергии;
- *второй* – растительноядные животные (консументы первого порядка);
- *третий* – хищники, питающиеся растительноядными животными (консументы второго порядка), и паразиты первичных консументов;
- *четвертый* – вторичные хищники (консументы третьего порядка) и паразиты вторичных консументов.

Самая простая цепь питания может состоять из фитопланктона, затем более крупных планктонных ракообразных и заканчиваться китом, который фильтрует этих ракообразных из воды. Всем известно, если низко летают ласточки, то будет дождь, т. е. атмосферное давление понижается. Комары опускаются вниз, а ласточки следуют за любимым лакомством – комарами, т. е. комары – одно из основных звеньев в пищевой цепи ласточек.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.