

КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ»

ЛЕКЦИЯ 1

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ КАК УЧЕБНАЯ ДИСЦИПЛИНА. ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ КАК НАУКИ. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ

Рекомендуемая литература по курсу:

- 1) Киселев В.Н. Основы экологии. – Мн., 2001.
- 2) Шимова О.С., Соколовский Н.К. Основы экологии и экономика природопользования. – Мн., 2002.
- 3) Поспелова Т.Г. Основы энергосбережения. – Мн., 2000.
- 4) Богданова И.Н. Энергетика Беларуси на современном этапе / И.Н. Богданова. – М.: Веды, 2006.

Экологическое воспитание, образование и природоохранная пропаганда исключительно важны в современный период интенсивного преобразования человеком биосферы. В Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 года говорится, что экологизация общественного сознания является решающим фактором обеспечения экологической безопасности, формирования условий для перехода страны к устойчивому развитию. Цель экологического образования и просвещения – приобретение всеми гражданами знаний в области экологии, формирование экологического мировоззрения в обществе, включающего культурные и этические принципы и нормы поведения, обеспечивающие устойчивое сосуществование человека и живых организмов, формирование правильного подхода к постановке и решению проблем эффективного использования природных ресурсов и сохранения качества окружающей среды.

Курс «Основы экологии и энергосбережения» непосредственно связан с биологией, физикой, химией, математикой, географией. Значительно расширяются его связи с гуманитарными науками: социологией, экономикой, юриспруденцией, этикой.

Основная цель дисциплины – формирование экологической культуры и профессиональной экологической грамотности будущего специалиста.

Задачи дисциплины:

- ознакомление с элементами и основными понятиями общей экологии;
- рассмотрение понятия «биосфера» и ее эволюции, места и роли человека в биосфере;
- изучение важнейших антропогенных факторов окружающей среды и влияния научно-технической деятельности человека на биосферу;
- характеристика основных экологических проблем на современном этапе;

- определение подходов к рациональному использованию природных ресурсов, знакомство с приоритетными научно-техническими направлениями энергосбережения в экономике;

- знакомство с традиционными и нетрадиционными источниками энергии, вопросами производства, распределения и потребления энергии; экологические аспекты энергосбережения.

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

Термин «экология» впервые предложил немецкий биолог Эрнст Геккель в 1866 году в книге «Общая морфология организмов». И так, что такое экология?

Экология (от греч. *oikos* – жилище, местопребывание и *logos* (наука), наука, изучающая организацию и функционирование надорганизменных систем различных уровней: популяций, видов, биоценозов (сообществ), экосистем, биогеоценозов и биосферы. Часто экологию определяют также как науку о взаимоотношениях организмов между собой и с окружающей средой. Современная экология интенсивно изучает также проблемы взаимодействия человека и биосферы.

В настоящее время наблюдается бурный рост экологических исследований во всём мире. Причина его, во-первых, – в зрелости самой экологии как науки, чётком определении объектов и методов исследования; во-вторых, в актуальности проблем повышения продуктивности экосистем и охране окружающей среды, необычайно возросшей в ходе научно-технической революции. Параллельно развивается и теоретическое направление в экологии, широко использующее математическое моделирование.

Характерная черта современной экологии – исследование процессов, охватывающих всю биосферу. Особенно пристально изучается взаимодействие человека и биосферы. С 1964 начались работы, проводимые в рамках Международной биологической программы (МБП): её основная цель – изучение продуктивности экосистем в разных областях земного шара. В процессе выполнения МБП стандартизирована методика определения продуктивности различных трофических звеньев. Исследования по биологической продуктивности продолжены международной программой «Человек и биосфера» (ЧиБ), в которой главное внимание уделено анализу воздействия деятельности человека на биосферу. Объединению экологов разных стран способствовало возникновение Международного общества экологов (ИНТЭКОЛ), 1-й конгресс которого состоялся в Гааге еще в 1974.

У экологии, как и у любой другой науки, есть свои законы. Наиболее ярко, в виде афоризмов, они были сформулированы американским экологом Барри Коммонером:

- **Всё связано со всем** – в законе отражён экологический принцип холизма (целостности).

- **Всё должно куда-то деваться** – закон говорит о необходимости замкнутого круговорота веществ и обеспечения стабильного существования биосферы.

- **Природа знает лучше** – закон имеет двойной смысл – одновременно призыв сблизиться с природой и призыв крайне осторожно обращаться с природными системами.

- **Ничто не даётся даром** – закон говорит о том, что каждое новое достижение неизбежно сопровождается утратой чего-то прежнего.

Второй и четвёртый законы по сути являются перефразировкой основного закона физики – сохранения вещества и энергии. Первый и третий законы – действительно основополагающие законы экологии, на которых должна строиться парадигма данной науки. Основным законом является первый, который может считаться основой экологической философии.

Классическая экология разделяется на три подраздела:

Аутэкология – раздел науки, изучающий взаимодействие индивидуального организма или вида с окружающей средой (жизненные циклы и поведение как способ приспособления к окружающей среде).

Демэкология – раздел науки, изучающий взаимодействие популяций особей одного вида внутри популяции и с окружающей средой.

Синэкология – раздел науки, изучающий функционирование сообществ и их взаимодействия с биотическими и абиотическими факторами.

Глобальная экология разрабатывает проблемы биосферы в целом.

Также выделяют геоэкологию, биоэкологию, гидроэкологию, ландшафтную экологию, этноэкологию, социальную экологию, химическую экологию, радиоэкологию, экологию человека и др.

В связи с многогранностью предмета и методов исследований в настоящее время некоторые ученые рассматривают экологию как комплекс наук, который изучает функциональные взаимосвязи между организмами (включая человека и человеческое общество в целом) и окружающей их средой, круговорот веществ и потоков энергии, делающих возможной жизнь.

Методы экологических исследований:

1. Полевые, лабораторные и экспериментальные исследования.

Живые организмы и их сообщества обычно изучаются в естественных условиях обитания. При этом используются методы физиологии, биохимии, анатомии, систематики и других наук. Полевые методы позволяют установить результат влияния на организм или популяцию определенного комплекса факторов, выяснить общую картину развития и жизнедеятельности вида в конкретных природных условиях.

Эксперимент дает возможность выяснить причины наблюдаемых в природе отношений. В связи с этим он носит обычно аналитический характер. Экспериментальные методы позволяют проанализировать влияние на развитие организма отдельных факторов среды в искусственно созданных условиях.

Завершающим этапом служит экологическое картирование территории, которое производится на основе описания пробных площадей и профилей.

2. Математические методы и моделирование.

При экологическом исследовании изучаются природные явления во всем их многообразии: общие закономерности, присущие макросистеме, ее реакции на изменение условий и др. Обычно рассматривается определенное количество особей (выборка), отличных друг от друга по биологии. При мониторинге окружающей среды используются достаточно сложные математические расчеты для получения необходимых выводов.

Применяются также биологическое моделирование. Несмотря на то, что различные организмы отличаются друг от друга, многие процессы у них протекают практически одинаково. Поэтому изучать их удобно на более простых существах.

На нашей планете живые организмы освоили 4 основные среды обитания. Водная среда была первой, в которой возникла и распространилась жизнь. Затем живые организмы овладели наземно-воздушной средой, создали и заселили почву. Четвертой средой жизни стали сами живые организмы, каждый из них представляет целый мир для населяющих его паразитов или симбионтов.

В экологии выделяют различные уровни организации живой материи. Самым простейшим элементом в биосфере является живой организм. Но в экологии организм не является объектом исследования, что было сказано выше. Рассмотрим различные варианты надорганизменных систем.

Популяция. Термин «популяция» происходит от лат. *populus* (народ) и означает население вида на определенной территории. Понятие о популяции возникло в 1903 г., когда Бодо Йогансен определил популяцию как совокупность генетически неоднородных особей.

Под популяцией понимается группировка особей одного вида, населяющих определенную территорию и характеризующихся общностью морфо-биологического типа, генофонда и устойчивыми функциональными взаимодействиями. Границы популяции определяются не столько физическими факторами среды, сколько степенью тесноты связей между особями, а эти связи динамичны и зависят от многих факторов (дистанция между особями, их физиологическое состояние и др.).

Сообщество – система совместно живущих в пределах некоторого естественного объема пространства автотрофных и гетеротрофных организмов (иногда лишь одних из них). Термин сообщество часто используется как синоним биоценоза. Выделяют сообщества растений (фитоценоз), животных (зооценоз), микроорганизмов (бактериоценоз). В экологической литературе

термин «сообщество» используется для обозначения любой совокупности видов.

Сообщества животных или растений классифицировать по следующим принципам:

1. Форма роста и структура растительного сообщества. Сообщества можно охарактеризовать на основании жизненных форм растительности: деревья, кустарники, травы, мхи, водоросли составляют физическую структуру разных сообществ.

2. Видовое разнообразие. Это число видов в сообществе («видовое богатство» или «плотность видов»), относительное число особей каждого вида, а также степень равномерности распределения. Доминантные виды могут оказывать определяющее влияние на сообщество за счет своих размеров, числа особей или их активности.

3. Трофическая структура. Взаимодействие в пределах подсистем и между подсистемами по цепи питания.

Популяции, заселяющие общие места обитания, неизбежно вступают в определенные взаимоотношения в области питания, использования пространства, влияния на особенности микро- и мезоклимата и т. д. Длительное совместное существование лежит в основе формирования межвидовых сообществ – биоценозов (от греч. *bios* – жизнь и *koinos* – общий). Термин «биоценоз» ввел немецкий зоолог Карл Мебиус в 1877 г.

Биоценоз – исторически сложившиеся группировки живого населения биосферы, заселяющие общие места обитания, возникшие на основе биогенного круговорота и обеспечивающие его в конкретных природных условиях.

Основные типы взаимоотношений видов в биоценозах – это пищевые (питание одних видов другими, конкуренция за пищу), пространственные (распределение в пространстве, конкуренция за место поселения или убежища) и средообразующие (формирование структуры биотопа, микроклимата).

Все формы биоценологических отношений осуществляются в определенных условиях абиотической среды. Рельеф, климат, геологическое строение, гидрографическая сеть и др. факторы оказывают влияние на состав и биологические особенности видов, формирующих биоценоз, служат источником неорганических веществ, аккумулируют продукты обмена веществ. Неорганическая среда – биотоп – представляет собой необходимую часть биоценологической системы, обязательное условие ее существования.

Академик Владимир Николаевич Сукачев создал учение о биогеоценозе как единстве биоценоза и его биотопа (1964 г.). Биогеоценоз пространственно определяется границами растительного сообщества (фитоценоза). Биогеоценоз – это совокупность однородных природных явлений, имеющая свою специфику взаимодействия слагающих ее компонентов и определенный тип обмена веществом и энергией между собой и другими явлениями природы и представляющая собой внутренне противоречивое единство, находящееся в постоянном движении и развитии.

Экосистема, или экологическая система (от др.-греч. οἶκος – жилище, местопребывание и σύστημα – система) – биологическая система, состоящая из сообщества живых организмов (биоценоз), среды их обитания (биотоп), системы связей, осуществляющей обмен веществом и энергией между ними. Одно из основных понятий экологии.

Пример экосистемы – пруд с обитающими в нём растениями, рыбами, беспозвоночными животными, микроорганизмами, составляющими живую компоненту системы, биоценоз.

В соответствии с определениями между понятиями «экосистема» и «биогеоценоз» нет никакой разницы, биогеоценоз можно считать полным синонимом термина экосистема. Но с другой точки зрения, биогеоценоз выступает в непосредственной связи с конкретным ландшафтом, в то время как за экосистему может быть взят любой абстрактный участок.

Совокупность всех живых организмов образует **биосферу** – оболочку планеты, населенную живым веществом. Живое вещество одно из самых древних известных на Земле природных тел. В химическом строении биосферы главная роль принадлежит кислороду, углероду и водороду, составляющим по весу 96,5 % живого вещества, а также азоту, фосфору и сере, которые называются биофильными.

Понятие биосферы появилось в биологии в 18 в., однако первоначально оно имело совсем иной смысл, чем теперь. К идее биосферы в ее современной трактовке пришел Жан-Батист Ламарк (1744–1829), основатель первой целостной концепции эволюции живой природы, однако данный термин он не использовал. Впервые в близком к современному смысле понятие «биосфера» ввел австрийский геолог Эдуард Зюсс, который в книге «Происхождение Альп» (1875) определил ее как особую, образуемую организмами оболочку Земли. В настоящее время для обозначения этой оболочки используются понятия «биота», «биос», «живое вещество», а понятие «биосфера» трактуется так, как его толковал академик Владимир Иванович Вернадский (1863–1945).

Развитие человека и его все более возрастающая роль и влияние на биосферу требуют активного изучения изменений не только живых организмов, но и в целом окружающей среды.

Современный этап развития мирового хозяйства отличается всевозрастающими масштабами потребления природных ресурсов, резким усложнением процесса взаимодействия природы и общества, интенсификацией и расширением сферы проявления специфических природно-антропогенных процессов, возникающих вследствие техногенного воздействия на природу. В этой связи большое значение приобретает изучение проблем природопользования.

Недоучет или игнорирование принципов научно обоснованного природопользования приводит к многочисленным кризисным явлениям в природе и хозяйстве, столь характерным для многих регионов мира.

Под *природопользованием* понимается – совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер по его сохранению. Природопользование включает извлечение и переработку природных ресурсов, их возобновление или воспроизводство; использование и охрану природных условий окружающей среды. Природопользование бывает *нерациональным*, когда деятельность человека не обеспечивает сохранения природно-ресурсного потенциала; и *рациональным*, когда она обеспечивает экономную эксплуатацию природных ресурсов и условий и наиболее эффективный режим их воспроизводства с учетом перспективных интересов развивающегося хозяйства и сохранения здоровья людей.

Практическое значение экологии. На современном этапе развития человеческого общества, когда в результате научно-технической революции усилилось его воздействие на биосферу, практическое значение экологии необычайно возросло. Экология должна служить научной базой любых мероприятий по использованию и охране природных ресурсов, по сохранению среды в благоприятном для обитания человека состоянии, т.е она схожа в этом с охраной природы и природопользованием. Познание основных принципов трансформации вещества и энергии в природных экосистемах создаёт теоретическую основу для разработки практических мероприятий по увеличению количества и качества пищевых продуктов, производимых в биосфере. Исследования природных механизмов регуляции численности популяций служат основой планирования и разработки систем мероприятий по управлению численностью экономически важных видов. Знание основных факторов динамики популяции необходимо для ведения борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства, с переносчиками и хранителями заболеваний. Так, достижения экологии позволяют перестроить систему борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства, перейдя от попыток их полного истребления с помощью пестицидов широкого действия, наносящего большой вред всему биогеоценозу, к действительной регуляции численности определённых видов биологическими и агротехническими методами и только ограниченно – химическими.

Экология служит теоретической основой для разработки мер по переходу от промысла диких видов растений и животных к их культивированию и к другим формам более рационального их использования. На данных экологии основано рациональное ведение рыболовства, рыбоводства и охотничьего хозяйства.

Экология изучает взаимодействие сельскохозяйственных и природных экосистем, сочетания окультуренных и естественных ландшафтов. Прогнозирование развития таких ландшафтов входит также в важнейшие задачи данной дисциплины. Одна из важнейших практических задач экологии – изучение эвтрофирования (т.е. развитие органической жизни) внутренних водоёмов, возникающего в результате нарушения их биологического и гидрохимического режима, приводящего к неблагоприятным для человека последствиям: массовому развитию планктонных синезелёных водорослей

(«цветению воды»), исчезновению ценных пород рыб, ухудшению качества воды. Разработка мер по охране и рациональному использованию дикой природы, создание сети заповедников, заказников и национальных парков, планирование ландшафта также производятся по рекомендациям, разрабатываемым экологами. Ярко выраженная практическая направленность характерна для экологии человека.

Эту область исследований соотносят с **социальными аспектами экологии**. Научно-техническая революция связана с непрерывной интенсификацией и расширением масштабов хозяйственной деятельности общества. Это обостряет внимание к экологическим проблемам, в частности к прямому и побочному влиянию производственной деятельности на состав и свойства атмосферы, тепловой режим планеты, фон радиоактивности, к загрязнению Мирового океана, водоёмов суши и уменьшению запасов пресной воды, уменьшению запасов невозобновимых сырьевых и энергетических ресурсов, выделению в биосферу перерабатываемых биохимических и токсичных отходов, экологическому воздействию антропогенных, особенно урбанизированных, ландшафтов, влиянию экологических факторов на физическое и психическое здоровье человека и на генофонд человеческих популяций и т.п.

Социальная экология в настоящее время определяется в 3-мя вариантами:

- как системное понимание окружающей среды;
- как наука о социальных механизмах взаимосвязи человеческого общества с окружающей средой;
- как наука, делающая акцент на человеке как биологическом виде (*homo sapiens*).

Осознание социальных аспектов экологии привело к формированию экологической экономики, которая принимает в расчёт расходы не только на освоение природы, но и на охрану и восстановление экосферы, подчёркивает важность не только критериев прибыльности и производительности, но и экологической обоснованности технических нововведений, экологического контроля над планированием промышленности и природопользования. Развитие экологии послужило мощным импульсом в выдвижении новых ценностей перед человечеством – сохранения экосистем, отношения к Земле как к уникальной экосистеме, осмотнительного и бережного отношения к живому.

ЛЕКЦИЯ 2

ФАКТОРИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ. ОРГАНИЗМ И ФАКТОРЫ СРЕДЫ

На нашей планете живые организмы освоили 4 основные среды обитания. Водная среда была первой, в которой возникла и распространилась жизнь. Затем живые организмы овладели наземно-воздушной средой, создали и заселили почву. Четвертой средой жизни стали сами живые организмы, каждый из них представляет целый мир для населяющих его паразитов или симбионтов. Общая характеристика основных сред обитания дана в разделе «Учение о биосфере».

Среда обитания – это та часть природы, которая окружает живой организм и с которой он непосредственно взаимодействует. Приспособления организмов к среде носят название адаптаций. Адаптации к факторам среды могут основываться на структурных особенностях организма (морфологические адаптации) или на формах ответа на внешние воздействия (физиологические адаптации). У высших животных важную роль играет высшая нервная деятельность, на основе которой формируются этологические адаптации.

Отдельные свойства или элементы среды, воздействующие на организмы, называются экологическими факторами. Факторы среды многообразны и делятся на абиотические, биотические и антропогенные. *Абиотические* – это все свойства неживой природы, которые прямо или косвенно влияют на живые существа (температура, свет, радиоактивное излучение, давление, влажность, солевой состав воды, ветер, течения, рельеф местности). *Биотические факторы* – это формы воздействия живых существ друг на друга. Каждый организм постоянно испытывает на себе влияние других существ, вступает с ними в различные связи и сам оказывает на них воздействие. *Антропогенные факторы* – это формы деятельности человека, которые приводят к изменению природы как среды обитания других видов или непосредственно сказываются на их жизни.

Изменения факторов среды во времени могут быть: 1) регулярно-периодическими (суточные, сезонные, приливно-отливные), 2) нерегулярными (бури, ливни, обвалы и др.), 3) направленными на протяжении определенных отрезков времени (похолодание или потепление климата, зарастание водоемов и др.).

Температура

Температурные условия – важнейший экологический фактор, влияющий на интенсивность обменных процессов. Температура относится к числу постоянно действующих факторов. Ее выражение характеризуется широкими различиями. Так, температура воздуха в пустыне может достигать почти +60°C (+57,8°C в Триполи, Ливия), а минимальная температура воздуха зафиксирована на уровне –89,2°C на станции Восток в Антарктиде и –77,8 °C в Оймяконе (в Якутии, Россия).

Восточной Сибири опускается до -70°C . Вообще диапазон температур от $+50$ до -50°C представляет собой основную характеристику температурных условий в биосфере, хотя имеются и отклонения от этих параметров.

Влияние температуры на жизненные процессы. Основное значение воздействия температуры на живые организмы выражается ее влиянием на скорость обменных процессов. Согласно правилу Вант-Гоффа, повышение температуры ведет к возрастанию скорости реакции. Верхний порог определяется температурой свертывания белков. Необратимые нарушения структуры белков обычно возникают при $t=60^{\circ}\text{C}$. Обезвоживание организма повышает этот порог. В горячих источниках обитают бактерии при $t=70-105^{\circ}\text{C}$. У большинства животных тепловая гибель наступает при температуре тела $42-43^{\circ}\text{C}$. Растения, обитающие в степях, саваннах и пустынях, выдерживают нагревание до $50-60^{\circ}\text{C}$.

Нижний порог определяется разной температурой. Например, нарушения деятельности сердца при слабом охлаждении проявляются в ритме сокращений сердечной мышцы. У насекомых охлаждение подавляет механизмы, обеспечивающие приток кислорода к клеткам. Нижний температурный порог определяется также температурой замерзания внеклеточной и внутриклеточной жидкостей. Сухие семена могут охлаждаться практически до абсолютного нуля (-273°C).

По особенностям теплообмена различают две экологические группы организмов: пойкилотермные и гомойотермные.

Пойкилотермные организмы (от греч. *poikilos* – изменчивый). К ним относят все таксоны органического мира, кроме птиц и млекопитающих. Их особенность – неустойчивость температуры тела, меняющейся в широких пределах в зависимости от изменений температуры окружающей среды. Основным источником поступления тепловой энергии у пойкилотермов является внешнее тепло (эктотермность).

Гомойотермные организмы (от греч. *homoios* – одинаковый, подобный). К ним относятся два класса высших позвоночных – птицы и млекопитающие. Особенности их теплообмена заключаются в том, что адаптации к температурным условиям основаны на действии комплекса регуляторных механизмов поддержания теплового гомеостаза организма (гомеостаз – свойство биологических систем сохранять относительную динамическую устойчивость параметров состава и функций). Высокий уровень метаболизма (или обмена веществ — набор химических реакций, которые возникают в живом организме для поддержания жизни) приводит к тому, что у гомойотермных животных в основе теплового баланса лежит использование собственной теплопродукции, а роль внешнего обогрева невелика. Эндотермия – важное свойство, благодаря которому снижается зависимость жизненных процессов организма от температуры внешней среды.

Температура у гомойотермных организмов может изменяться в незначительных пределах. Терморегуляция осуществляется различными путями:

1. Химическая терморегуляция.

2. Физическая терморегуляция.

3. Теплоотдача путем испарения влаги с поверхности тела и верхних дыхательных путей.

4. Охлаждение путем испарения с поверхности слизистых оболочек ротовой полости и верхних дыхательных путей.

5. Сосудистые реакции.

6. Терморегуляция может дополняться адаптивным поведением.

Стратегии теплообмена. Температурные адаптации развивались двумя разными путями. Для большинства организмов характерен пойкилотермный тип теплообмена, при котором приспособления к температурным воздействиям осуществляются по отношению к средним режимам температур. Адаптации гомойотермных животных связаны с поддержанием постоянной температуры и основаны на высоком уровне метаболизма. Пойкилотермия и гомойотермия – выражение разных стратегий теплообмена. Пойкилотермия допускает широкое расселение и занятие экологических ниш на основе общей температурной толерантности. Она не требует дополнительных затрат энергии на активную терморегуляцию. Гомойотермия способствует расселению и существованию в различных экологических условиях на основе поддержания теплового гомеостаза внутренней среды. Это обеспечивает сохранение высокой биологической активности во всем диапазоне переносимых температур, но связано с большими энергозатратами на процессы терморегуляции. Путь их эволюции характеризовался направленным повышением метаболизма и ослаблением прямых зависимостей от внешних факторов путем повышения эффективности центральной нервной системы организма.

Вода и минеральные соли

Вода составляет значительную массу животных и растений: ее содержание в тканях колеблется в пределах 50-80 %, а у некоторых гидробионтов – до 95 %. Питательные вещества циркулируют в организме главным образом в виде водных растворов. У высших растений около 5 % воды используется для фотосинтеза, а остальное – на компенсацию испарения.

В наземной среде поступление влаги связано с осадками, которые определяют гидрологический режим водоемов, наличие и количество почвенной воды, влажность воздуха. Влажность воздуха определяет поступление воды в организм через покровы, а также потерю воды этим путем и с поверхности дыхательных путей.

Водный обмен связан с обменом солей. *Водно-солевой обмен у водных организмов.* По типу водносолевого обмена гидробионты довольно четко делятся на пресноводных и морских. Изначально жизнь сформировалась в морской воде. Это наложило свой отпечаток на физико-химические показатели организмов: концентрация солей и их ионный состав в организме близки к таковым в океане. *Водно-солевой обмен на суше.* Выработка адаптаций к дефициту влаги – ведущее направление эволюции при освоении организмами наземной среды. Освоение суши шло постепенно. Растения вначале селились только в мелководных водоемах и по их берегам. Затем они вышли на сушу и

освоили сухие местообитания. Беспозвоночные животные осваивали сушу через этап обитания в почве или околоводных биотопах. Поэтому в почве до сих пор встречаются формы как с водным, так и с воздушным типом дыхания.

Вода для растений в отличие от животных – ресурс (а не только фактор среды), участвующий в производстве органического вещества (элемент фотосинтеза).

По отношению к влажности растения подразделяются на несколько экологических групп.

-Гидрофиты – наземные растения, укореняющиеся на дне водоема (тростник, кубышка, калужница, аир и др.).

-Гидатофиты – растения, полностью погруженные в воду. (элодея, рдесты, уруть, ряска, которые обитают только в воде).

-Гигрофиты – растения влажных местообитаний (обитатели влажных тропических лесов и тенистых лесов умеренной зоны) (папирус, рис, росянка).

-Мезофиты – растения, приспособленные к изменчивой влажности и ограниченному водоснабжению.

-Ксерофиты – растения, приспособившиеся к обитанию в местах с недостаточным увлажнением. Они распространены в пустынях, степях, жестколистных вечнозеленых лесах, на дюнах и т. д. Подразделяются на 2 подгруппы: а) суккуленты – растения, запасующие воду впрок. Это сочные, мясистые растения (кактусы, агавы, алоэ и др.). б) склерофиты отличаются слабой обводненностью и внешне выглядят как сухие растения. Они не способны запасать воду в органах и тканях.

Животные также умело адаптируются к изменению условий обеспеченности влагой.

Кислород

Энергетические процессы в живом организме основываются на окислительно-восстановительных реакциях. Лишь некоторые группы микроорганизмов осуществляют эти процессы без участия кислорода путем гликолиза и брожения. Большинство живых организмов получают энергию благодаря аэробному окислению органических веществ. Это связано с постоянным притоком кислорода и выносом углекислого газа, образующегося в результате окисления.

У растений дыхание в отличие от фотосинтеза осуществляется всеми органами и тканями. Растения не лимитированы по снабжению кислородом, но могут возникать трудности с дыханием корней при сильном переувлажнении почвы. При длительной нехватке кислорода для корневой системы растение погибает.

У животных диффузионный принцип газообмена лежал в основе формирования специализированных органов дыхания. Для крупных животных это связано с разделением общего процесса дыхания на две составляющие:

внешнее дыхание (газообмен в дыхательных органах) и внутреннее (газообмен в клетках и тканях).

Газообмен в водной среде. Первичноводные животные и погруженные растения используют для дыхания растворенный в воде кислород, извлекая его всей поверхностью тела либо специальными органами дыхания. Растворимость кислорода в воде невелика: при 15°C и давлении сухого газа над водной поверхностью в 1 атм (101,3 кПа) в 1л воды растворяется около 34 мл кислорода. Практически же его содержание в природных водоемах много ниже и редко превышает 10-11 мл/л.

На растворимость кислорода влияет величина его парциального давления в воздухе, а также температура, количество растворенных в воде электролитов и ряд экологических факторов (шторм, волнение, пороги и водопады). Перемешивание воды повышает ее насыщение кислородом, увеличивая поверхность контакта с атмосферным воздухом. В штилевую погоду в стоячих водоемах растворение кислорода замедлено. Растения способствуют увеличению содержания кислорода в воде, а накопление мертвых растительных остатков и ила обедняет воду из-за связывания кислорода при разложении органических веществ. В условиях высокой температуры процессы разложения ускоряются, а растворимость кислорода падает. В зимний период, когда водоемы покрыты льдом, в воде снижается содержание кислорода, особенно если имеется большое количество детрита. В результате могут возникать заморы – массовая гибель рыбы от нехватки кислорода.

Малое количество кислорода предъявляет определенные требования к строению органов дыхания. Они представлены структурами с большой поверхностью, что достигается складчатыми, сложноветвящимися образованиями. Дыхательная поверхность полностью должна контактировать с окружающей средой. Эти требования реализованы у ряда беспозвоночных, дыхательные органы (жабры) которых контактируют с водой по всей поверхности.

Газообмен в воздушной среде. Обитатели наземно-воздушной среды не ограничены в количестве кислорода (в атмосфере его до 21 %). Фактором, лимитирующим газообмен, является сухость воздуха. Процесс обмена газов между кровью и внешней средой у наземных животных в принципе не отличается от водного типа. В кровь поступает кислород, предварительно растворенный в пленке воды на поверхности дыхательного эпителия. Отсюда основное условие осуществления газообмена заключается в поддержании дыхательной поверхности во влажном состоянии.

При некоторых условиях существования газообмен может быть ограничен недостатком кислорода. Например, накопление в закрытых убежищах (норы, дупла) углекислого газа ведет к снижению объема кислорода и затруднению газообмена. Обитающие в условиях недостатка кислорода животные обладают определенными адаптациями. Они легче переносят некоторый избыток углекислого газа (гиперкапния) и дефицит кислорода.

Для высокогорных млекопитающих характерно несколько типов адаптационных реакций газообмена. Под адаптациями к гипоксии понимаются реакции, обеспечивающие устойчивость к низкому снабжению тканей кислородом. «Борьба за кислород» - это реакции, направленные на поддержание нормального снабжения тканей кислородом в условиях затрудненного поступления его в кровь. В ответ на первые признаки гипоксии включается механизм учащения дыхания и сердцебиения. Эти реакции компенсируют недостаточное поступление кислорода в кровь усилением легочной вентиляции и циркуляции крови в организме. Такие реакции возникают в условиях быстрого уменьшения давления кислорода при подъеме в горы.

Газообмен у ныряющих животных. У дышащих трахеями водных насекомых и паукообразных характер дыхания при погружении не меняется: они попеременно дышат воздухом, пузырьки которого задерживаются между волосками тела. Водные личинки насекомых (стрекозы) обладают «водными жабрами» – системой замкнутых трахей, контактирующих с водной средой. Некоторые животные задерживают дыхание. Остановка дыхания может быть длительной, но обычно не превышает нескольких минут. Среди рептилий максимальная (>1 часа) длительность погружения отмечена у водных черепах и змей. Среди млекопитающих наиболее длительное пребывание под водой характерно для китообразных и ластоногих (0,5-2 часа). Дельфины совершают длительные серии коротких ныряний (по 4-5 минут). Околоводные млекопитающие (бобр, ондатра) выдерживают пребывание под водой не более 15 минут, пингвины могут находиться под водой 3-7 минут (императорский пингвин – до 18 мин), остальные водные птицы - до 30-40 сек.

Свет

Свет как экологический фактор имеет важное значение уже потому, что является источником энергии для процессов фотосинтеза, т. е. участвует в образовании органических веществ. В экологии термин «свет» подразумевает весь диапазон солнечного излучения в пределах длин волн от 0,05 до 3000 нм и более. Перпендикулярная к солнечным лучам поверхность получает энергию порядка 2 кал/см²•мин (1390 Дж/м²•с). Эта величина называется солнечной постоянной. Она незначительно варьирует по сезонам года из-за удаления Земли от Солнца.

При прохождении через атмосферу часть солнечной радиации рассеивается воздухом и водяными парами, часть отражается от облаков. Этот процесс связан и с изменением качественного состава радиации. В частности, коротковолновая часть спектра (длина волны до 300 нм) отражается озоновым экраном. Установлено, что изменение на 10 % концентрации озона вызывает рост ультрафиолетового излучения (УФ) в 1,5-2 раза. На уровне Земли эти колебания меньше за счет рассеивания излучения газообразными и пылевидными примесями в атмосфере. Коротковолновая часть УФ (200-280 нм) практически полностью поглощается озоновым экраном. Следующая зона (280-320 нм) – наиболее опасная часть УФ, обладающая канцерогенным действием. До поверхности Земли доходят лишь УФ-лучи с длиной волны

от 300 нм. Эта часть спектра обладает большой энергией и оказывает на живые организмы главным образом химическое действие (стимулирует процессы клеточного синтеза). Под действием этих лучей в организме синтезируется витамин D, регулирующий обмен кальция и фосфора, а отсюда – нормальный рост и развитие скелета. Особенно велико значение этого витамина для растущего молодняка. Поэтому многие норные млекопитающие выносят детенышей на солнечный свет. Сильное облучение УФ вредно для организма. Особенно неустойчивы к коротковолновой радиации активно делящиеся клетки. Как адаптация к защите от передозировки УФ у многих видов формируются пигменты, поглощающие эти лучи. Такова природа загара у человека. УФ составляет 5-10% поступающей суммарной радиации.

Видимый свет составляет 40-50 % солнечной энергии, достигающей Земли. Для животных видимая часть спектра связана прежде всего с ориентированием в окружающей среде. Зрительная ориентация дневных животных используется как источник информации о внешних условиях. Ночные птицы также ориентируются с участием органов зрения, поскольку полная темнота в сфере обитания животных встречается редко. Ослабление интенсивности света вызывает перестройки органов зрения (совы, козодои, некоторые ночные млекопитающие). Обитание в условиях полной темноты, как правило, связано с редукцией органов зрения. Это, в частности, свойственно видам, обитающим в пещерах, и многим почвенным животным. В океане интенсивность освещения падает с глубиной. Глубже всего проникает коротковолновая часть излучения (синие и голубые лучи). На глубине 800-950 м интенсивность света составляет около 1 % освещения на поверхности.

В процессе фотосинтеза свет выступает как источник энергии, которая используется пигментной системой (хлорофилл или его аналоги). В итоге происходит расщепление молекулы воды с выделением газообразного кислорода, а энергия, полученная фотохимической системой, утилизируется для преобразования диоксида углерода в углеводы. Использование лучистой энергии хлорофиллом и зрительными пигментами животных сходно. Поэтому в спектре солнечного излучения область фотосинтетически активной радиации (ФАР) совпадает с диапазоном видимой части спектра (400-700 нм). Зеленый лист поглощает около 75 % падающей на него лучистой энергии. Но коэффициент использования ее на фотосинтез невысок: около 10 % при низкой освещенности и лишь 1-2 % - при высокой. Остальная энергия переходит в тепловую, которая тратится на транспирацию и другие процессы. Минимальная температура, при которой возможен фотосинтез, видоспецифична и отражает приспособленность вида к температурным условиям среды. У многих видов она совпадает с температурой замерзания тканевых жидкостей (до -2°C), но у холодолюбивых опускается до -7°C . Температурный максимум фотосинтеза в среднем на $10-12^{\circ}\text{C}$ ниже точки тепловой смерти. Он выше у южных растений.

Оптимальной температурной зоной для фотосинтеза считаются тепловые условия, при которых фотосинтез достигает 90 % своей максимальной

величины. Эта зона зависит от освещенности: повышается при ее увеличении и снижается в условиях затенения. Поэтому при низкой освещенности фотосинтез идет активнее при низкой температуре, а при высокой (более 3000 лк) интенсивность этого процесса увеличивается с ростом температуры. Минимальное освещение, при котором поглощение углекислого газа для фотосинтеза равно выделению его при дыхании, называют точкой компенсации. У светолюбивых растений она располагается выше, чем у тенелюбивых. Положение этой точки зависит также от температуры и концентрации углекислого газа. Углекислый газ в процессе фотосинтеза выступает как ресурс для синтеза углеводов. Норма его содержания в атмосфере составляет 0,57 мг/л, повышение концентрации ведет к усилению фотосинтеза. Но при концентрации 5-10 % фотосинтез ингибируется.

Динамика условий освещения играет важную роль в регуляции периодических явлений в жизни организмов. Смена дня и ночи, сезонные изменения требуют от организмов приспособлений к условиям ритмически меняющейся среды. Адаптивный смысл этого заключается в том, что различные формы жизнедеятельности совмещаются с периодом наиболее благоприятных условий. Ритмичность свойственна всем организмам. Длительность ритмов различна: от долей секунды (активность нейрона) до нескольких часов (секреторная деятельность желез).

Выделяют следующие по продолжительности ритмы:

1) Суточные ритмы. Они свойственны большинству видов растений и животных. Существуют формы с дневной или ночной активностью.

2) Циркадные ритмы. В основе суточных ритмов жизнедеятельности лежат наследственно закрепленные эндогенные циклы физиологических процессов с периодом, близким к 24 часам.

3) Сезонные ритмы. Многие организмы характеризуется наличием сезонных процессов.

4) Цирканые (цирканнуальные) ритмы. Это биологические ритмы с окологодовой периодичностью. Они также основываются на системе свободного отсчета времени по принципу биологических часов.

Длина светового дня определяет также сезонные миграции. В отличие от передвижений миграции (закономерные направленные перемещения животных в пространстве) характеризуются рядом особенностей:

- Строгая сезонность, вызывающая необходимость механизмов контроля календарных сроков миграции.

- Перестройка физиологических систем организма в соответствии с задачами миграции (усиление энергозатрат, ориентация в пространстве). В миграцию вовлекаются только особи определенного физиологического состояния.

- Массовость (мигрируют не отдельные особи, а целые популяции или их структурные единицы).

Общие принципы адаптации

Все воздействующие на организм факторы среды подразделяются на три группы: абиотические, биотические и антропогенные. К абиотическим относят элементы неживой природы – температура, влажность, химизм среды и т.п. Биотические факторы включают все воздействия со стороны живых организмов (как активные, так и пассивные), антропогенные – формы деятельности человека, которые приводят к изменению среды обитания других видов.

По характеру воздействия и по приспособительным реакциям эти группы факторов принципиально различны. Абиотические факторы прямо или косвенно (изменяя действие других факторов) воздействуют на организм посредством изменения обмена веществ. Они могут играть сигнальную роль: не влияя непосредственно на обмен, закономерно сочетаются с другими воздействиями. Поэтому восприятие сигнальных факторов может заранее подготовить организм к изменению состояния среды. Существует два типа приспособления к внешним факторам. Первый заключается в возникновении определенной степени устойчивости к данному фактору, способности сохранять функции при изменении силы его воздействия. Это пассивный путь – адаптация по принципу толерантности. Такой тип формируется как видоспецифическое свойство и реализуется на клеточно-тканевом уровне. Второй тип приспособления – активный. В этом случае организм с помощью адаптивных механизмов компенсирует изменения таким образом, что внутренняя среда остается относительно постоянной. Такая адаптация по резистентному типу поддерживает гомеостаз внутренней среды организма. К толерантному типу приспособления, в частности, относятся пойкилоосмотические животные, к резистентному – гомойоосмотические.

Биотические факторы (пища, хищники, конкуренты, возбудители болезней) оказывают другой эффект: действуя на организмы других видов, они в то же время являются объектом воздействия с их стороны. При этом длительные устойчивые взаимосвязи происходят не между отдельными организмами, а между популяциями видов. Антропогенные факторы иногда воздействуют как биотические, но чаще они косвенно влияют на изменение среды обитания организмов.

Для организмов можно установить ряд общих закономерностей, представляющих адаптивный ответ на влияние внешних, в частности, абиотических факторов среды.

1. Правило оптимума.

Характер воздействия и реакция на фактор среды со стороны организма определяется интенсивностью воздействия этого фактора, его дозировкой. Количественное влияние условий среды определяется тем, что естественные факторы (температура, соленость, влажность, кислород и др.) в определенной дозе необходимы для нормального функционирования, тогда как недостаток или избыток этого фактора угнетает жизнедеятельность. Количественное выражение фактора, соответствующее потребностям организма и обеспечива-

ющее наиболее благоприятные условия для жизни, рассматривают как оптимальное.

Этот диапазон колебаний составляет зону оптимума (от лат. *optimum* – лучший, благороднейший). Адаптивные механизмы позволяют организму переносить определенные отклонения фактора от оптимальных значений без нарушения функций организма. Такие условия определяются как зоны нормы. Сдвиг в сторону недостатка или избытка фактора снижает эффективность адаптаций и нарушает развитие (замедление или приостановка роста, нарушение цикла размножения и линьки и т.д.). Этому состоянию соответствуют зоны пессимума (от лат. *pessimum* – причинять вред, терпеть ущерб). Наконец, за пределами этих зон действие фактора таково, что любые адаптации неэффективны. Эти крайние значения ограничивают диапазон количественных изменений фактора, за пределами которых жизнь невозможна. Виды, переносящие большие отклонения фактора от оптимума, обозначаются термином "эври-" (от греч. *euris* – широкий). Виды, малоустойчивые к изменениям фактора, обозначаются термином "стено-" (от греч. *stenos* – узкий).

Помимо величины экологической валентности виды могут отличаться и местоположением оптимума. Приспособленные к высоким дозам фактора организмы обозначаются окончанием "фил" (от греч. *phileo* – люблю): термофилы, оксифилы, гигрофилы и т. д. Виды, обитающие при низких значениях фактора, имеют окончание "фоб" (от греч. *phobos* – страх): галофобы – обитатели пресных водоемов, не переносящие осолонения, хионофобы – виды, избегающие глубокого снега и др.

2. Комплексное воздействие факторов

В природе не бывает влияния только одного фактора. Организм всегда подвержен воздействию их сложного комплекса, где каждый из факторов неодинаково выражен относительно своего оптимального значения. Сочетание всех факторов в их оптимальном выражении практически в природе невозможно. В силу этого в естественных условиях обитания не реализуется чисто физиологическое понимание правила оптимума. Экологический оптимум не представляет собой сочетания всех факторов в оптимальном выражении. Это наиболее благоприятное сочетание всех или хотя бы ведущих факторов, каждый из которых несколько отклоняется от физиологического оптимума. Пессимум ареала (пессимальные станции) определяется как территория с наименее благоприятным сочетанием факторов, хотя некоторые из них могут быть выражены в оптимальных дозах.

Совокупное действие на организм нескольких факторов среды обозначают термином «констелляция». Экологически важно то обстоятельство, что она не является простой суммой влияния факторов.

При комплексном воздействии между факторами устанавливаются такие отношения, когда влияние одного фактора изменяет характер воздействия другого.

3. Правило минимума

В природе все факторы имеют неодинаковую значимость. Еще в 1840 г. немецкий химик Юстус Либих, разрабатывая систему применения минеральных удобрений, сформулировал правило минимума: возможность существования вида в определенном регионе и степень его процветания зависят от факторов, представленных в наименьшем количестве. Лимитирующие экологические факторы определяют ареал вида. Напр., распространение на север лимитируется глубиной снежного покрова, а недостаток влаги ограничивает возможность заселения аридных зон. Как адаптация к лимитирующим факторам у животных сформировались некоторые формы поведения (солонцевание, водопойные миграции, кочевки вследствие многоснежья), возникли экологические конвергенции, когда в разных группах возникают однотипные адаптации (напр., дефицит влаги в почве сформировал группу растений-суккулентов из представителей разных таксонов).

Адаптация к лимитирующим факторам определяет перестройки морфологии и физиологии. Так, выход позвоночных животных на сушу был невозможен без адаптаций к малой плотности среды и низкой ее влажности.

Правило двух уровней адаптации

Организм обитает в сложных и изменчивых условиях среды, с которой поддерживает взаимосвязи, основанные на обменных процессах. Система устойчива в зависимости от того, насколько структура и физиологические свойства организма сохраняют свои особенности на фоне меняющихся внешних условий. В этом заключается принцип гомеостаза на уровне организма. Гомеостаз – это состояние динамического равновесия организма со средой, при котором он сохраняет свои

свойства и способность к осуществлению жизненных функций на фоне меняющихся внешних условий. Это состояние достигается в результате функционирования двух адаптивных механизмов, действующих на основе различных принципов. Если внешние условия в течение достаточно длительного времени сохраняются более или менее постоянными, то в организме функции стабилизируются на уровне, адаптированном по отношению к этому среднему состоянию среды. Смена средних условий во времени или в пространстве влечет за собой переход на другой уровень стабилизации (сезонные температурные адаптации, смена типов осморегуляции при миграциях рыб и т.п.).

По экологическому значению адаптивные механизмы можно разделить на две группы:

- 1) механизмы, обеспечивающие адаптивный характер уровня стабилизации по отношению к наиболее устойчивым параметрам среды;
- 2) лабильные реакции, поддерживающие относительное постоянство общего уровня стабилизации путем включения адаптивных реакций при отклонении условий среды от средних значений.

Закон толерантности Шелфорда.

Если в среде, являющейся совокупностью взаимодействующих факторов, есть такой фактор, значение которого меньше определенного минимума

или больше определенного максимума, то проявление активной жизнедеятельности организма в этой среде невозможно.

Минимальное и максимальное значения этого фактора выступают в роли ограничивающих (лимитирующих). Расстояние между двумя пессимумами - зона толерантности.

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

ЛЕКЦИЯ 3

ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ, СООБЩЕСТВ, ЭКОСИСТЕМ

Термин «популяция» происходит от лат. *populus* (народ) и означает население вида на определенной территории. Понятие о популяции возникло в 1903 г., когда В. Иоганзен определил популяцию как совокупность генетически неоднородных особей. Критерий популяции – способность к свободному обмену генетической информацией.

Под популяцией понимается группировка особей одного вида, населяющих определенную территорию и характеризующихся общностью морфо-биологического типа, генофонда и устойчивыми функциональными взаимодействиями. Границы популяции определяются не столько физическими факторами среды, сколько степенью тесноты связей между особями, а эти связи динамичны и зависят от многих факторов (дистанция между особями, их физиологическое состояние и др.).

Четко отграниченные популяции в природе встречаются очень редко.

Сложность представления о популяции определяется двойственностью ее положения в биологических системах. С одной стороны, популяция включается в генетико-эволюционный ряд: организм → популяция → вид → род → семейство → ... → царство.

В этом ряду популяция выступает как форма существования вида. Ее основная функция заключается в обеспечении выживания и воспроизведения вида. Одновременно с этим, популяция вступает в трофические и иные отношения с популяциями других видов. Этот подход отражает функционально-энергетический ряд: организм → популяция → биоценоз → биосфера. В этом ряду популяция выступает в качестве функциональной подсистемы биогеоценоза. Ее функция – участие в трофических цепях. Выполнение этой функции основано на адаптивности популяции, способности к поддержанию гомеостаза.

Широкое распространение в экологии получила концепция иерархии популяций в зависимости от размеров занимаемой территории, разработанная Н. П. Наумова:

Элементарная популяция – группировка особей вида, занимающих какой-то участок однородной площади. Такие популяции могут быть временными и нестабильными, но связь между особями в таких группировках очень тесная.

Экологическая популяция – совокупность элементарных популяций. Такие популяции приурочены к конкретным биогеоценозам. Они изолированы друг от друга, но слабо, и обмен генетической информацией происходит довольно часто, однако реже, чем между элементарными популяциями.

Географические популяции складываются из экологических и охватывают группу особей, заселяющих территорию с географически однородными условиями существования, но разнородную биогеоценозически. Географические популяции четко разграничены и относительно изолированы.

Пространственная структура выражается характером размещения особей и их группировок по отношению к элементам ландшафта. Она определяет наиболее эффективное использование ресурсов среды (пищевых, защитных, микроклиматических и др.), снижая уровень конкурентных отношений особей внутри популяции. Во-вторых, служит основой устойчивого поддержания необходимого уровня контактов между особями.

Различают следующие типы пространственного распределения особей в популяциях: равномерный (регулярный), диффузный (случайный) и агрегированный (мозаичный).

Равномерный тип распределения характеризуется равным удалением каждой особи от соседних. Расстояние между особями соответствует порогу, за которым начинается взаимное угнетение. Близкий к этому характер распределения свойствен, напр., одновидовым зарослям растений и ряду сидячих беспозвоночных.

Диффузный тип распределения особей встречается в природе чаще. Он широко представлен среди растений и многих таксонов животных. При нем особи распределены в пространстве неравномерно, случайно.

Мозаичный тип распределения выражается в образовании группировок особей, между которыми остаются незаселенные территории. Это связано либо с неоднородностью среды, либо с социальной структурой. Последнее характерно для высших животных (позвоночные, насекомые) и растений.

Для животных ведущее значение в определении характера пространственной структуры популяции имеет степень привязанности к территории. Это выражается либо оседлым, либо номадным (кочевым) образом жизни.

Оседлые животные. Для них принцип пространственной организации популяций заключается в формировании системы индивидуальных участков обитания, используемых в течение длительного времени. Это ведет к рациональному использованию ресурсов ареала на уровне популяции. На каждом участке обитания обеспечены все условия для жизни. В результате уровень конкуренции за корм, убежища и др. ресурсы сведен к минимуму.

Номадные животные. Групповой образ жизни развит у кочующих животных, подвижный образ жизни которых снижает нагрузку на кормовые ресурсы. В группе животные легче обеспечивают себя кормом и затрачивают меньше энергии на добывание пищи. У животных, ведущих групповой образ жизни, образуются колонии, стаи и стада.

Интеграция особей в популяции. В основе механизмов интеграции лежат два процесса: информация о местонахождении отдельных особей и стереотип поведения, который стимулирует животное к поиску контактов с себе подобными.

Характер взаимоотношений особей можно определить как систему типа до-минирование – подчинение. Оно основывается на неравнозначности особей, входящих в состав группировки. Такая система называется иерархической. В составе группы выделяются доминанты, субдоминанты и подчиненные особи. Отношения доминирования – подчинения чаще всего наблю-

даются среди самцов. Основное биологическое значение таких взаимоотношений заключается в том, что повышается организованность и управляемость группы.

В целом, система взаимоотношений может быть следующая:

1. Система неперекрывающихся участков обитания – четко выраженная охрана и маркировка территории, однородность особей, отсутствие доминантно-подчиненных отношений между ними (коралловые рыбы, куньи, неколонизальные птицы в период гнездования и др.);

2. Группа перекрывающихся участков обитания – разделение территории на охраняемую и зону контактов, отношения доминирования-подчинения, иерархия (ящерицы, мелкие грызуны и др.);

3. Общая групповая территория – жесткая иерархия с деспотическим доминированием (домовая мышь в постройках).

Популяции большинства видов состоят из особей женского и мужского пола. Соотношения особей разного пола в разных популяциях различны, и это зависит от биологических особенностей вида и условий жизни; оно определяет дальнейший рост численности популяции.

Возрастная структура – совокупность возрастных групп (молодого, среднего, старого поколения). Требования особи к среде и устойчивость к отдельным ее факторам с возрастом существенно изменяются. На различных стадиях развития могут происходить смена среды обитания, изменение типа питания, характера передвижения и общей активности организма. Возрастная структура имеет приспособительный характер. Она формируется на основе биологических свойств вида, но всегда отражает также силу воздействия факторов окружающей среды. Экологическая неоднородность популяции, усиленная возрастными различиями, расширяет возможности к сопротивлению изменениям среды, повышает вероятность того, что при сильных отклонениях условий жизни от нормы в популяции сохранится хотя бы часть жизнеспособных особей, и она сможет продолжить свое существование.

Этологическая структура – система взаимоотношений между членами одной популяции. Она заключается в образовании внутривидовых территориальных группировок и в формировании определенных стереотипных отношений между особями, которые зависят от видовых особенностей, от состава, численности и плотности популяции. Поведенческая организация регламентирует использование пространства и пищевых запасов территории, обеспечивает наиболее рациональный в данных условиях энергетический запас.

Поведение животных по отношению к другим особям зависит от того, одиночный или групповой образ жизни свойственен виду.

Групповой образ жизни определяется условиями связи между половыми партнерами и возникновением контактов между родительским и дочерним поколением. В связи с этим можно выделить несколько видов взаимоотношений.

- Семья (сильны связи между родителями и потомками).
- Колония (групповое поселение оседлых животных). Могут существовать длительное время или возникать только на период размножения.
- Стая (временное объединение животных, которое проявляет биологически полезную организованность действий (защита от врагов, добывание пищи, миграция)). В таких объединениях сильно развиты подражательные реакции и ориентация на соседей.
- Стадо (более длительное и постоянное объединение животных по сравнению со стаями). В стадных группах, как правило, осуществляется все основные формы жизни вида: добывание корма, защита от врагов, размножение, воспитание молодняка.

Устойчивость популяции зависит от того, насколько структура и внутренние свойства популяции сохраняют свои приспособительные черты на фоне изменчивых условий существования. В этом заключается принцип гомеостаза – поддержание равновесия популяции со средой. Гомеостаз свойствен популяциям всех групп живых организмов. Взаимодействие популяции со средой опосредуется через физиологические реакции отдельных особей. Формирование адаптивной реакции на уровне популяции определяется разнокачественностью особей. Видовые особенности биологии, размножения, отношения к факторам среды, питания формируют общий характер использования территории и тип социальных отношений. Это определяет видовой тип пространственной структуры популяций. Его критериями являются характер местообитаний, степень привязанности к территории, наличие группировок особей и степень их дисперсности в пространстве.

Поддержание пространственной структуры популяции может быть выражено территориальной агрессией (агрессивное поведение, направленное на особей своего вида), маркированием территории. Генетическая структура определяется прежде всего богатством генофонда. Сюда входит и степень индивидуальной изменчивости (идет преобразование генофонда популяции под влиянием отбора). При изменении условий среды более адаптированными оказываются особи, отклоняющиеся от среднего значения. Именно эти особи обеспечивают выживание популяции.

Существует различные типы регуляции численности.

1) Химическая регуляция представлена у низших таксонов животных, не обладающих иными формами коммуникации, а также у водных животных.

2) Регуляция через поведение свойственна высшим животным. У некоторых животных рост плотности приводит к каннибализму.

3) Регуляция через структуру. Вследствие разнокачественности часть особей испытывает стресс. С ростом плотности уровень стресса в популяции увеличивается. Состояние стресса гормонально ингибирует функции размножения.

4) Выселение особей из состава размножающихся группировок. В этом заключается первая реакция популяции на возрастание плотности; при этом

расширяется ареал и оптимальная плотность поддерживается без снижения численности.

Численность популяции и ее плотность меняется во времени. Емкость среды (т.е. качественные и количественные ее характеристики, позволяющие проживать на данной территории определенному количеству особей) колеблется в сезонном и многолетнем масштабах, что определяет динамику плотности даже при постоянном уровне воспроизводства. В популяциях постоянно происходят приток особей извне и выселение части их за пределы популяции.

Численность популяций не остается постоянной, обнаруживаются закономерные подъемы и спады численности, имеющие циклический характер.

1. Стабильный тип характеризуется малой амплитудой и длительным периодом колебаний численности. Внешне она воспринимается как стабильная. Такой тип свойствен крупным животным с большой продолжительностью жизни, поздним наступлением половозрелости и низкой плодовитостью. Это соответствует низкой норме смертности. Напр., копытные (период колебания численности 10-20 лет), китообразные, гоминиды, крупные орлы, некоторые рептилии.

2. Лабильный (флуктуирующий) тип отличается закономерными колебаниями численности с периодом порядка 5-11 лет и значительной амплитудой (в десятки, иногда сотни раз). Характерны сезонные изменения обилия, связанные с периодичностью размножения. Этот тип свойствен животным с продолжительностью жизни 10-15 лет, более ранним половым созреванием и высокой плодовитостью. Сюда относятся крупные грызуны, зайцеобразные, некоторые хищные, птицы, рыбы и насекомые с длинным циклом развития.

3. Эфемерный (взрывной) тип динамики отличается неустойчивой численностью с глубокими депрессиями, сменяющимися вспышками массового размножения, при которых численность возрастает в сотни раз. Ее перепады осуществляются очень быстро. Общая длина цикла обычно составляет до 4-5 лет, из них пик численности занимает чаще всего 1 год. Этот тип динамики характерен для короткоживущих (не более 3 лет) видов с несовершенными механизмами адаптации и высокой гибелью (мелкие грызуны и многие виды насекомых).

Экологические стратегии. Разные типы динамики отражают разные жизненные стратегии. Это положено в основу концепции экологических стратегий. Суть ее сводится к тому, что выживание и воспроизводство вида возможно либо путем совершенствования адаптаций, либо путем усиления размножения, что компенсирует гибель особей и в критических ситуациях позволяет быстро восстановить численность. Первый путь называется К-стратегией. Он свойствен крупным формам с большой продолжительностью жизни. Их численность лимитируется главным образом внешними факторами. К-стратегия означает отбор на качество – повышение адаптивности и устойчивости, а r-стратегия – отбор на количество через компенсацию больших потерь высоким репродуктивным потенциалом (поддержание

устойчивости популяции через быструю смену особей). Этот тип стратегии свойствен мелким животным с большой смертностью и высокой плодовитостью.

Факторы динамики численности. 1) К не зависящим от плотности популяции относятся комплекс абиотических факторов, которые в основном воздействуют через климат и погоду. 2) Факторы, зависящие от плотности популяции, включают влияние на уровень и динамику численности пищи, хищников, возбудителей болезней и т.д.

Популяционные циклы. Динамика рождаемости и смертности проявляется через механизмы авторегуляции, т. е. популяция принимает участие в образовании ответа на воздействие факторов в виде типов динамики численности. Система авто-регуляции работает по принципу кибернетики: информация о плотности ↔ механизмы ее регуляции. Поддержание оптимальной плотности путем регулирования уровня размножения и смертности находится в тесной зависимости от структуры популяции.

Популяции, заселяющие общие места обитания, неизбежно вступают в определенные взаимоотношения в области питания, использования пространства, влияния на особенности микро- и мезоклимата и т. д. Длительное совместное существование лежит в основе формирования межвидовых сообществ – биоценозов (от греч. *bios* – жизнь и *koinos* – общий), в которых подбор видов не случаен, а определяется возможностью непрерывного поддержания круговорота веществ. Биоценоз представляет собой форму организации живого населения, многовидовую экосистему.

Биоценоз

Основные типы взаимоотношений видов в биоценозах – это пищевые (питание одних видов другими, конкуренция за пищу), пространственные (распределение в пространстве, конкуренция за место поселения или убежища) и средообразующие (формирование структуры биотопа, микроклимата).

Каждый биоценоз характеризуется определенным видовым составом. Одни виды в нем могут быть представлены многочисленной популяцией, а другие малочисленными. Так, в лесу, состоящем из десятков видов растений, только один или два из них дают до 90 % древесины. Эти виды называются доминирующими, или доминантными. Они занимают ведущее положение в биоценозе. Обычно наземные биоценозы называют по доминирующим видам: лиственный лес, сфагновое болото, ковыльно-типчаковая степь.

Виды, живущие за счет доминантов, получили название преобладающих. Напр., в дубраве к ним относятся кормящиеся на дубе насекомые, сойки, мышевидные грызуны.

Виды, создающие условия для жизни других видов данного биоценоза, называются эдификаторы. Напр., в тайге ель определяет характер формирования растительного и животного сообществ, т. е. с ней связано существование биоценоза.

Все виды в биоценозе связаны с доминирующими видами и эдификаторами. Внутри биоценоза формируются группировки (комплексы популяций), зависящие либо от растений-эдификаторов, либо от других элементов биоценоза.

Видовая структура биоценоза характеризуется не только числом видов в его составе (видовым разнообразием), но и соотношением их численностей.

Трофическая структура биоценозов

Основная функция биоценозов – поддержание круговорота веществ в биосфере – базируется на пищевых взаимоотношениях видов. Поэтому каждый биоценоз включает представителей трех экологических групп – продуцентов, консументов и редуцентов. Функционально все виды распределяются на несколько групп в зависимости от их места в общей системе круговорота веществ и потока энергии. Равнозначные в этом смысле виды образуют трофический уровень, а взаимоотношения между видами разных уровней – систему цепей питания. Совокупность трофических цепей в их конкретном выражении формирует целостную трофическую структуру биоценоза.

Организмы могут как сами производят себе питание, так и пользоваться уже готовой продукцией. В зависимости от этого выделяют:

Автотрофные организмы (зеленые растения и часть прокариот) запасают энергию, синтезируя органические соединения из неорганических в процессе фото- или хемосинтеза.

Гетеротрофные организмы (животные, грибы, часть прокариот) не могут создавать органические соединения непосредственно из неорганических. В качестве источника энергии они используют готовые органические вещества, созданные в процессе жизнедеятельности автотрофов.

Миксотрофы – это микроорганизмы, которые способны использовать различные источники углерода и энергии. Миксотрофы могут быть одновременно фототрофами и хемотрофами, литотрофами и органотрофами. К миксотрофами являются представители как прокариот и эукариот.

Группа видов-продуцентов образует уровень первичной продукции, на котором утилизируется внешняя энергия и создается масса органического вещества. Первичные продуценты – основа трофической структуры и всего существования биоценоза. Этот уровень составляют растения и фотоавтотрофные прокариоты, бактерии-хемосинтетики. Биомасса вещества, синтезированного автотрофами, составляет первичную продукцию, а скорость ее формирования – биологическую продуктивность экосистемы. Продуктивность выражается количеством биомассы, синтезируемой за единицу времени.

Накопленная в виде биомассы организмов-автотрофов чистая первичная продукция служит источником питания для представителей следующих трофических уровней. Ее потребители (консументы) образуют несколько (не более 3-4) трофических уровней.

Консументы I-го порядка. Этот трофический уровень составлен потребителями первичной продукции. В самых типичных случаях, когда она создается фотоавтотрофами, - это растительноядные животные (фитофаги).

Консументы II-го порядка. Этот уровень объединяет животных с плотоядным типом питания (зоофаги). Сюда относятся хищники, питающиеся растительноядными животными и представляющие 2-й этап трансформации органического вещества в цепях питания.

Консументы III-го порядка. Выделение этого уровня условно. Обычно сюда тоже относят животных с плотоядным типом питания, часто имея в виду паразитов животных и гиперпаразитов, хозяева которых сами ведут паразитический образ жизни. Сюда относятся все животные, поедающие плотоядных животных, тогда как паразиты растений рассматриваются как консументы II-го порядка. Паразитизм – сложная и многообразная форма взаимоотношений. В самом общем виде паразитизм отличается от хищничества тем, что паразит не убивает свою жертву, а длительно ею питается. Гибель хозяина происходит лишь при массовом заражении и невыгодна для паразита.

Редуценты – это организмы-гетеротрофы, использующие в качестве пищи мертвое органическое вещество (трупы, фекалии, растительный опад) и разлагающие его в процессе метаболизма до неорганических составляющих. К ним относятся многие бактерии и грибы. По характеру метаболизма они восстановители. Конечные продукты разложения органических веществ – вода, углекислый газ, аммиак, минеральные соли. Деятельность редуцентов приводит к тому, что годичный опад органических веществ полностью разлагается в тропических лесах в течение 1-2 лет, в лиственных лесах умеренной зоны – за 2-4 года, в хвойных лесах – за 4-5 лет.

Экологическая пирамида. Переход биомассы из одного трофического уровня на другой связан с потерями вещества и энергии. В среднем считается, что лишь около 10% биомассы и связанной с ней энергии переходит с уровня на уровень. В силу этого суммарная биомасса, продукция и энергия уменьшаются по мере повышения трофического уровня. Эта закономерность отмечена Ч. Элтоном в виде правила экологических пирамид и выступает как главный ограничитель длины пищевых цепей.

Трофические цепи и сети питания. Прямые пищевые связи типа «растение – фитофаг – хищник – паразит» объединяют виды в цепи питания, или трофические цепи, звенья которых связаны между собой адаптациями, обеспечивающими устойчивое существование каждой популяции.

ЛЕКЦИЯ 4

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА БИОЦЕНОЗОВ

Определение биоценоза предусматривает пространственный объем этого уровня биосистем. Так, нельзя говорить о «биоценозе пня» или «биоценозе норы суслика», поскольку комплекс организмов такого уровня не обеспечивает возможность полного цикла круговорота. Границей биоценоза является биотоп – подразделение ландшафтной зоны, имеющее единый тип растительного покрова (фитоценоза). В.Н. Сукачев (1942) определил биогеоценоз как экосистему в границах фитоценоза. Представление о биоценозе (экосистеме) обычно связывается именно с таким пространственным масштабом.

Популяции в биоценозе располагаются не только по площади, но и по вертикали. Вследствие этого экосистема всегда занимает трехмерное пространство. В водных экосистемах ее прежде всего определяют освещенность, температура, концентрация биогенов и т. п.

Горизонтальная структура биоценозов выражена их мозаичностью и реализуется в виде неравномерного распределения популяций по площади. Это определяется особенностями биотопов (разница почвенно-грунтовых условий, рельефа, микроклимата) и взаимоотношениями видов.

В биоценозе популяции вступают в отношения, не имеющие прямого отношения к трофическим связям. Таковы, напр., топические связи. Сюда относится борьба за место для поселения, конкуренция за убежища. Как и в случае пищевой конкуренции, топическая конкуренция приводит либо к вытеснению видов из сообщества, либо к формированию отношений, снижающих силу конкуренции. Происходит расширение круга пригодных для заселения биотопов (эвритопность), что облегчает пространственное размещение, или высокая специализация (стенотопность), что уменьшает число конкурентов.

Напр., пищухи строят гнезда в узких щелях на стволах деревьев и поэтому не имеют практически конкурентов для гнездовых. С другой стороны, возникает система связей, создающих разнообразие биоценозов (средообразующая роль отдельных видов). Лесная опушка, напр., снижает силу ветра, что сказывается на температуре воздуха и влажности в глубине леса. Кроны деревьев, перехватывая солнечные лучи, также влияют на температурный режим, освещенность и влажность. Здесь поселяется большое количество организмов из разных таксонов. Заросли тростников и другой водной растительности, снижая скорость течения и силу ветра, создают условия для поселения животных, существование которых в открытых водоемах затруднено.

Строя гнезда, норы и другие сооружения, животные создают убежища с благоприятным микроклиматом, которые используют и другие виды. Некоторые птицы используют дупла, выдолбленные дятлами. Строительная деятельность животных может иметь широкий биоценотический эффект. Так, колонии песчанок и других грызунов через изменение почвенных условий

определяют динамику состава и структуры фитоценозов. В водоемах такую же роль играют бобровые запруды. Таких организмов называют видами-эдификаторами.

Строительная деятельность животных определяется особыми отношениями, которые являются фабрическими связями. Они выражаются в использовании для создания сооружений частей тела других организмов, их выделений, а иногда и целых особей. Широко используются растительные материалы: стебли трав, мох, лишайники, ветви деревьев и т.д., а также шерсть и перья.

Форические связи выражаются в расселении одного вида другим. Такие связи формируются, напр., между крупными водными позвоночными и обрастателями (полипы, моллюски, водоросли и др.). Летящие насекомые могут переносить на себе гамазовых клещей. В эстуариях рек ряд организмов связан с плавающими мангровыми листьями (крабы, креветки и др.). Прикрепление к дрейфующим листьям, особенно во время прилива, снижает риск гибели от хищников и снижает затраты энергии на переселение.

Экологические ниши

Положение вида в составе экосистемы определяется набором требований к абиотическим условиям, а также комплексом связей с опуляциями других видов. Длительное существование в составе единого сообщества привело к становлению такой системы взаимоотношений, при которой каждый вид занимает определенное положение в составе биоценоза. Это его положение рассматривается как экологическая ниша вида.

Представление об экологической нише было впервые высказано Дж. Гриннелом, который определял ее с позиций занимаемого популяцией пространства. Но больше известна концепция Ч. Элтона, который под экологической нишей понимал тип питания вида, т. е. место в трофических цепях. Дж. Хатчинсон первым сформулировал понятие ниши как представление о всей сумме связей вида с абиотическими условиями среды и другими видами живых организмов. Его концепция представляет экологическую нишу как многомерное пространство, по осям которого отложены пределы требований вида к отдельным экологическим факторам.

Понятие об экологической нише часто рассматривается с позиций выявления конкурентных отношений, а иногда даже как мера конкурентности. Юджин Одум подчеркивает значение экологической ниши в определении участия вида в функционировании экосистемы. Он вкладывает в понятие ниши физическое пространство, занимаемое популяцией, место вида в системе градиентов внешних факторов и его функциональная роль в экосистеме. По Одуму, экологическая ниша организма зависит не только от того, где он живет, но и от того, что он делает (как преобразует энергию, каково его поведение, как он реагирует на физическую и биологическую среду) и как он ограничен другими видами.

Формы межвидовых связей

Межвидовые отношения в биоценозах реализуются через сложные формы взаимодействия популяций разных видов. В их основе лежат трофические связи, обеспечивающие биологический круговорот. Однако существуют и межвидовые отношения других типов.

Антибиоз – выражение конкурентных отношений, при котором один вид полностью препятствует возможности поселения особей других видов в пределах зоны влияния. Он поддерживается главным образом химическим воздействием на конкурентов и свойствен некоторым грибам и прокариотам. Так, в период массового размножения цианобактерии выделяют вещества, подавляющие другие организмы. Это приводит к тому, что в некоторых водоемах фототрофный планктон представлен исключительно этими организмами.

Нейтрализм – тип отношений между видами, при котором они не имеют прямых взаимоотношений и не оказывают друг на друга заметного биологического воздействия. Он характерен прежде всего для растений. У животных встречается в отношениях между видами, не принадлежащими к смежным трофическим уровням.

Симбиоз – такая система отношений, при которой формируются тесные функциональные взаимодействия, выгодные для обоих видов (мутуализм) или только для одного из них (комменсализм). При мутуализме взаимная зависимость может быть столь сильной, что виды не могут нормально существовать изолированно. Напр., связи животных-фитофагов с кишечными бактериями. Симбиотические связи широко распространены в природе. Комменсализм – взаимосвязи, выгодные для одного из видов и нейтральные для другого – являются переходной формой от нейтрализма к мутуализму. Напр., рыбы-прилипалы, присасываясь к акулам, не только вступают с ними в форические связи, но и питаются остатками ее пищи. Комменсализм часто связан с проживанием в общем убежищах (синойкия). Напр., в норах большой песчанки зарегистрировано 212 видов-сообитателей, использующих благоприятный микроклимат и питающихся остатками пищи: млекопитающие, птицы, рептилии, амфибии, насекомые, моллюски, клещи, черви и др.

Взаимоотношения растений и животных. Трофические связи могут определять вторичные взаимодействия. Так, животные, питаясь семенами, способствуют распространению растений. Остатки пищи на местах питания фитофагов ускоряют биологический круговорот биомассы. Паразитирование часто связано с переносом болезнетворных организмов. Функция переноса семян фитофагами довольно сложна, поскольку в пищеварительном тракте семена измельчаются. В связи с этим наибольшую роль в расселении играют виды животных, не специализированные на питании семенами. Растения в процессе эволюции реагировали на поедание семян формированием более плотных оболочек, препятствующих перевариванию. В ряде случаев у семян, прошедших через кишечник, повышается всхожесть.

Опыление цветковых растений животными имеет в своей основе трофические связи (питание пыльцой). Эффективное перекрестное опыление обеспечивает генетическую гетерогенность популяций. Функции опыления свойственны многим насекомым.

Формы взаимосвязи растений и животных образовались и на основе прямых трофических связей. Количество потребляемой фитомассы определяется приспособлениями растений к ограничению их выедания животными (образование твердой коры, шипов, колючек и др.). Эти образования снижают вероятность поедания, но не обеспечивают полной недоступности, поскольку у фитофагов вырабатываются приспособления противоположного характера.

Большое значение имеют химические формы связей. Некоторые растения накапливают ядовитые, раздражающие или дурнопахнущие вещества. Так, цветочные почки и сережки осинообразного тополя содержат кониферил бензоат, который сдерживает потребление их рябчиком. В коре того же вида содержатся вторичные метаболиты (салицин и др.), защищающие от поедания. Продукция вторичных метаболитов усиливается в ответ на повреждение растений животными. Напр., повреждение листьев у березы вызывает повышение концентрации фенольных соединений (защитная реакция на повреждение листьев насекомыми).

Удобрение почвы экскрементами животных способствует развитию растительности и повышению продуктивности фитоценоза. Роль животных в формировании растительных сообществ наиболее заметна в аридных экосистемах. Так, в прериях роющая деятельность гоферов способствует улучшению роста многолетних трав, проростки которых быстрее растут на выбросах этих животных. С другой стороны, роющая деятельность вызывает смену растительности: на нарушенных участках снижается обилие злаков. Стадные копытные способствуют «подстриганию» травы, разбивают копытами растительность, втаптывают семена в почву и удобряют ее. Это отражается на устойчивой репродукции растительных сообществ. Усиление нагрузки ведет к уплотнению почвы, что увеличивает ее капиллярность.

В результате восходящие потоки влаги с повышенным содержанием солей испаряются с поверхности почвы. Происходит засоление почв, что приводит к смене злаков полынями, солянками и др. Уменьшение нагрузки вызывает разрастание и смыкание дерновин, что ведет к вытеснению других видов растений, а накопление мертвых остатков затрудняет прорастание самих злаков.

Таким образом, на базе прямых пищевых связей между продуцентами и консументами I-го порядка возникают сложные формы взаимодействия, которые являются основой целостности и устойчивости биологических систем. Эти взаимодействия реализуются только на популяционном уровне.

Взаимоотношения хищник-жертва. В их основе лежат прямые трофические связи. Эволюция приводит к выработке противоположно направлен-

ных адаптаций: у жертв они способствуют снижению пресса хищников, а у последних – повышению результативности охоты.

Взаимоотношения паразит-хозяин. Паразитизм как взаимодействие представителей двух уровней консументов может рассматриваться только по отношению к животным. Паразиты растений являются потребителями первичной продукции и в этом отношении подобны фитофагам, хотя и отличаются от них тесной связью с организмом хозяина. Паразитизм – это форма биотических взаимодействий, при которых один из видов получает преимущества за счет другого, которому он наносит вред. Паразиты питаются соками тела, тканями или переваренной пищей своих хозяев (многократное использование в отличие от хищника).

Конкуренция. Эта форма взаимоотношений возникает в тех случаях, когда два вида используют одни и те же ресурсы (пища, пространство, убежища и т.д.). Устойчивое существование биоценозов всегда связано с выработкой адаптаций, смягчающих конкуренцию.

Различают две формы конкурентных отношений: прямая конкуренция (интерференция) и косвенная (эксплуатация). При прямой между видами складываются антагонистические отношения (драки, перекрытие доступа к ресурсу, химическое подавление конкурента и т.п.). Косвенная конкуренция выражается в том, что один из видов монополизировал ресурс или местообитание, ухудшая при этом условия существования другого, обладающего сходными требованиями к среде и ресурсам.

Мутуализм. Это такие отношения, при которых оба взаимосвязанных вида получают определенные преимущества. Напр., актинии и обитающие в венчике их щупалец рыбки, а также раки-отшельники вступают в форические и трофические связи. Более тесные связи возникают при эндосимбиозе – сожительстве, при котором один из видов поселяется внутри тела другого (напр., бактерии и жвачные животные). Многие животные содержат в своих тканях фотосинтезирующие организмы (обычно водоросли).

Динамика экосистем. Виды в составе биоценозов могут викарнировать, т.е. замещаться сходными по биологии другими видами. В зависимости от динамики численности и биологической активности популяций меняется направленность и интенсивность потоков веществ и энергии.

Развитие биоценозов, при котором имеет место замещение во времени одного сообщества другим, называется экологической сукцессией. Разработка проблемы сукцессий началась в ботанике. Сейчас также ее основные положения базируются на изучении фитоценозов. Это связано с тем, что смены сообществ основываются на функциях автотрофов. На базе фитоценоза развиваются гетеротрофы и лишь вторично влияют на его состав и свойства.

Впервые динамику сообществ описал Е. Варминг (E. Warming, 1896). Но основные идеи внесли Коулес (H. Coules, 1899) и Клементс (F. Clements, 1904, 1916). Клементс показал, что изменения во времени – естественное свойство сообществ. Основой смены фитоценозов он считал изменение отдельных климатических факторов или их комплекса, а реакция экосистем в

виде смены последовательного ряда сообществ представляет адаптивный ответ на экосистемном уровне. Сукцессия завершается формированием сообщества, наиболее адаптированного по отношению к климатическим условиям. Такое сообщество Клементс назвал «климакс-формация», или просто климакс. Клементс считал, что все серии сукцессионных смен сообществ могут быть только прогрессивными. Сейчас также признано, что в определенных условиях сукцессия может быть регрессивной, направленной на обеднение и упрощение сообществ. Это часто возникает в результате антропогенных воздействий на биоценоз (дигрессия). Однако смены сообществ могут происходить и под влиянием других факторов (рельеф, почвы, гидрологический режим и т.п.).

В соответствии с этим сукцессии различают экзоэкогенетические (или аллогенные) и эндоэкогенетические (автогенные). В 1-м случае речь идет о сукцессионных сменах, вызванных внешними, абиотическими причинами. Примеры таких сукцессий можно найти в различных воздействиях на биоценозы со стороны человека: осушение болот, загрязнение водоемов, неумеренный выпас скота и т.п. Эндоэкогенетические сукцессии вызываются в первую очередь изменением структуры и системы связей в существующих сообществах.

ЛЕКЦИЯ 5

ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ О БИОСФЕРЕ

Биосфера – оболочка земного шара, в которой распространены живые существа. Термин был введен в 1875 году австрийским геологом Эдуардом Зюссом. Обсуждая особенности Земли как планеты, он писал: «Одно кажется чужеродным на этом большом, состоящем из сфер небесном теле, а именно - органическая жизнь... На поверхности материков можно выделить самостоятельную биосферу». Таким образом, Зюсс рассматривал биосферу как пространство, заполненное жизнью. Термин вошел в обиход, не имея четкого определения. Еще раньше Жан-Батист Ламарк (1802), не употребляя термин «биосфера», отметил роль жизни в формировании земной коры как в настоящее время, так и в прошлые этапы истории планеты.

Развернутое учение о биосфере создано и разработано академиком В.И. Вернадским, опубликовавшим в 1926 г. свой классический труд «Биосфера».

Положения учения В.И.Вернадского о биосфере сочетают подходы его предшественников. С одной стороны, он рассматривает биосферу как оболочку Земли, в которой существует жизнь. В этом плане Вернадский различает газовую (атмосфера), водную (гидросфера) и каменную (литосфера) оболочки земного шара как составляющие биосферы. С другой стороны, он подчеркивал, что биосфера – не просто пространство, в котором обитают живые организмы; ее состав определяется деятельностью живых организмов. Она представляет собой результат их совокупной химической активности в настоящем и прошлом. Всю совокупность живых организмов Вернадский обозначил термином «живое вещество», противопоставляя его косному веществу, к которому относил все геологические образования, не входящие в состав живых организмов и не созданные ими. Третья категория вещества в биосфере, по Вернадскому, - это биокосное вещество. Сюда он причислял комплекс взаимодействующих живого и косного веществ (океанические воды, нефть, почва и т.п.). Наконец, существует биогенное вещество – геологические породы, созданные деятельностью живого вещества (мел, известняки, каменный уголь). Вернадский считал, что земная кора представляет собой остатки былых биосфер.

Таким образом, биосфера, по Вернадскому, представляет собой одну из геологических оболочек земного шара, глобальную систему Земли, в которой геохимические и энергетические превращения определяются суммарной активностью всех живых организмов – живого вещества. Человечество входит в эту систему как ее составная часть.

Гидросфера. Она включает все типы водоемов. В наиболее общем виде принято деление гидросферы на Мировой океан, континентальные и подземные воды. Океан занимает около 71 % поверхности Земли, внутренние водоемы – 5 %. В океане содержится около 94 % запасов воды на Земле, в озерах и реках - менее 0,02 %, в ледниках – 1,65 % и в подземных водах – 4,12 %.

В гидросфере сложились комплексы организмов, парящих в воде. Это определило распространение жизни в гидросфере по всей ее толщине, даже в самых глубоководных впадинах (свыше 11 км). Здесь, в условиях полной темноты, колоссального давления (100 и более атмосфер), обнаружены сообщества, включающие бактерий, одноклеточных и многоклеточных бактерий.

Каждый водоем имеет определенное структурное деление, свои экологические зоны. В соответствии с этим делением водоемов на бенталь (область дна) и пелагиаль (толща воды) все водные организмы подразделяются на бентос (донные) и пелагос (в толще воды). Эти сообщества содержат пассивно парящие в толще воды формы (планктон) и активно плавающих животных (нектон). Особую группу составляют организмы, обитающие на границе водной и воздушной сред (нейстон). Еще одна группа (плейстон) характеризуется тем, что часть их тела находится в воде, а часть – в воздухе (напр., рыбка). Бентические организмы материковой отмели формируют сообщества литорали, которая подразделяется на супралитораль (зона брызг во время прилива), собственно литораль (зона приливов и отливов) и сублитораль (материковая отмель до глубины около 200 м). Литоральная зона хорошо выражена также в озерах. Ниже литорали лежит профундаль – зона дна ниже глубины проникновения света, достаточного для фотосинтеза. Крутой материковый склон океана заселен представителями батимальной (до 6000 м), абиссальной и ультраабиссальной фауны. Там растения отсутствуют. В океане и крупных озерах зона деятельности фотосинтезирующих растений определяется глубиной проникновения солнечного света. Эту зону называют эуфотической, ее глубина доходит примерно до 200 м. Вся масса живых организмов, обитающих в более глубоких слоях, использует органические вещества, синтезированные в этой зоне. Это могут быть живые организмы и их останки, экскременты, слизь и т.п.

Атмосфера. Современная атмосфера по химическому составу относится к азотно-кислородному составу (78,1 % азота и 21 % кислорода) и этим качественно отличается от газовых оболочек всех небесных тел. Она имеет ничтожное содержание инертных газов (за исключением аргона). Состав атмосферы сильно отличается от вулканических газов, за счет которых она возникла. Это свидетельствует о том, что в течение геологической жизни Земли происходили процессы, изменившие состав ее газовой оболочки. Озоновый слой, защищающий живые организмы от опасного излучения, располагается на высоте 10-100 км (максимальная концентрация – 20 км). Он поглощает ультрафиолетовое излучение в его коротковолновой части.

Воздух как среда жизни обладает определенными особенностями. Достаточное содержание кислорода (21 %) определяет высокий уровень энергетического метаболизма. С другой стороны, в этой среде отмечается низкая и изменчивая влажность. Это лимитировало возможности освоения воздушной среды, а у ее обитателей определило эволюцию свойств водно-солевого обмена и органов дыхания. Низкая плотность атмосферы определяет связь ор-

организмов с субстратом, поэтому жизнь сосредоточена вблизи поверхности Земли, проникая в толщу атмосферы на высоту 50-70 м (кроны деревьев в тропиках). Высокогорье лимитирует процессы, связанные с давлением: в Гималаях растительность достигает 6200 м – выше растения-фотосинтетики не растут.

Животные отмечены и выше. Временное пребывание живых организмов в атмосфере доходит до 10-11 км. Птицы обычны на высотах до 1-3 км, однако есть единичные сведения о значительно большей высоте: белоголовый сип столкнулся с самолетом на высоте 12,5 км. Летающие насекомые встречаются примерно до тех же высот, а заносимые воздушными течениями бактерии, споры, простейшие – до 10-15 км. В литературе описано нахождение бактерий на высоте 77 км в жизнеспособном состоянии. В целом, верхней границей распространения жизни в атмосфере следует считать высоту 8-10 км.

Литосфера. Это верхняя часть земной коры, ее «каменная оболочка». Обычно имеют в виду ее верхнюю часть, измельченную в процессе выветривания и содержащую помимо минерального также и органическое вещество. Эта часть литосферы представляет собой сложное биокосное тело, обладающее особыми свойствами и функциями – почву. Поэтому в экологии употребляется понятие «эдафосфера» (почвенная оболочка Земли) вместо «литосфера».

Механический состав и структура почв – ведущий фактор формирования их свойств: аэрации, влажности, теплоемкости, условий передвижения и т.п. Некоторые растения и животные избирательно заселяют определенные типы почв (напр., псаммофилы предпочитают песчаные почвы, а петрофилы – каменистые). Минеральные частицы занимают 40-70 % общего объема почвы. Оставшееся пространство занято воздухом и водой.

Части биосферы (гидросфера, атмосфера и литосфера) тесно связаны друг с другом, составляя вместе единую функциональную систему. Функциональная взаимосвязь атмосферы и гидросферы – это прежде всего круговорот воды: пополнение гидросферы за счет атмосферных осадков и возврат воды в атмосферу путем испарения с поверхности. Во-вторых, это энергетические связи (прямые – через тепловое излучение и опосредованные – через процессы фотосинтеза). Наконец, химические связи (растворение в воде кислорода и углекислого газа). Последний процесс поддерживает динамическое равновесие в водной среде.

Масса живого вещества в биосфере составляет примерно 2400 млрд т, что соответствует всего лишь 1/2100 массы атмосферы Земли. Общая толщина биосферы – 1/320 радиуса Земли – характеризует ее как тонкую пленку на поверхности планеты. Но именно она играет основную роль в процессах круговорота вещества и энергии.

Место человека в биосфере

Прогресс науки и техники всего за одно столетие привел к тому, что по масштабам влияния на биосферные процессы деятельность человечества ста-

ла сопоставимой с естественными факторами, определявшими развитие биосферы на протяжении всей ее истории.

Сейчас вступает в силу разработанная В.И.Вернадским концепция ноосферы (от греч. noesis – мышление, разум) – сферы ведущего значения человеческого разума. «Человечество, взятое в целом, - писал Вернадский, - становится мощной геологической силой. И перед ним, перед его мыслью и трудом встает вопрос о перестройке биосферы в интересах свободно мыслящего человечества как единого целого. Это новое состояние биосферы, к которому мы приближаемся, и есть ноосфера».

Человечество формирует само по себе новые формы взаимодействия в пределах геосфер:

Антропосфера - охватывает человечество как совокупность организмов или, в другом значении, используемая и видоизмененная людьми часть биосферы.

Социосфера – часть географической оболочки, включающая человечество с присущими ему производством и производственными отношениями, а также освоенную человеком часть природной среды.

Техносфера – совокупность искусственных объектов в пределах географической оболочки Земли, созданных человеком из вещества окружающей его природы.

К сожалению, концепция Вернадского о человеческом разуме как ведущей силе преобразования биосферы оправдалась лишь частично. Прогресс разума дал человеку силы, достаточные для изменения биосферных процессов, извлечения пользы из ресурсов биосферы. Но не хватило разума, чтобы эксплуатировать их рационально. В итоге человек реализует свои возможности против собственных интересов, нарушая устойчивость биосферы.

Характер и масштабы влияния человека на окружающую среду определяются двойственностью его положения в биосфере. С одной стороны, человек – биологический объект. Он входит в общую систему круговорота и связан со средой системой трофических и энергетических взаимодействий. Здесь человек занимает нишу гетеротрофного консумента-полифага с аэробным типом обмена. С другой стороны, человечество – социальная система, которая предъявляет к среде небиологические требования (бытовые, технические, культурные). В результате масштабы использования естественных ресурсов существенно превышают чисто биологические потребности человека.

В итоге наступает кризисная ситуация: человечество как социальная система действует шире, чем как биологическая, нарушая сбалансированный круговорот. В результате неизбежно ухудшается качество среды. Отсюда есть лишь один выход: использование разума человечества не только для эксплуатации естественных ресурсов, но и для сохранения их.

В подходе к этим проблемам намечаются два аспекта. Первый связан с изучением механизмов влияния антропогенных воздействий на биосистемы. По существу, это проблема устойчивости биологических систем к факторам

среды. Второй аспект связан с тем, что даже при отсутствии прямых воздействий на природные системы человечество всей своей деятельностью меняет условия их существования. Изменение ландшафтов, режима вод, интродукция видов за пределы естественных ареалов ведут к перестройке состава и структуры экосистем. Города и промышленные зоны, агроценозы и биокультуры – новые экосистемы, возникшие на технологической основе, но живущие по экологическим законам. Встает задача сознательного управления экосистемами с целью повышения продуктивности, создания устойчивых в условиях антропогенных ландшафтов экосистем.

Решение этих задач на уровне биосферы в целом выходит за рамки чисто биологических проблем. В ноосфере действует сложный комплекс факторов (технологических, экономических, политических, юридических, моральных), который требует новых подходов к динамике природных систем. Но в основе биосферных процессов по-прежнему остаются биологические законы поддержания жизни.

Принцип биологического императива (Сутт, 1988) основывается на понимании того, что выживание человека возможно лишь при сохранении жизни на Земле. Это дает надежду, что на базе познания основных экологических закономерностей, используя современные научные и технические достижения, удастся сконцентрировать систему гармоничного взаимодействия человечества и живой природы.

ЛЕКЦИЯ 6

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ КАК ЛИМИТИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ ВЫЖИВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Наша планета появилась в солнечной системе около 4,5 млрд. лет тому назад и еще задолго до появления человека сформировалась географическая оболочка с присущими ей законами развития природы. С появлением человека разумного началось изменение окружающей его природы, которое по мере развития человеческого общества все более и более приобретало целенаправленный характер в целях удовлетворения тех или иных потребностей людей. В результате происходит определенное изменение части географической оболочки, или, образно говоря, ее «очеловечивание». Преображенная человеком географическая оболочка становится «географической средой его обитания».

Географическая среда – это одна из важнейших категорий в экологической науке, так как именно в ней происходят процессы взаимодействия человеческого общества и природы. Понятие «географической среды» было введено в науку в конце XIX в. французским географом Элизе Реклю и работавшим вместе с ним русским географом Львом Мечниковым.

Известный российский географ Всеволод Александрович Анучин выделяет три этапа развития взаимодействия общества и природы, что представляет интерес с точки зрения трактовки понятия и содержания географической среды, а также вопросов, касающихся взаимодействия человеческого общества и природы:

1) Общественное воздействие на природу крайне незначительно. Общество пребывает в стадии приспособления к ней. Производство находится в зачаточном состоянии и его развитие стимулируется действием природных факторов. Роль социальных факторов в эволюции природных комплексов крайне мала. Этот период был в основном характерен для первобытнообщинного и большей части рабовладельческого строя.

2) Общественное производство развивается быстрее земной природы, постепенно освобождая общество от полной зависимости от нее. Вследствие медленного изменения природы, она часто рассматривается как неподвижная и постоянная по отношению к обществу среда. Этот этап взаимодействия общества и природы в основном соответствует завершению рабовладельческого строя и феодализму.

3) Современный этап. Знаменует начало новой стадии взаимодействия общества и природы, на которой в результате общественного воздействия происходит ускоренное изменение земной природы. На данном этапе уже не природа господствует над человеком, а человек над природой: он изменяет ее так, как ему это необходимо. Однако, очевидно, что полное господство над природой никогда не будет достигнуто, хотя человеческое общество и будет применять все возможные усилия для достижения этой цели.

Исключительно важным, с точки зрения развития человеческого общества, является то, что географическая среда обладает огромными естественными производительными силами. Их образуют природные условия и природные ресурсы. Из множества определений природных ресурсов и условий, наиболее простыми и приемлемыми, представляются следующие:

Природные ресурсы – это те элементы природы, которые на данном этапе исторического развития могут быть непосредственно использованы для удовлетворения потребностей человеческого общества. В соответствии с природной составляющей и основными направлениями использования природные ресурсы подразделяют на следующие группы: минерально-сырьевые или полезные ископаемые; земельные; биологические (растительные и животные); водные; рекреационные.

Природные условия – это те элементы природы, которые непосредственно не могут быть использованы для удовлетворения потребностей человека, но обеспечивают возможность использования природных ресурсов.

Естественные производительные силы тесно взаимосвязаны с общественными и, в конечном итоге, обеспечивают поступательное развитие человеческого общества.

Динамика увеличения объемов и разнообразия потребляемых ресурсов все более возрастает. Так, например, в XVII веке человек использовал 30 химических элементов, в XIX веке уже 50, а в XXI - около 100.

Природные ресурсы для удобства оценки и пользования статистикой были разделены на некоторые группы в зависимости от различных особенностей. В числе основных классификаций выделяются следующие:

- генетическая классификация (полезные ископаемые, водные, земельные, биологические и др. ресурсы);
- экологическая классификация (исчерпаемые ресурсы, неисчерпаемые, а также возобновимые и невозобновимые);
- хозяйственная классификация (ресурсы материального производства, ресурсы сферы услуг);
- классификация по степени изученности (детально изученные балансовые запасы, предварительно изученные, прогнозные);
- рыночная классификация (ресурсы для экспорта, ресурсы внутреннего рынка);
- классификация по технологической совместимости (углеводород с хлором, фосфорные удобрения с калийными и т.п.);
- классификация по синергетической несовместимости (питьевая вода с углеводородами, нитратами и т.п.);
- классификация по особенностям использования полезных ископаемых (горючие, металлические и неметаллические);
- классификация по степени достоверности определения запасов (к категории А принадлежат детально разведанные запасы полезных ископаемых с точно определёнными границами, а также с геологическими факторами, определяющими условия их добычи; к категории В относят предвари-

тельно разведанные запасы полезных ископаемых, с примерно определёнными контурами месторождений; в категорию С1 включают запасы разведанных месторождений сложного геологического строения, а также слабо разведанные запасы на новых площадях; к категории С2 относятся перспективные запасы, выявленные за пределами разведанных частей месторождений на основании толкования их геологического строения, с учётом аналогии сходных и подробно разведанных месторождений полезных ископаемых).

Разные страны в различной степени обеспечены природными ресурсами. Поэтому для оценки обеспеченности стран природными ресурсами, введено понятие ресурсообеспеченности. Ресурсообеспеченность – это соотношение между величиной природных ресурсов и размерами их использования. Она выражается или количеством лет, на которые должно хватить данного ресурса, либо его запасами из расчета на душу населения.

В процессе взаимодействия с природой человек оказывает на нее серьезное воздействие. Поэтому учеными было введено понятие природопользования как совокупности способов и средств использования природных ресурсов, условий воздействия человечества на географическую оболочку Земли или на ее часть и мероприятий по сохранению природно-ресурсного потенциала.

В соответствии с направленностью и эффективностью воздействия на окружающую среду природопользование делится на рациональное и нерациональное. Рациональное природопользование – сознательно регулируемая деятельность людей, направленная на экономную эксплуатацию природных условий и ресурсов и обеспечение равновесия между экономическим развитием общества и состоянием окружающей природной среды, сохранение здоровья людей, охрана и восстановление эстетических свойств ландшафтов, плодородия почв, чистоты природных вод, растительного покрова и животного мира.

Нерациональное природопользование – это деятельность людей, ведущая к истощению природных ресурсов, снижению качества, ослаблению восстановительных сил природы, загрязнению окружающей среды.

Выделяют также интенсивное и экстенсивное природопользование. Интенсивное природопользование – это использование природных ресурсов близкое или превышающее их самовосстановление. Экстенсивное природопользование – это эксплуатация природных ресурсов со скоростью, значительно меньшей их естественного восстановления.

В настоящее время известно большое количество видов природопользования, которые можно объединить в следующие группы: сельскохозяйственное, строительное, промышленное, водохозяйственное, лесохозяйственной, градостроительное, рекреационное и др.

Рассмотрим особенности природных ресурсов по составным частям географической оболочки.

Ресурсы атмосферы. Обычно считается, что атмосфера обладает следующим набором ресурсов: это ресурсы различных газов, входящих в атмо-

сферу, а также климатические ресурсы атмосферы. Климатические ресурсы – относятся к неисчерпаемым природным ресурсам. Они включают солнечную энергию, осадки (влагу), энергию ветра. Климатические ресурсы не истощаются непосредственно в процессе использования, но они могут ухудшаться (загрязняться) или улучшаться (целенаправленно). Единицами измерения климатических ресурсов являются: количество осадков, температура (воздуха, почв, вод), интенсивность солнечной радиации (лучистой энергии), ультрафиолетовое излучение, скорость ветра. Особое значение имеют агроклиматические ресурсы, которые включают тепло, свет, влагу, необходимые для выращивания сельскохозяйственных культур.

Земельные ресурсы.

Суша, как известно, занимает лишь немногим более 21% площади земного шара, или более 149 млн. км² (14,9 млрд. га). Это – земельный фонд нашей планеты. Однако обычно в оценках, связанных с хозяйственной деятельностью человека вычитают площади Антарктиды и Гренландии. Без них земельный фонд составляет 13 млрд.га. В то же время, со словом «земля», несомненно, полностью совместимо понятие «жизнь», ибо именно суша обеспечивает в настоящее время 98% производимых на земле продуктов питания и, кроме того, дает большую часть используемых природных ресурсов.

По оценкам ФАО с точки зрения возможностей хозяйственного использования качество земельного фонда на нашей планете выглядит следующим образом: 20% суши находится в условиях слишком холодного климата; 20% - в условиях излишне засушливого климата; 20% - на слишком крутых склонах; 10% обладает маломощными почвами и лишь 30% являются наиболее благоприятными для экономической, прежде всего сельскохозяйственной деятельности.

Часть земельного фонда, которая потенциально может быть использована в экономической деятельности человеческого общества, называется земельными ресурсами. В их структуре наиболее важное значение имеют земли, используемые в сельскохозяйственном производстве. Такие земли называются сельскохозяйственными угодьями. К ним относятся пашня, луга и пастбища, многолетние насаждения. Под сельскохозяйственными угодьями в настоящее время занято около 37% земельного фонда мира. Важнейшим видом сельскохозяйственных угодий является пашня, поскольку, наряду со значительным количеством сырья для легкой промышленности, она обеспечивает 88% производства продуктов питания. Под пашней в настоящее время находится 10,3% суши.

В то же время, при всей важности этого показателя, он не позволяет реально оценить и сравнить землеобеспеченность. Обусловлено это, с одной стороны, различиями в плодородии почв, а с другой, благоприятностью условий для осуществления сельскохозяйственного производства.

Наряду с показателем площади пахотных земель на одного человека, важным показателем, с точки зрения перспектив развития сельского хозяй-

ства, является показатель распаханности. Из природных зон он наиболее высок в лесостепях и степях, где достигает 60-80%.

Под лугами и пастбищами находится около 3,4 млрд. га, или 26,0% площади суши. Площади под многолетними культурами (сады, ягодники, виноградники, плантации кофе, какао и др.) незначительны и составляют лишь 0,8% земельного фонда

В разрезе крупных регионов доля сельскохозяйственных угодий и их структура имеют существенные различия. Наиболее освоены в сельскохозяйственном отношении Австралия с Океанией, где доля земель, задействованных в сельскохозяйственном производстве составляет 59%, далее по этому показателю идут Зарубежная Европа (без стран СНГ) – 47%, Зарубежная Азия (без стран СНГ) – 39%, Африка – 37%, Северная и Южная Америка – соответственно 28% и 27%. В странах СНГ он составляет 27%, в том числе в Республике Беларусь – 45%. Однако, в Австралии это преимущественно естественные луга и пастбища, доля которых в структуре сельскохозяйственных угодий достигает почти 92%. Они же преобладают в структуре всех остальных выше-названных регионов, за исключением Зарубежной Европы (38,3%). В Южной Америке аналогичный показатель – 74,1%, Африке – 70,3%, Северной Америке – 57,1%, Зарубежной Азии – 56,4%, странах СНГ – 64,0%.

Под лесами, по разным оценкам, зависящим от подходов к определению лесистости, занято от 27 до 37% земельного фонда мира.

Остальную часть земельного фонда составляют так называемые «прочие земли». В эту категорию включаются земли самого разного предназначения и продуктивности, которые условно можно разделить на две группы. В первую входят земли под жилой застройкой, хозяйственными и инфраструктурными сооружениями (промышленные, сельскохозяйственные и другие объекты, каналы, транспортные пути, аэропорты и т.п.), горными выработками (карьеры, терриконы, отвалы вскрытых пород и др.), т.е. под техногенными образованиями, обусловленными жизнью и деятельностью человеческого общества. По разным оценкам на такие земли приходится 2,5 – 3% земельного фонда. Основную же часть прочих земель образуют малопродуктивные, непродуктивные или иные земли, непригодные в настоящее время для хозяйственного использования (высокогорья, безводные пустыни, земли, занятые ледниками и водными объектами и др.).

Водные ресурсы.

Водные ресурсы относятся к исчерпаемым возобновляемым. Учитывая, что только Мировой океан с его максимальной глубиной 11022 м занимает 71% площади нашей планеты, их можно охарактеризовать как весьма и весьма значительные. Кроме того, значительная площадь в пределах материков приходится на реки и озера, болота и ледники. По существующим оценкам запасы воды на земном шаре составляют приблизительно 1,4 млрд. км³. Из них более 97% приходится на соленые воды и лишь около 2,5 % на пресные. Поэтому понятие водных ресурсов трактуется как в широком смысле слова (вся вода), так и в узком – пресная вода, которую реально использует человеческое

общество для удовлетворения своих потребностей. Оба эти представления имеют объективное право на существование, поскольку в результате опреснения соленых вод, последние реально становятся ресурсами пресных, потребляемых человеком. Имеющиеся запасы пресной воды на планете оцениваются в 35 млн. км³. С учетом ресурсов пресной воды, которые сосредоточены в ледниках Антарктиды, Арктики, Гренландии и горных систем в распоряжении человеческого общества остается менее 1% общих запасов воды на Земле, что составляет около 1,4 млн. км³. Несмотря на то, что этот показатель существенно превышает современные объемы водопотребления, во многих регионах мира, особенно высоко урбанизированных и промышленно развитых, наблюдается дефицит водных ресурсов. По имеющимся оценкам в настоящее время треть населения мира проживает в странах, испытывающих недостаток вода, а к 2025 г. данный показатель может достигнуть 2/3. Это касается даже тех стран, которые обладают самыми большими ресурсами воды. Пятерку ведущих по запасам составляют Бразилия (6,95 тыс. км³), Россия (4,5 тыс. км³), Канада (2,9 тыс. км³), Китай (2,8 тыс. км³) и Индонезия (2,5 тыс. км³).

В совокупности причин, определяющих наличие проблем с водоснабжением, в качестве основных можно выделить следующие:

- неравномерное территориальное распределение водных ресурсов, что, в основном, обусловлено особенностями климата и рельефа;
- быстрый рост водопотребления;
- загрязнение воды;
- безвозвратные потери воды;
- отсутствие в большинстве стран мира национальной идеи экономии природных ресурсов, в т.ч. и водных.

Что касается водопотребления, то оно в последнее столетие характеризовалось высокими темпами роста как в сфере хозяйственной, так и бытовой деятельности, и пока не имеет существенных факторов ограничения роста. В начале XX в. потребление пресной воды составляло около 600 км³, к началу текущего столетия возросло приблизительно до 4000 км³, т.е. более чем в 6,8 раза. За этот же период использование пресной воды в промышленности увеличилось более чем в 20 раз.

Поступление в естественную среду загрязненной воды представляет одну из наиболее серьезных проблем. По имеющимся расчетам, из общего объема потребляемой пресной воды каждый пятый литр возвращается в водоемы, будучи загрязненным. Ежегодно это составляет около 800 км³ воды. В то же время для нейтрализации одного литра загрязненной воды в естественных условиях необходимо 12-15 литров чистой. Именно этот показатель является исходным при расчете возможного выброса загрязненной воды в естественные водоемы.

Наибольший урон ресурсам пресных вод, наряду с загрязнением, наносят безвозвратные потери воды, которые составляют около половины ее общего потребления. Главный «виновник» этого – сельскохозяйственное производство, в котором безвозвратно теряется свыше 90% потребляемой воды.

Роль в этом отношении сельского хозяйства очевидна ввиду того, что в настоящее время оно является основным потребителем пресной воды (более 70% от общего водопотребления) и именно здесь 90% потребляемой пресной воды теряется безвозвратно.

В общей структуре водопотребления вторая позиция после сельского хозяйства принадлежит промышленности (приблизительно 20%) и около 10% идет на удовлетворение коммунально-бытовых нужд. Рост водопотребления на коммунально-бытовые в течение последнего столетия особенно в городах. С начала XX века расход на одного горожанина вырос в среднем с 50 до 300 л, причем имеет место прямо пропорциональная зависимость расхода воды на одного человека от численности населения города. Например, в Минске она в настоящее время составляет, как и в среднем в мире, около 300 л, а в Москве – 500 л.

К основным направлениям решения проблемы обеспеченности водными ресурсами в настоящее время следует отнести следующие:

- Опреснение материковых и морских соленых вод.
- Разработка совокупности мероприятий по экономному использованию пресной воды, особенно в сельском хозяйстве.

В более отдаленной перспективе, можно рассматривать также такие дорогостоящие и экологически сложные пути решения проблемы, как переброс речных вод из районов с избыточными водными ресурсами в ресурсо-недостаточные и транспортировку айсбергов из Антарктиды и Арктики.

Лесные ресурсы.

Леса имеют в жизни человеческого общества исключительно важное значение. Прежде всего, наряду с Мировым океаном, это «легкие» нашей планеты, обеспечивающие ее кислородом. Наряду с этим, леса являются одним из главных поглотителей углекислого газа, что предохраняет Землю от парникового эффекта, пыли и многих других загрязняющих веществ. Большинство отраслей народного хозяйства они, прямо или косвенно, обеспечивают сырьевыми ресурсами. Исключительно велика их роль в организации отдыха людей. С лесами связана заготовка многих видов лекарственных растений, а также грибов, ягод, орехов и других даров природы. Они, а точнее лесная подстилка – это лучший естественный водный фильтр. Кроме того, леса являются средой обитания многих видов животных, насекомых и птиц. Таким образом, обобщая вышесказанное, можно сделать вывод, что леса имеют важное экономическое, экологическое, рекреационное и эстетическое значение.

К основным показателям, характеризующим обеспеченность лесными ресурсами, относятся лесная площадь, лесопокрытая площадь, лесистость и запасы древесины. Лесная площадь включает лесопокрытую и, наряду с ней, кустарники, вырубки со вторичной растительностью, гари и прочее. Лесопокрытая площадь – это собственно территория, занятая лесами. Лесистость – относительный показатель, выражаемый обычно в процентах, характеризует степень залесенности территории. В связи с тем, что данный

показатель одни специалисты рассчитывают исходя из лесной площади, а другие - лесопокрытой, в разных источниках имеют место отличия как по лесистости, так и по запасам древесины в регионах и странах.

Лесистость нашей планеты, с учетом более объективного показателя оценки лесных ресурсов – лесопокрытой площади (3,45 млрд. га), составляет 27%. Ее дифференциация в силу как природных, так и антропогенных факторов, является весьма существенной в разрезе регионов и стран. Наиболее велик показатель лесистости в Латинской Америке (48%), приблизительно в два раза он ниже в Зарубежной Европе (без СНГ) – 27% и Северной Америке – 25%, приблизительно одинаковы эти показатели в Зарубежной Азии (без СНГ) и Африке – соответственно, 19% и 18%, и существенно отстает от остальных Австралия с Океанией – 9%. Высокой лесистостью обладают страны СНГ (35%), особенно, Россия (45,2%), и Беларусь (38%).

Леса, а, следовательно, и запасы древесины, распределены по территории земного шара очень неравномерно. При этом в оценке запасов важен даже не столько количественный, сколько качественный показатель, характеризующий ценность древесины с экономической точки зрения. Он определяется составом древесных пород, которые подразделяются на хвойные и нехвойные (лиственные). С хозяйственной точки зрения гораздо более ценными являются хвойные породы.

С точки зрения распространения лесов, выделяют два главных пояса Земли – северный и южный. Северный занимает площадь около 2 млрд. га (с редколесьями и кустарниками) и располагается в умеренных широтах Евразии и Северной Америки. Южный лесной пояс, приуроченный преимущественно к экваториальным и субэкваториальным широтам, также занимает примерно 2 млрд. га, но, в отличие от северного, характеризуется преобладанием менее ценных широколиственных лесов (98% площади).

Лесозаготовка является подотраслью лесной промышленности, непосредственно связанной с вырубкой леса для хозяйственного использования. По сравнению с 1950 г. к началу 1990-х гг. она увеличилась в 1,7 раза, затем стабилизировалась и в начале XXI составляет приблизительно 3,5 млрд. м³ в год. Однако, в условиях стабилизации, происходили заметные изменения в ее географии, которые проявились в возрастании роли южного и соответственно уменьшении доли северного поясов. Это проявилось не только в расстановке стран по объему заготавливаемой древесины, но и в структуре ее использования. В частности, если в начале 1990-х гг. около 60% в потреблении составляла деловая (промышленная) древесина, то в настоящее время в использовании преобладает дровяная (топливная) древесина (53%).

Несмотря на стабилизацию в заготовке древесины, ее объем уже вплотную подошел к показателю «расчетной лесосеки», который характеризует естественное воспроизводство лесных ресурсов. Поэтому, для недопущения уменьшения площади лесов на нашей планете, что может вызвать негативные экологические последствия, необходимо разрабатывать и осуществлять целенаправленную политику по развитию искусственного лесона-

саждения в разрезе отдельных стран и регионов, и на этой основе - в планетарном масштабе.

Лесные ресурсы являются важной составляющей биологических ресурсов - источника получения необходимых людям благ, содержащиеся в объектах живой природы. Наличие биологических ресурсов определяется способностью живых организмов и их сообществ производить биологическую продукцию (биологическая продуктивность), как растительного, так и животного характера.

Животные, как биологический ресурс, также играют важную роль в жизни человека. Это источники питания человека и сырья для многих видов производств. Сюда относятся сельскохозяйственные животные, промысловые животные, пушные звери, рыба, разнообразная промысловая дичь. Помимо хозяйственного значения, животные имеют большое экологическое, научное, медицинское, рекреационное, эстетическое и др. значение. Наблюдается сокращение численности особей и даже целых видов животных на Земле. Только за последние четыре столетия исчезло 68 видов млекопитающих, 130 видов птиц, 28 видов рептилий, 6 видов рыбы, 6 видов амфибий.

В последнее время стали выделять такой вид ресурсов как рекреационные, которые помогают человеку поддерживать и восстанавливать здоровье и трудоспособность.

Рекреационные ресурсы – это природные и культурно-исторические комплексы и их элементы, способствующие восстановлению и развитию физических и духовных сил человека, его трудоспособности и здоровья, которые при современной и перспективной структуре рекреационных потребностей и экономических возможностях используются для прямого и косвенного потребления – предоставления курортных и туристских услуг обществу.

В настоящее время в мире рекреационные ресурсы сильно дифференцированы по территориям, что в разной степени обусловлено как природными условиями, так и созданной человеком инфраструктурой.

Основной вид невозобновляемых ресурсов – это минеральные ресурсы - природные вещества, однократно добываемые и используемые для получения энергии, сырья и материалов. Они называются полезными ископаемыми и залегают в виде месторождений. Их образование и залегание тесно связано с геологическими процессами. Они могут быть твердыми (уголь, руды, неметаллические полезные ископаемые), жидкими (нефть, подземные воды) и газообразными (природный газ).

По свойствам и характеру использования полезные ископаемые делятся на горючие (нефть, газ, уголь), металлические (руды черных, цветных, редких и др. металлов), нерудные (строительные материалы, драгоценные и полудрагоценные камни, химическое сырье, минеральные воды). Без их использования невозможно было бы функционирование промышленности и всего мирового хозяйства.

ЛЕКЦИЯ 7

ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Главной задачей экологии, как мы знаем, является изучение окружающей человека географической среды с целью оптимизации ее для жизнедеятельности людей. В эпоху научно-гуманитарной революции перед человечеством неотвратимо встала задача разумного, рационального природопользования, позволяющего удовлетворять жизненные потребности людей в сочетании с охраной и воспроизводством окружающей среды. С развитием общества степень антропогенного воздействия постоянно возрастает. Реальные сдвиги в нейтрализации этого влияния пока не очень велики, хотя ведутся значительные работы учеными разных специальностей.

ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА АТМОСФЕРУ И КЛИМАТ

Процессы и особенности атмосферы изменяются под воздействием деятельности человека. Крупномасштабные антропогенные изменения поверхности Земли (обезлесение, опустынивание, деградация внутренних морей и озер и др.) обуславливают изменения особенностей энергетического и водного режима атмосферы. К их числу относятся антропогенное изменение климата и его последствия, нарушение естественного состояния озонового слоя, асидификацию окружающей среды, включая кислотные осадки, и локальное загрязнение атмосферы.

Парниковый эффект. Источником энергии атмосферных процессов является солнечная радиация. К земной поверхности приходит коротковолновая радиация, тогда как нагреваемая таким образом Земля испускает в атмосферу и далее за ее пределы энергию в виде длинноволнового (инфракрасного, или теплового) излучения. Некоторые газы в атмосфере, включая водяной пар, отличаются парниковым эффектом, то есть способностью в большей степени пропускать к поверхности Земли солнечную радиацию по сравнению с тепловым излучением, испускаемым нагретой Солнцем Землей. В результате температура поверхности Земли и приземного слоя воздуха выше, чем она была бы при отсутствии парникового эффекта. Средняя температура поверхности Земли равна плюс 15 °С, а без парникового эффекта она была бы минус 18 °С. Парниковый эффект – один из механизмов жизнеобеспечения на Земле.

Ведущую роль в парниковом эффекте играет водяной пар, находящийся в атмосфере. Большое значение также имеют газы, не отличающиеся высокой концентрацией в атмосфере. К ним относятся: углекислый газ (диоксид углерода) (CO₂), метан (CH₄), оксиды азота, в особенности N₂O, и озон (O₃). В эту же категорию следует включить не встречающуюся в природе группу газов, синтезируемых человеком, под общим названием хлорфторуглероды. Деятельность человека за последние 200 лет привела к повышению концентрации в атмосфере газов, обладающих парниковым эффектом. Реакция ат-

мосферы на этот процесс заключается в антропогенном усилении естественного парникового эффекта.

Основной источник антропогенного поступления углекислого газа в атмосферу – сжигание горючих ископаемых (угля, нефти, газа) для производства энергии. При современном уровне эмиссии углекислого газа концентрация его в атмосфере будет неуклонно увеличиваться. Стабилизация концентрации может быть достигнута посредством значительного сокращения объема выбросов.

Метан образуется в анаэробных условиях, таких как естественные болота разного типа, толща сезонной и вечной мерзлоты, рисовые плантации, свалки, а также в результате жизнедеятельности жвачных животных и термитов. Около 20 % суммарной эмиссии метана связаны с технологией использования горючих ископаемых (сжигание топлива, эмиссии из угольных шахт, добыча и распределение природного газа, переработка нефти). Источниками антропогенного оксида азота является сельское хозяйство, сжигание биомассы и промышленность, производящая азотсодержащие вещества.

Хлорфторуглероды (ХФУ) – это вещества, синтезируемые человеком, и содержащие хлор, фтор и бром, и чаще всего используемые в холодильных установках. Производство хлорфторуглеродов в мире в настоящее время контролируется международными соглашениями по защите озонового слоя, включающими и положение о постепенном снижении производства этих веществ, замене их на менее озонразрушающие с последующим полным его прекращением.

Озон (O_3) – важный парниковый газ, который влияет как на коротковолновую, так и на длинноволновую радиацию, и потому итоговое направление и величина его вклада в радиационный баланс в сильной степени зависят от вертикального распределения содержания озона. Под воздействием солнечной радиации оксиды азота, выделяемые главным образом автомобильным транспортом, распадаются с выделением озона. Образуется так называемый фотохимический смог, опасный для здоровья человека и наносящий серьезный ущерб растениям, в том числе сельскохозяйственным культурам.

На образование парникового эффекта также оказывают воздействие тропосферные аэрозоли. Аэрозоли – это твердые частицы в атмосфере диаметром от 10^{-9} до 10^{-5} м. Они образуются вследствие ветровой эрозии почвы, извержений вулканов и других природных процессов, а также благодаря деятельности человека (сжигание горючих ископаемых и биомассы). Антропогенные аэрозоли влияют на радиационный баланс Земли непосредственно через поглощение и рассеивание солнечной радиации, и косвенно, как ядра конденсации, играющие важную роль в образовании и развитии облаков. В отличие от глобального воздействия газов с парниковым эффектом эффект атмосферных аэрозолей является локальным.

Извержения вулканов – нерегулярный, но существенный фактор образования высоких концентраций аэрозольных частиц, вызывающих рассеивание

солнечной радиации и поэтому заметное похолодание, сравнимое в некоторых случаях по масштабам с глобальным парниковым эффектом.

Изменение климата и его последствия. Климат всегда оказывал существенное воздействие как на естественные, так и на социально-экономические процессы. Потепление климата привлекло к себе внимание мирового сообщества и побудило ученых, практиков и политиков рассматривать климат как важнейший природный ресурс, перераспределение которого между государствами имеет серьезные социально-экономические и политические последствия, определяющие благосостояние государств мира.

В соответствии со сценариями наиболее низкой и высокой вероятной величины эмиссии парниковых газов средняя мировая температура приземного слоя воздуха за период с 1990 по 2100 г. увеличится соответственно на 1 и 3,5 °С. В любом варианте потепление будет значительнее, чем все колебания климата в течение последних 10000 лет, и это является серьезной проблемой для человечества. Рост температуры воздуха будет сопровождаться увеличением количества осадков.

Последствия потепления климата:

- Изменения ландшафтов суши;
- Исчезновение отдельных видов растений и животных;
- Сокращение ледниковых покровов планеты;
- Повышение уровня мирового океана;
- Изменение циркуляции атмосферы и океана;
- Сокращение площади обитаемой суши из-за подтопления побережий и увеличения площади аридных территорий;
- Негативное воздействие на сельскохозяйственное производство и энергетику.

Ожидаются также значительные изменения, касающиеся проблем здоровья людей, транспорта, промышленности и многих других аспектов. Предстоящее изменение климата и его последствия – это крупнейшая проблема выживания человечества, требующая международного сотрудничества по координации действий каждой страны. Стратегия сотрудничества распадается на два основных компонента: управление и приспособление. При стратегии управления проблемой основные усилия направлены на снижение эмиссии парниковых газов, прежде всего углекислого газа. При осуществлении стратегии приспособления разрабатываются, например, комплексные проекты защиты конкретных прибрежных зон (систем) от растущего уровня моря. Основным документ, регулирующий сотрудничество в области изменения климата, – Конвенция ООН по изменению климата, принятая в июне 1992 г. в Рио-де-Жанейро на Конференции ООН по окружающей среде и развитию. В соответствии с Конвенцией, страны-участники должны взять на себя обязательство по сокращению эмиссии парниковых газов и прежде всего углекислого газа.

В связи с этим был подписан Киотский протокол – международное соглашение, принятое в Киото (Япония) в декабре 1997 года в дополнение к

Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК). Оно обязывает развитые страны и страны с переходной экономикой сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов на уровне 1990 г. В него вошли практически все страны мира. Из крупных стран к нему не присоединились Китай и Индия, вышла из его Канада и не ратифицировали договор США.

Проблема деградации озонового слоя. Максимальная концентрация озона сосредоточена в тропосфере на высотах 15–30 км, где существует озоновый слой. При нормальном приземном давлении весь атмосферный озон образовал бы слой всего 3 мм толщиной.

Даже при столь малой мощности озоновый слой в стратосфере играет очень важную роль, защищая живые организмы Земли от вредного воздействия ультрафиолетовой радиации Солнца. Озон поглощает ее жесткую часть с длинами волн 100–280 нм и большую часть радиации с длинами волн 280–315 нм. С воздействием жесткой ультрафиолетовой радиации связаны неизлечимые формы рака кожи, болезни глаз, нарушения иммунной системы людей, неблагоприятные воздействия на жизнедеятельность планктона в океане, снижение урожая зерновых и другие геоэкологические последствия.

Предполагается, что жизнь на Земле возникла после образования в атмосфере Земли озонового слоя, когда сформировалась ее надежная защита. Особенно большой интерес к озону возник в 70-е гг., когда были обнаружены антропогенные изменения содержания озона в результате выбросов в атмосферу окислов азота в результате атомных взрывов в атмосфере, полетов самолетов в стратосфере, при использовании минеральных удобрений и сжигании топлива. Однако наиболее мощным антропогенным фактором, разрушающим озон, являются фтор-, хлорпроизводные метана, этана и циклобутана. Этим соединениям дано название фреоны. Они широко используются при производстве холодильников и кондиционеров, аэрозольных упаковок. Еще более эффективно разрушают озон бромсодержащие соединения, которые также являются продуктом человеческой деятельности. Они выбрасываются в атмосферу в результате сельскохозяйственного производства, при сжигании биомассы, работе двигателей внутреннего сгорания и т. д.

Вследствие деятельности человека с конца 1960-х гг. до 1995 г. озоновый слой потерял около 5 % массы. Ожидается, что максимум потерь стратосферного озона будет достигнут к началу XXI в. с последующим постепенным восстановлением в течение первой его половины в соответствии с Конвенцией по защите озонового слоя. Географически наименьшая концентрация озона наблюдается у полюсов Земли.

В связи с исключительной важностью озонового слоя для сохранения жизни на Земле в 1985 г. в Вене была подписана Конвенция по охране озонового слоя. В 1987 г. был подписан Монреальский протокол по запрещению выбросов озоноразрушающих веществ в атмосферу, который к настоящему времени подписали 196 стран мира, в том числе и самые крупные. В 1990 г. в Лондоне и в 1992 г. в Копенгагене были внесены поправки к последнему

протоколу. Генеральная Ассамблея ООН в декабре 1994 г. приняла решение объявить 16 сентября международным днем охраны озонового слоя Земли.

Проблема кислотных осадков и ацидификации окружающей среды. Ацидификация – это антропогенный природный процесс повышения кислотной реакции компонентов окружающей среды, прежде всего атмосферы, гидросферы и педосферы, а также усиления воздействия повышенной кислотности на другие природные явления.

В естественных условиях атмосферные осадки обычно имеют нейтральную или слабокислую реакцию. Кислотные осадки ($pH < 5$) бывают двух типов: сухие, обычно выпадающие вблизи источника их поступления в атмосферу, и влажные (дождь, снег и пр.), распространяющиеся на большие расстояния

Основные компоненты кислотных осадков – аэрозоли аммиака, оксидов серы и азота, которые при взаимодействии с атмосферной, гидросферной или почвенной влагой образуют серную, азотную и другие кислоты. Кислотные осадки имеют как естественное, так и антропогенное происхождение. Основные природные источники – извержения вулканов, лесные пожары, дефляция почв и др. Источниками антропогенных кислотных осадков являются процессы сжигания горючих ископаемых, главным образом угля, в тепловых электростанциях, в котельных, в металлургии, нефтехимической промышленности, на транспорте и пр.

Поскольку кислотные осадки переносятся на значительные расстояния, возникает необходимость в международном сотрудничестве в этой области. С этой целью в 1979 г. заключена европейская (с участием США и Канады) Конвенция по трансграничному переносу загрязнений воздуха, к которой впоследствии добавился ряд протоколов по сокращению эмиссии оксидов серы и азота.

Одной из серьезных локальных универсальных геоэкологических проблем является **загрязнение воздуха**. Фоновое загрязнение воздуха охватывает площади, соизмеримые с площадью континентов или всего мира. Оно связано с поллютантами, отличающимися относительно продолжительным временем жизни в атмосфере. На фоновое загрязнение воздуха наложены крупные пятна локального загрязнения. Это в основном проблема больших городов и крупных промышленных предприятий и узлов.

Практически во всех больших городах развивающихся стран качество воздуха весьма низкое и продолжает ухудшаться. Это одна из важнейших проблем, влияющая на здоровье людей и состояние городских и пригородных экосистем.

Основными источниками загрязнения воздуха являются теплоэнергетика, черная и цветная металлургия, химическая промышленность, транспорт, нефте- и газопереработка. Каждый индустриальный источник загрязнения выделяет в воздух десятки тысяч веществ. По некоторым основным группам предприятий-загрязнителей они распределяются следующим образом: теплоэнергетика (оксиды углерода, серы и азота, пыль, металлы); транспорт (окси-

ды углерода и азота, углеводороды, тяжелые металлы); черная металлургия (пыль, диоксид серы, фтористые газы, металлы); нефтепереработка (углеводороды, сероводород, дурнопахнущие газы); производство цемента (пыль).

Последствия локального загрязнения воздуха столь же многообразны, как и загрязнители. По статистике, собранной в США, в городах с высоким загрязнением воздуха заболеваемость выше, чем в сельской местности на 15–17 %. Есть все основания полагать, что этот показатель для ряда городов СНГ еще хуже.

Основными направлениями защиты воздушного бассейна являются: а) санитарно-технические мероприятия (строительство сверхвысоких труб, установка газопылеочистного оборудования, герметизация производственных процессов и др.). б) технологические мероприятия (внедрение малоотходных или безотходных технологий, соответствующая подготовка сырья, замена сухих технологических способов на мокрые и т. п.); в) пространственно-планировочные мероприятия (выделение санитарно-защитных зон, планировка городской и промышленной застройки в соответствии с преобладающими ветрами, озеленение и пр.); г) контрольно-запретительные мероприятия (введение величин предельно допустимых концентраций веществ и предельно допустимых выбросов в окружающую среду, запрещение производства отдельных веществ, временная приостановка загрязняющей деятельности, мониторинг загрязнения воздуха).

ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА ГИДРОСФЕРУ

Вода – важнейший агент и фактор географической среды. Во многих странах мира отмечается ухудшение геоэкологического состояния водных объектов и прилегающих к ним территорий, связанное в первую очередь со значительно возросшим антропогенным воздействием на природные воды. Оно проявляется в изменении как водных запасов и гидрологического режима водотоков и водоемов, так и качества вод.

В мировом хозяйстве вода используется практически во всех отраслях экономики: в энергетике, для орошения сельскохозяйственных угодий, для промышленного и коммунально-бытового водоснабжения.

Забор воды из всех источников мира составляет около 4000 км³ в год. Объем других широко используемых природных ресурсов, таких как уголь или нефть, примерно на три порядка меньше. За последние 80 лет сельскохозяйственное использование воды увеличилось в 6 раз, коммунальное – в 7 раз, промышленное – в 20 раз, а общее – в 10 раз. Громоздкость воды как ресурса приводит к необходимости использования его поблизости от местонахождения или к большим трудностям и высокой стоимости передачи воды на значительные расстояния. Таким образом, водные ресурсы локальны.

Водообеспеченность изменяется от страны к стране на несколько порядков. Уровень 500 м³ на человека в год и менее является чрезвычайно низким, даже пороговым, для устойчивого развития. Уровень 1000 м³ на человека обычно принимается в качестве критического, указывающего на то, что стра-

на находится в состоянии острого дефицита водных ресурсов. В настоящее время 15 стран (из 145, по которым были данные) с населением 110 млн чел. располагают менее чем 500 м³ на чел. Весьма низкий уровень водных ресурсов (500–1000 м³ на чел.) характерен еще для 12 стран с населением 120 млн чел. Для этих 27 стран дефицит водных ресурсов определяет существование их населения, это вопрос жизни и смерти и причина важнейших стратегических решений правительств. Еще 58 стран с населением 3,4 млрд чел. живут в условиях малого количества водных ресурсов (1000–5000 м³/чел.). Всего к 1990 г. 85 стран с 70 % населения мира стояли перед проблемами дефицита водных ресурсов. Это в основном развивающиеся страны, где недостаток водных ресурсов является одним из важнейших препятствий их социального и экономического развития. Многие страны с ресурсами, превышающими 5000 м³/чел, выглядят благополучными, но на самом деле средняя цифра часто скрывает серьезные региональные различия внутри стран. Поскольку численность населения мира будет увеличиваться, а объем имеющихся водных ресурсов останется постоянным, ситуация дефицита водных ресурсов будет и далее ухудшаться, вызывая дальнейшее углубление противоречий, связанных с использованием водных ресурсов как на международном, так и на национальном уровнях. К 2025 г. уже 1,4 млрд чел. в 45 странах мира будут располагать менее чем 1000 м³ на чел. за год. Около 75 % населения мира приблизительно в 100 странах будет жить в условиях дефицита воды, или, иными словами, под угрозой экологической, экономической и политической неустойчивости. Если существующие в настоящее время способы ведения хозяйства не изменятся, будет продолжаться и ухудшение качества воды, что еще более осложнит ситуацию.

Решение проблемы водообеспеченности: регулирование и переброска речного стока. (создание водохранилищ), переброска айсбергов и т.д.

В процессе использования некоторое количество изъятной воды теряется на испарение, просачивание, технологическое связывание и т. д., причем у различных потребителей масштабы такого расхода неодинаковы. Для небольших по площади территорий эти потери рассматриваются как безвозвратные. Наиболее значителен их объем (до 80–90 %) при сельскохозяйственном использовании.

Коммунальное и сельское хозяйство, промышленность и гидроэнергетика предъявляют различные требования к качеству воды. Наиболее высокими санитарными и вкусовыми качествами должны обладать воды, используемые в питьевых целях и в некоторых отраслях промышленности (пищевой, химической и др.). Metallургическое или, например, горнорудное производство может обходиться водами низкого качества, использовать оборотные системы водоснабжения.

Таким образом, стратегия решения водных проблем, успешное водное хозяйство – это поддержание баланса между спросом и предложением без ухудшения (по крайней мере) геоэкологического состояния территории.

Геоэкологические проблемы Мирового океана. Современное общество все больше осознает всеобъемлющее значение Мирового океана как источника колоссальных запасов полезных ископаемых, биологических ресурсов, средства для межконтинентальных связей, генератора и регулятора климата нашей планеты. Но в то же время человечество истощает природные ресурсы океана и загрязняет его акваторию. С каждым днем влияние антропогенной деятельности на Мировой океан, во многих случаях превосходящее естественные процессы, становится все более заметным и приводит к существенному нарушению его геоэкологического баланса.

Под загрязнением моря в международной практике и в Конвенции ООН по морскому праву 1982 г. понимается введение человеком непосредственно или косвенно вещества или энергии в морскую среду, которое приводит или может привести к вредным последствиям в виде нанесения ущерба живым ресурсам, опасности для здоровья человека, создания помех морской деятельности, включая рыболовство и т. д.

Источников и каналов загрязнения океана очень много. По месту возникновения они подразделяются на наземные, атмосферные и морские; по временному признаку – на постоянные (выпаривание и вымывание загрязняющих веществ из атмосферы, сброс с суши, эксплуатационные сливы судов и т. д.) и случайные (аварии кораблей, катастрофы при добыче полезных ископаемых, в результате военных действий и т. д.), по источнику поступления – на точечные (от коллекторов сточных вод, морских судов, нефтяных платформ и т. д.) и сливные (с сельскохозяйственных угодий, урбанизированных территорий).

Одним из основных загрязнителей Мирового океана являются нефтяные углеводороды – нефть и нефтепродукты. Разлитая по поверхности океана нефть нарушает процесс тепло-, водо- и газообмена на границе океана и атмосферы. Являясь токсичным веществом, нефть отрицательно воздействует на все виды морских организмов.

Следующий загрязнитель океана – химические вещества, производимые человеком. Это кислоты, щелочи, продукты коксохимии, растворители, спирты, пестициды, гербициды, детергенты и т. д. Они оказываются в океане в результате аварий морских химовозов и поступлений с суши. Повышение содержания в воде органических соединений – нитратов и фосфатов – ведет к бурному развитию бактерий, сине-зеленых и диатомовых водорослей и тем самым вторичному загрязнению моря продуктами их метаболизма и распада.

Глобальный характер носит загрязнение океана тяжелыми металлами, прежде всего ртутью, свинцом, кадмием. Они попадают в океан главным образом через атмосферу и с речным стоком.

Быстро растет загрязнение океана твердым мусором. Ежегодно в океан только с судов сбрасывается около 7 млн металлических, 430 тыс. стеклянных, 640 тыс. бумажных и пластмассовых предметов. Эти отходы, как правило, не разрушаются и накапливаются в океане.

Значительную опасность представляет загрязнение океана отходами атомной и военной промышленности. Оно связано с захоронением радиоактивных отходов, авариями судов с атомными реакторами и сбросом теплой воды, используемой для охлаждения реакторов АЭС.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛИТОСФЕРЫ

Литосфера является геологической основой ландшафта, почв, средой обмена веществом и энергией с атмосферой и поверхностной гидросферой, через нее осуществляется круговорот воды в природе. Она служит накопителем пресных вод, входящих в структуру наземной биоты, обеспечивая процессы ее жизнедеятельности. Литосфера – среда сосредоточения природных минеральных ресурсов, необходимых для функционирования и развития человечества как общественной социальной структуры. В связи с этим свойства литосферы требуют особого рассмотрения в первую очередь с позиции ее геоэкологических функций, как продукта природного и техногенного развития верхней части земной коры.

Экологическое состояние литосферы связано с процессами, происходящими в ней. Чаще всего загрязнение литосферы происходит с добычей полезных ископаемых, что требует в последствии рекультивации отработанных карьеров и шахт; загрязнение твердыми промышленными и бытовыми отходами, различными тяжелыми металлами и т.д.

ОСНОВНЫЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БИОСФЕРЫ

Биосфера – одна из геосфер Земли, область распространения живого вещества. Она не может функционировать без тесного взаимодействия с атмосферой, гидросферой и литосферой.

Геоэкологические аспекты современных ландшафтов мира. Деятельность человека весьма значительно преобразовала первичные, или потенциальные ландшафты Земли. На 20–30 % площади суши человек преобразовал ландшафты практически полностью. В результате некоторые зональные типы ландшафтов исчезли, другие были трансформированы, так что возникли антропогенные модификации природных ландшафтов. Территорий, совсем не измененных человеком, в мире не осталось. Но еще довольно значительные участки на Земле остаются почти нетронутыми. Они играют огромную, общепланетарную роль в сохранении гомеостаза географической среды и являются ценнейшим достоянием человечества.

Проблемы обезлесения. Под обезлесением понимают исчезновение леса в результате естественных причин или антропогенных воздействий.

Леса составляют около 85 % фитомассы мира. В результате своей деятельности человек уничтожил не менее 10 млн км² лесов, содержащих 36 % фитомассы суши. Главная причина уничтожения лесов – увеличение площади пашни и пастбищ, вследствие роста численности населения. Обезлесение приводит к прямому уменьшению органического вещества, потере кана-

лов поглощения углекислого газа растительностью и проявлению широкого спектра изменений круговоротов энергии, воды и питательных веществ.

Проблемы опустынивания. Международная Конвенция по борьбе с опустыниванием, заключенная в 1994 г., дает следующее определение процесса опустынивания: «Опустынивание означает деградацию земель в засушливых... районах, которая происходит вследствие различных факторов, включая колебания климата и деятельность человека.»

В соответствии с климатическими условиями пустыни должны занимать в мире площадь около 48 млн км² (включая ледниковые покровы, то есть ледяные пустыни). Фактически, в соответствии с почвенно-ботаническими данными, их площадь достигает 57 млн км². Разность между этими двумя цифрами, равная 9 млн км², представляет антропогенные пустыни.

Признаками опустынивания являются: сокращение степени покрытости почвы растительностью, увеличение отражательной способности поверхности почвы, значительная потеря многолетних растений, особенно деревьев и кустарников, деградация и эрозия почвы, кое-где наступление песков и засоление почв. Наиболее активно процессы деградации почв происходят в Африке, на границе природных зон пустынь и саванны, которая получила название Сахеля.

Проблемы сохранения биологического разнообразия Земли. Биологическое разнообразие (БР) – это совокупность всех форм жизни, населяющей нашу планету.

Наиболее авторитетная оценка видового разнообразия выполнена в ЮНЕП в 1995 г. («Глобальной оценке биологического разнообразия») Согласно этой оценке, наиболее вероятное количество видов – 13–14 млн, из которых описаны лишь 1,75 млн, или менее 13 %. Согласно ей, перед угрозой уничтожения стоят более чем 30000 видов животных и растений. За последние 400 лет исчезли 484 вида животных и 654 вида растений.

За последние 400 лет основными непосредственными причинами исчезновения видов животных были: 1) интродукция новых видов, сопровождавшаяся вытеснением или истреблением местных видов (39 % всех потерянных видов животных); 2) разрушение условий существования, прямое изъятие территорий, заселенных животными, и их деградация, фрагментация, усиление краевого эффекта (36 % от всех потерянных видов); 3) неконтролируемая охота (23 %); 4) Прочие причины (2 %).

Наиболее эффективный и относительно экономичный способ охраны биологического разнообразия на экосистемном уровне – *охраняемые территории*. В соответствии с классификацией Всемирного союза охраны природы, выделяются 8 видов охраняемых территорий:

1. Заповедник. Цель – сохранение природы и природных процессов в ненарушенном состоянии.

2. Национальный парк. Цель – сохранение природных областей национального и международного значения для научных исследований, образования и отдыха. Обычно это значительные территории, в которых использова-

ние природных ресурсов и другие материальные воздействия человека не допускаются.

3. Памятник природы. Это обычно небольшие территории.

4. Управляемые природные резерваты. Сбор некоторых природных ресурсов разрешается под контролем администрации.

5. Охраняемые ландшафты и приморские виды. Это живописные смешанные природные и окультуренные территории с сохранением традиционного использования земель.

В статистику по охраняемым территориям обычно включают земли категорий 1–5.

6. Ресурсный резерват, создаваемый чтобы предотвратить преждевременное использование территории.

7. Антропологический резерват, создаваемый для сохранения традиционного образа жизни коренного населения.

8. Территория многоцелевого использования природных ресурсов, ориентированная на устойчивое использование вод, леса, животного и растительного мира, пастбищ и для туризма.

Имеются еще две дополнительные категории, накладывающиеся на вышеперечисленные восемь.

9. Биосферные заповедники. Создаются с целью сохранения биологического разнообразия. Включают несколько концентрических зон различной степени использования: от зоны полной недоступности (обычно в центральной части заповедника) до зоны разумной, но достаточно интенсивной эксплуатации.

10. Места всемирного наследия. Создаются для охраны уникальных природных особенностей мирового значения. Управление осуществляется в соответствии с Конвенцией по всемирному наследию.

Всего в мире насчитывается около 10000 охраняемых территорий (категорий 1–5) общей площадью 9,6 млн км², или 7,1 % от общей площади суши (без ледников). Цель, которую ставит перед мировой общественностью Всемирный Союз охраны природы, – добиться расширения охраняемых территорий до размеров, составляющих 10 % площади каждой крупной растительной формации (биома) и, следовательно, мира в целом. Это способствовало бы не только охране биоразнообразия, но и повышению устойчивости географической среды в целом.

ЛЕКЦИЯ 8

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЛАРУСИ

Экологическая ситуация в Беларуси регулярно анализируется и оценивается Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды, а также научными учреждениями страны. В наиболее полном объеме результаты такого анализа и оценки публикуются в ежегодно издаваемых Институтом природопользования НАН Беларуси совместно с Минприроды экологических бюллетенях «Состояние природной среды Беларуси». Обобщение материалов, содержащихся в этих бюллетенях, дает возможность получить представление не только о современном состоянии экологической ситуации в стране, но и о тенденциях ее развития, что имеет значение для оценки эффективности проводимой государством экологической политики.

Геоэкологические проблемы Беларуси по масштабам негативного воздействия можно разделить на три группы:

- республиканские (влияющие на функционирование всего государства);
- региональные (касающиеся отдельных регионов);
- локальные (проявляющиеся на отдельных территориях).

К наиболее острым экологическим проблемам Беларуси относятся: радиоактивное загрязнение территории в результате Чернобыльской аварии, деградация ландшафтов Белорусского Полесья под влиянием мелиорации, деградация окружающей среды в Солигорском горнопромышленном районе; проблема столичного «перегретого» региона. Для решения этих проблем необходимо проведение целого комплекса специальных мероприятий.

Загрязнение территории радионуклидами. В апреле 1986 г. произошла авария на Чернобыльской АЭС. По своим масштабам авария на ЧАЭС является самой крупной за всю историю использования атомной энергии. Почти 70 % радиоактивных выбросов выпали на сельхозугодья, леса, населенные пункты Беларуси. Большая территория была загрязнена изотопами йода, цезия, стронция, плутония. Беларусь объявлена зоной экологического бедствия и ещё на протяжении многих десятилетий будет сохранять статус экологически неблагоприятной территории.

Загрязнение йодом в настоящее время не наблюдается, поскольку он распался. Но в первые дни после аварии повышение доли излучения из-за йода-131 наблюдалось по всей территории республики. Это привело к повышению уровня заболеваемости щитовидной железой у детей.

Сейчас наибольшую угрозу вызывают радионуклиды цезия-137 и стронция-90. Плотность загрязнения цезием более 1 Ки/км² наблюдается на 46,5 тыс. км², что составляет более 20 % площади страны. Больше всего пострадали юго-восточные и восточные районы Гомельской и Могилёвской областей. Радионуклидами оказались загрязнены более 70 % Гомельской и 36 % Могилёвской области.

Наибольшая плотность загрязнения цезием-137 характерна для Брагинского, Хойникского и Наровлянского районов Гомельской области. Большое пятно загрязнённой территории находится на границе Гомельской и Могилёвской областей (Ветковский, Чечерский, Кормянский, Краснопольский, Чериковский, Славгородский районы). Тут плотность загрязнения цезием-137 превышает 40 Ки/км².

Пятна с меньшим уровнем загрязнения имеются в других областях страны. Районы с плотностью загрязнения по цезию-137 свыше 1 Ки/км² охватывают 41 город и посёлок городского типа и почти 3000 сельских населённых пунктов. В них проживает около 1,6 млн. человек. Загрязнено более 1,8 млн. га сельскохозяйственных земель, из которых 264 тыс. га полностью выведены из оборота. За более чем 20-летний период после аварии содержание радионуклидов в почвах сократилось примерно на одну четверть по причине естественного распада. Установлено снижение подвижности цезия-137 и его доступности для растений в 10-12 раз. Но в лесах на площади свыше 2 млн. га запрещён сбор ягод и грибов.

Региональная экологическая проблема Полесья. На протяжении XX в. на Полесье проводилась широкомасштабная мелиорация. Её результатом стало то, что почти половина сельхозугодий региона (2 млн. га) – это мелиорированные земли.

К сожалению, мелиорация проводилась без учёта устойчивости ландшафтов к антропогенному воздействию. Вместе с положительными результатами она привела и к негативным. Изменился микроклимат болот и даже мезоклимат Полесья. Сократилось количество осадков, что приводит к частым засухам. Уменьшение площади болот привело к сокращению поступления кислорода в атмосферу.

Неправильное использование мелиорированных земель под пропашные культуры привело к деградации почв и преобразованию болот в «искусственные» пустыни. Уменьшилось биологическое разнообразие Полесья, сократилось количество малых рек. Многие из них превратились в обвалованные каналы. Понизился уровень грунтовых вод, что ускорило зарастание озёр.

Вдобавок к этой проблеме на территории Полесья значительные площади загрязнены радионуклидами, что еще более усиливает негативный эффект.

Проблема Солигорского горно-промышленного района. Наиболее сильное воздействие на окружающую среду наблюдается в районах добычи полезных ископаемых и носит необратимый характер. В Беларуси стоит проблема деградации природы в районе Солигорского горно-промышленного узла. Калийные соли Старобинского месторождения начали разрабатывать в 60-х гг. XX столетия, что привело к возникновению региональной экологической проблемы. Она охватывает территорию Солигорского, и, частично, Слуцкого и Любанского районов площадью более 200 км².

Калийное производство приводит к накоплению отходов. На земной поверхности образовались терриконы высотой до 100–120 м (рис. 76). Объём твёрдых солевых отходов превысил 700 млн. т. Накопилось более 65 млн. т жидких шламов. Под солеотвалами и шламохранилищами занято около 1,4 тыс. га земель. Под галитовыми отходами наблюдается засоление почв, поверхностных и подземных вод. Глубина засоления подземных вод превышает 120 м. Площади засоления постоянно увеличиваются. Раздувание отходов ветром приводит к загрязнению воздуха.

Над выработками калийных руд образовались просадки земной поверхности. Они вызвали заболачивание сельхозземель, образование в стенах трещин, возникновение техногенных землетрясений. Пути решения проблемы заключаются в применении безотходных технологий и захоронении отходов в выработанных шахтах.

Проблема столичного перегретого региона.

В г. Минске концентрируется пятая часть населения страны и производится четвертая часть всей промышленной продукции. Такая концентрация приводит к увеличению нагрузки на окружающую среду. С учетом Минского района эти цифры становятся еще больше. По количеству выбросов загрязняющих веществ в воздух Минск по итогам 2010 года оказался на втором месте в Беларуси после Новополоцка (31 тысяча тонн против 50 тысяч). Среди предприятий наибольшая доля загрязнений приходится на предприятия машиностроения и энергетики (Минский тракторный завод, Минскую ТЭЦ-4, Минскую ТЭЦ-3, Минский автомобильный завод, Минский завод отопительного оборудования, Минские тепловые сети, Атлант и др.).

В городе иногда наблюдается краткосрочное превышение предельно допустимых концентраций вредных веществ – в частности, формальдегида и аммиака в окрестностях Минского автомобильного завода и микрорайоне Шабаны. Также зарегистрированы значительные количества хрома-VI и диоксида азота. Наиболее загрязнёнными являются улицы Тимирязева, Челюскинцев, Богдановича, Радиальная, Казинца, Шаранговича, Судмалиса, Шабаны, Бобруйская, Щорса, площадь Свободы и их окрестности. Наиболее загрязнённой в целом является юго-восточная часть Минска (Заводской, Ленинский и Партизанский районы).

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды рассматривает возможность внесения предложения о запрете на въезд в центр города автомобилей с неэкологичными двигателями. В 2008 году было озвучено намерение вынести за черту города предприятия третьего класса опасности, в том числе МАЗ и МТЗ.

Локальные экологические проблемы. Экологические проблемы, связанные с работой хозяйственного комплекса Беларуси являются более динамичными. Их обострение зависит от продолжительности воздействия и от метеорологических условий года. Как правило, это локальные экологические проблемы.

Одной из наиболее острых является проблема загрязнения атмосферного воздуха в городах и промышленных центрах республики. В Беларуси сейчас действует более 2 тыс. предприятий. Вместе с автотранспортом они ежегодно выбрасывают в атмосферу около 1,5 млн. т вредных веществ. Среди них – оксиды углерода, серы, азота, углеводороды, фенол, формальдегид, пыль. В последние годы произошло сокращение уровня загрязнения воздуха. По сравнению с 1990 г. объемы выбросов сократились в 2 раза. Но остаётся напряженная ситуация с выбросами формальдегида. Величина показателя суммарных выбросов, рассчитанная на единицу площади, составляет 7,4 т/км². В пересчете на душу населения показатель выбросов составил 0,16 т/чел. Среди городов Беларуси наибольшие объемы выбросов в последние годы наблюдаются в Новополоцке (около 80 тыс.т) и Минске (около 35 тыс.т).

Качество воздуха городов Беларуси лучше, чем в странах Европы. Стабильная экологическая обстановка сохранилась в девяти из семнадцати контролируемых городов страны: Бобруйске, Гродно, Новополоцке, Полоцке, Новогрудке, Жлобине, Светлогорске, Минске и Солигорске. Повышенное содержание формальдегида в течение года отмечено в отдельных районах Бреста, Витебска, Гомеля, Мозыря, Орши и Пинска, твердых частиц – в Речице. Нестабильная экологическая обстановка сложилась в Могилеве, где к «проблемным» отнесены все контролируемые районы города.

Основным источником загрязнения воздуха является автомобильный транспорт. Доля его выбросов составляет около 70 % от суммарных. С выхлопными газами автомобилей в воздух поступают оксиды углерода и формальдегид. В 90-х гг. прошлого века в Беларуси перестали использовать этилированный бензин. Это привело к прекращению загрязнения воздуха свинцом. Увеличилась доля машин с меньшими расходами топлива на километр пробега. Улучшилось качество топлива, практически 50 % составила доля дизельного топлива. Поэтому, несмотря на увеличение количества автомобилей, роста выброса вредных веществ не происходит.

Второй локальной экологической проблемой является *загрязнение поверхностных и подземных вод*. Объёмы сточных вод промышленных предприятий, животноводческих комплексов, коммунально-бытового хозяйства составляют свыше 1 млрд. м³ в год. Вместе с ними в реки и озёра попадают нефтепродукты, нитраты, хлориды и другие вредные вещества.

Города и промышленные предприятия имеют сооружения для очистки стоков. Поэтому в водоёмы поступают очищенные воды. Объём неочищенных вод не превышает 2 %. Более половины сточных вод даёт коммунальное хозяйство. Из промышленных предприятий наибольшие объёмы сточных вод дают химические и машиностроительные заводы. Загрязнение вод в результате сельскохозяйственного производства носит площадной характер. Малые реки Беларуси часто загрязняются стоками животноводческих комплексов.

В последние годы качество воды рек улучшилось. Большинство рек страны относится к чистой или относительно чистой категории, изредка уме-

ренно загрязненной. Наиболее загрязнена река Свислочь ниже Минска (относится к категории грязных). На реках республики ежегодно фиксируются превышения ПДК вредных веществ в 5 – 20 раз. Особенно часто указанные превышения фиксировались по железу общему (85–100% от общего количества определений), марганцу (76–98%) и меди (55–91%). По цинку они составили 8–100%, азоту нитритному – 10–75, азоту аммонийному – 13–68, БПК5 – 4–62, нефтепродуктам – 2–22%

Между бассейнами основных рек существуют различия по качеству вод. Исходя из этих различий, бассейны распределяются в следующей последовательности (в порядке ухудшения качества): бассейн Немана – Западной Двины – Припяти – Западного Буга – Днепра. К бассейну относится самый грязный водоток страны (р. Свислочь).

Качество подземных вод соответствует требованиям санитарных норм по питьевому водообеспечению. Только в местах крупных промышленных предприятий, районах добычи нефти, калийных солей отмечено ухудшение качества вод. В сельской местности в качестве питьевой воды используются грунтовые воды. Из-за малых глубин залегания они загрязнены нитратами. Более 70 % деревенских колодцев характеризуются превышением допустимых уровней загрязнения.

Проблема *загрязнения и деградации почв* наиболее остро стоит в районах распространения водной и ветровой эрозии, а также в местах свалок промышленных и бытовых отходов, вдоль автомагистралей. Количество тяжелых металлов в почвах городов в последние годы значительно уменьшилось. Однако зоны с высоким уровнем загрязнения сохраняются.

Прямое разрушение почвенного покрова в связи с ведением строительных работ и добычей полезных ископаемых, так же как и в предыдущем году, не отличалось интенсивностью. Площадь нарушенных земель в стране продолжает сокращаться. В настоящее время площадь деградированных земель составила 5,2 тыс.га. Причем половина из этой площади приходится на Минскую область и 29 % – на Брестскую.

Эродированные почвы охватывают примерно десятую часть пахотных земель. Деградированные торфяные – почти четверть общей площади торфяных почв, используемых в сельском хозяйстве.

В городах основными загрязнителями почв выступают нефтепродукты и тяжелые металлы и, в меньшей степени, – сульфаты. Среди тяжелых металлов ведущая роль принадлежит кадмию, свинцу и цинку.

Проблема *накопления и утилизации промышленных и бытовых отходов* за последние десятилетия усилилась. Каждый год образуется более 40 млн. т отходов. Уровень переработки отходов составляет всего около 15 %. Они накапливаются на полигонах промышленных и бытовых отходов. В них содержится более 900 млн. т отходов. Почти 80 % промышленных отходов связано с калийным производством и расположено в Солигорском горно-промышленном районе. Существует проблема утилизации и комплексной переработки отходов.

Определяющий вклад в образование отходов производства продолжало вносить одно предприятие – РУП «Беларуськалий», на долю которого пришлось около 96,4 % от всего их объема. Соответственно, динамика образования отходов в стране в решающей мере зависит от функционирования данного предприятия. Еще 2,1 % составляют отходы фосфогипса Гомельского химического завода.

Большие объемы накопленных отходов РУП «Беларуськалий» и Гомельского химического завода служат источниками засоления и загрязнения подземных вод в местах их складирования. Под солеотвалами и шламохранилищами калийных комбинатов водоносные горизонты загрязняются преимущественно калием, натрием, кальцием, магнием и хлоридами. Под отвалами фосфогипса – сульфатами, фосфатами и фтором.

Наряду с отходами производства продолжилось увеличение образования и коммунальных отходов. В стране организован их централизованный вывоз из городских и сельских населенных пунктов с последующим захоронением на полигонах твердых коммунальных отходов и мини-полигонах.

Чтобы уменьшить потери ценных вторичных ресурсов и снизить вероятность загрязнения окружающей среды, применяется отдельный сбор коммунальных отходов. В последние годы отдельным сбором было охвачено свыше 50 % городского населения. Удельный вес заготовленных вторичных материальных ресурсов составил примерно 6,4% от общего количества коммунальных отходов.

Природоохранные территории

Для сохранения природных комплексов в естественном состоянии, создаются природоохранные территории. В Беларуси к ним относятся: заповедники, национальные парки, заказники и памятники природы.

Каждый из типов природоохранных объектов имеет особый режим охраны. Вместе они образуют сеть охраняемых природных территорий республиканского и местного значения. К первым в Беларуси относятся 1 заповедник, 4 национальных парка, 84 заказника и 305 памятников природы. К объектам местного значения - 349 заказников и 544 памятников природы. Суммарно они занимают площадь около 1,6 млн. га, что составляет 7,7 % территории страны. Отдельные охраняемые природные территории Беларуси имеют международное признание. Статус международных биосферных резерватов имеют Березинский биосферный заповедник, национальный парк Беловежская пуца и заказник Прибужское Полесье. Кроме того, еще 57 объектов являются ключевыми ботаническими территориями, либо водно-болотными угодьями международного значения.

Заповедники. В заповедниках запрещены все виды хозяйственной деятельности. Основными их задачами являются: сохранение природных комплексов в естественном состоянии и проведение научных исследований. В Беларуси полный заповедный режим поддерживается только на территории Березинского заповедника.

Березинский биосферный заповедник основан в 1925 г. для охраны и разведения ценных птиц и животных (бобров). В 1978 г. он вошёл в систему международного наблюдения за состоянием природной среды и получил статус биосферного.

Заповедник занимает площадь свыше 80,2 тыс. га и расположен на границе Витебской и Минской областей (рис.71). Центр заповедника – в деревне Домжерицы Лепельского района. Заповедник в основном расположен на Верхнеберезинской низине. В нем сохранились уникальные комплексы болот и черноольховых лесов. Более 30 видов растений и около 10 видов животных заповедника занесены в Красную книгу Беларуси. В заповеднике известно более 200 поселений бобров, самая крупная популяция бурых медведей, ре-аклиматизированы зубры.

Природные национальные парки. На рубеже XX и XXI вв. в Беларуси появился новый вид природоохранных территорий – национальные парки. Основные их задачи: сохранение уникальных природных комплексов, проведение научных исследований, хозяйственной деятельности, прежде всего рекреационной, организация экологического просвещения, сохранение культурного наследия. В каждом национальном парке выделяются зоны с разной степенью охраны.

Первый национальный парк – «Беловежская пуца» – создан в 1991 г. на базе одноименного заповедника [2]. Беловежская пуца занимает площадь около 152,2 тыс. га, в том числе 66 тыс. га охранный зона. Расположена на границе Брестской и Гродненской областей. Центр – деревня Каменюки Каменецкого района. Абсолютно заповедная зона национального парка занесена ЮНЕСКО в Список мирового наследия и имеет статус биосферного заповедника (рис. 72). Национальный парк является последним естественным местом обитания зубра. Сейчас в пуце работает музей природы, расположена резиденция белорусского Деда Мороза.

Национальный парк «Браславские озёра» создан в 1995 г. Он расположен в Браславском районе Витебской области, с центром – в г. Браслав. Занимает площадь 69,7 тыс. га (рис. 73). Основная цель создания национального парка – сохранение уникальных природных комплексов Браславской озёрной группы.

На юге Беларуси расположен национальный парк «Припятский». Он находится в Гомельской области и занимает площадь 83,7 тыс. га. Образован в 1996 г. на базе одноименного ландшафтно-гидрологического заповедника. Основная цель создания – сохранение уникальных пойменных ландшафтов Полесья. Национальный парк расположен преимущественно на правом берегу реки Припять в междуречье Ствиги и Уборти (рис. 74). Административно-хозяйственный и научный центр парка находится в д. Лясковичи Петриковского района.

Национальный парк «Нарочанский» создан в 1999 г. Он расположен на севере Минской области в Мядельском районе. Научный центр – курортный посёлок Нарочь. Занимает площадь 94 тыс. га. Основой национального парка

является Нарочанская группа озёр. Значительную площадь занимает рекреационная зона. В пределах национального парка расположена крупнейшая в республике курортная зона.

Заказники занимают почти 70 % от общей площади охраняемых территорий. Они создаются с целью сохранения одного либо нескольких компонентов природных комплексов и поддержания общего экологического баланса. На территории Беларуси выделяется 84 заказников республиканского значения, общей площадью более 830 тыс. га и около 350 заказников местного значения. Заказники делятся на 3 группы: ландшафтные, биологические и гидрологические.

Ландшафтные заказники предназначены для сохранения особо ценных природных комплексов. Сейчас на территории Беларуси выделяется более 25 заказников общей площадью свыше 400 тыс. га.

Самыми многочисленными являются биологические заказники. Они предназначены для сохранения и восстановления ценных в хозяйственном отношении редких и исчезающих видов растений и животных. В Беларуси насчитывается свыше 50 биологических заказников, которые распространены по всей территории страны.

Гидрологические (болотные, озёрные, речные) заказники предназначены для сохранения ценных водных объектов. Сейчас на территории Беларуси выделяется около 20 гидрологических заказников.

Ряд небольших по площади природных объектов Беларуси отличается своей уникальностью. Они имеют научное значение, и иногда созданы искусственно. К ним относятся парки, участки ценных насаждений, редкие деревья, геологические обнажения, валуны, редкие формы рельефа. Все эти объекты утверждаются государством в качестве памятников природы. В Беларуси выделяется более 300 памятников природы республиканского и более 540 местного значения. Они делятся на 3 группы: геологические, биологические и гидрологические.

Перспективы расширения сети природоохранных объектов. Расчёты учёных показывают, что природоохранные территории должны занимать около 10 % площади страны. Площадь природоохранных объектов в Беларуси заметно меньше и расположены они неравномерно. Наибольшая площадь природоохранных территорий приходится на Витебскую область, наименьшая – на Могилевскую.

Еще одна охраняемая территория – Полесский радиационно-экологический заповедник – не входит в сеть природоохранных территорий, так как возник не целенаправленно, а в результате аварии на ЧАЭС. Занимает 30-километровую зону отселения с наиболее высокой степенью загрязнения. В нём не ведётся хозяйственная деятельность. На площади более 140 тыс. га осуществляется только радиобиоэкологический мониторинг компонентов природных комплексов.

ЛЕКЦИЯ 9

ПРОИЗВОДСТВО И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

По современной классификации промышленности к электроэнергетике относятся тепловые (ТЭС), гидравлические (ГЭС), атомные (АЭС) и прочие электростанции, электрические и тепловые сети, самостоятельные котельные. На ее долю приходится 3% валовой продукции промышленности и 16,0% основных производственных фондов (1979 г.).

Продукцией отрасли является электрическая и тепловая энергия (от ТЭЦ и самостоятельных котельных). Ныне нет ни одного производства, которое не пользовалось бы электрической и тепловой энергией. Широкому применению электрической энергии способствует ее универсальный характер. Она легко превращается в другие виды энергии, передается на большие расстояния с относительно небольшой ее потерей, легко дробится в любой пропорции. Указанные особенности электрической энергии обеспечили ее широкое применение как двигательной силы, в получении света, тепла, электрохимических и электрометаллургических процессах.

Развитие электроэнергетики основывается на использовании энергетических ресурсов. Они делятся на невозобновляемые и возобновляемые. К числу первых относятся все топливные ресурсы, за исключением дров, а также ядерное «горючее» – уран, торий и плутоний.

Возобновляемые энергоресурсы – это энергия рек, ветра, приливов и отливов, лучистая энергия солнца, растительное топливо. Они практически неисчерпаемы, так как возобновляются или постоянно, или в течение определенного периода.

подавляющая часть электроэнергии производится на базе невозобновляемых энергетических ресурсов, которые все более используются человечеством. Уран, торий и плутоний – это наиболее концентрированный вид энергетических ресурсов. 1 кг урана выделяет 21 млрд. ккал, или в 3 млн. раз больше, чем уголь, следовательно, 1 кг урана эквивалентен 3000 т угля.

Запасы гидроэнергии рек исчисляются в киловаттах. Они находятся в прямой зависимости от расхода воды (количества воды, протекающей в 1 с) и от высоты напора и могут быть исчислены по каждому возможному створу ГЭС по формуле:

$$M = P \text{ м}^3/\text{с} \cdot V,$$

где M – мощность водного потока в данном створе; P – расход воды в $\text{м}^3/\text{с}$; V – высота падения водного потока (напор). Поскольку 1 $\text{м}^3/\text{с}$ представляет собой 1000 кг/с, то формула может быть записана так:

$$M = 1000 \text{ кг/с} \cdot P \cdot V.$$

Известно, что $75 \text{ кг/м (1 л. с.)} = 0,736 \text{ кВт}$, тогда $M = (1000 \text{ кг/с: } 75 \text{ кг/м} = 13,333 \text{ л. с.)} \cdot P \cdot V$, или $M = 0,736 \cdot 13,333 \cdot P \cdot V = 9,81 \cdot P \cdot V \text{ кВт}$.

Учитывая гарантированный напор воды, составляющий 80–85% (или коэффициент 0,8–0,85), указанная формула приобретает окончательный вид:

$$M = 8 P \cdot V \text{ кВт.}$$

Указанная формула используется для расчетов возможной мощности ГЭС в данном створе реки при определенной высоте плотины.

Кроме деления топливно-энергетических ресурсов на топливные и нетопливные, возобновляемые и невозобновляемые, их еще подразделяют на первичные и вторичные.

Ко вторичным энергетическим ресурсам относятся доменный и коксовый газ, горючие отходы других производств, тепло отходящих газов промышленных печей, горячая вода, полученная в системе охлаждения, отработанный пар в силовых промышленных установках и т. п.

Задача сводится к наиболее полному и эффективному использованию как первичных, так и вторичных энергетических ресурсов.

Тепловые электростанции (ТЭС)

Тепловые электрические станции представляют собой совокупность установок, основным технологическим назначением которых является преобразование химической энергии сжигаемого топлива в тепловую, а последней – в электрическую. Тепловая электростанция состоит из котельной, парового котла, турбины, генератора и распределительной подстанции.

Химическая энергия топлива освобождается при его сжигании в котельной. При этом образуется тепловая энергия, с помощью которой нагревается вода в паровом котле, превращаясь в пар. Поскольку в паровом котле устанавливается высокое давление (до 250–300 атмосфер), то пар находится в перегретом состоянии и обладает большой кинетической энергией. Из парового котла перегретый пар поступает через сопла на лопатки турбины, приводя ее в движение.

В блоке с паровой турбиной смонтирован синхронный генератор. С помощью последнего механическая энергия вращающейся турбины преобразуется в электрическую энергию.

На подстанции ТЭС электрический ток получает нужное напряжение и передается по проводам потребителям. ТЭС имеют установки для подачи холодной воды в конденсаторы, в которых происходит охлаждение отработанного пара. Охладив пар, вода нагревается и возвращается в источник водоснабжения. Электростанция мощностью 2,4 млн. кВт расходует 300 тыс. м³ воды в час и 1800 т топлива (12–14 млн. т бурого угля в год).

Тепловые электростанции делятся на два вида – конденсационные (КЭС), которые вырабатывают только электроэнергию, и теплофикационные

(ТЭЦ). ТЭЦ вырабатывает электрическую и тепловую энергию в виде горячей воды или пара.

КЭС вырабатывает энергию за счет работы пара. Отработанный пар конденсируется. Полученная при конденсации пара вода поступает в паровой котел. Она имеет температуру 20–25° и является носителем тепловой энергии. Низкая температура воды не позволяет использовать ее в промышленных целях. Коэффициент полезного действия (КПД) КЭС составляет 25–43% (в зависимости от мощности турбин, электростанций и параметров пара).

Установка более мощных турбин, как видно, ведет к повышению КПД, сокращению удельных капиталовложений. При строительстве ТЭС себестоимость одного установленного киловатта при блоках 300 МВт в среднем составляет 128 руб., а при блоках 100 МВт – 210 руб./кВт. Переход к блокам 500 МВт дает экономию на капиталовложениях по сравнению с блоками 300 МВт 7%, а переход к опокам 800 МВт – 10%- Уже создан блок мощностью 1200 тыс. кВт для Костромской ТЭС.

В связи с ростом мощностей КЭС до нескольких миллионов киловатт их размещение все более тяготеет к местам концентрации дешевого угля, нефтепереработки и магистральным газопроводам (с учетом обеспеченности водой), ибо транспортировка (передача) электроэнергии обходится дешевле, чем транспортировка топлива. К тому же перевозка огромных масс топлива сильно загружает железнодорожный транспорт. В то же время в области передачи электроэнергии открываются все большие возможности в связи с использованием сверхмощных напряжений. Поэтому в бурюгольных бассейнах формируются топливно-энергетические комплексы (ТЭК) регионального, межрайонного и союзного значения – Канско-Ачинский топливно-энергетический комплекс (КАТЭК), Экибастузский ТЭК и другие.

На ТЭС, кроме паровых турбин, устанавливаются и газовые турбины.

Технико-экономические показатели турбин разной мощности

Показатели	Мощность турбин, МВт				
	200	300	500	800	1200
Вес (масса) на 1 кВт, кг	2,8	2,2	1,71	1,66	1,58
Удельный расход тепла, кДж. на 1 кВт*ч	478	440	436	434	430
Объем главного корпуса, м ³ на кВт	0,79	0,70	0,54	0,40	0,30

Газовая турбина приводится в движение газами, образовавшимися от сгорания газа или мазута. Топливо сжигается в специальной камере, где температура поднимается до 1500°. Выходя из камеры, газы смешиваются с холодным воздухом, который понижает их температуру до 600–800°, и направляются на турбину, приводя ее в движение. Отработанный газ используется для подогрева воздуха, подаваемого в камеру сгорания. Газовая турбина приводится в движение в течение нескольких минут вместо 7–8 часов, необходимых для начала выработки электроэнергии паротурбинной ТЭС. К тому же в данном технологическом процессе не требуется вода. КПД газотурбинных электростанций – 30–35%. Газотурбинные ТЭС создаются для снятия пиковых (наибольших в течение суток) нагрузок, особенно в энергосистемах, где

недостает ГЭС для этих целей. Существуют также установки переходного типа – парогазовые (КПД до «44%).

ТЭЦ отличаются от КЭС тем, что на них часть пара отбирается с турбины и отводится к потребителям или специальной установке-цилиндру, называемому бойлером, через который проходят трубы, нагреваемые отработанным (чаще частично отработанным) паром. Циркулирующая по ним вода нагревается до кипения, а затем от бойлера подается по теплотрассе потребителю.

Отработанный пар, пройдя через бойлер и отдав тепловую энергию, конденсируется и возвращается в паровой котел. Следовательно, отличие состоит в том, что на ТЭЦ установлен бойлер, который является аккумулятором тепловой энергии отработанного пара. Кроме этого, турбины ТЭЦ отличаются конструкционно, так как позволяют производить промежуточный отбор пара с турбины для целей пароснабжения.

ТЭЦ имеют экономическое преимущество перед КЭС, здесь КПД достигает 65–70% против 30–43% на КЭС. С работой ТЭЦ отпадает необходимость иметь в городах маломощные котельные, которые поглощают рабочую силу и загрязняют окружающую среду.

Так как подача горячей воды ТЭЦ технически возможна на расстояние до 30 км, а пара – лишь на 5–7 км, то ТЭЦ размещаются в центрах потребления пара и горячей воды – в городах. За счет ТЭЦ отапливается около 40% городских поселений нашей страны. Работает первая в мире атомная ТЭЦ (АТЭЦ) – Билибинская.

Крупнейшая в мире – Тайчжунская ТЭС в Тайване. Общая установленная электрическая мощность станции составляет 5 780 МВт. На ТЭС установлено десять энергоблоков по 550 МВт каждый, которые используют в качестве топлива уголь и четыре дополнительных блока по 70 МВт на природном газе. Среднегодовая выработка составляет 42 млрд кВт·ч. В России наиболее мощной являются Сургутской ГРЭС-2 (Установленная электрическая мощность составляет 5 597,1 МВт, работает на попутном нефтяном газе и природном газе).

Крупнейшая в Беларуси ТЭС – Лукомльская ГРЭС. Установленная мощность станции – 2459,5 МВт, что составляет более 30 % от установленной мощности всей энергосистемы страны.

Гидравлические электростанции (ГЭС)

Гидравлические электростанции используют энергию водных потоков, которая, как упоминалось выше, определяется количеством протекающей воды в потоке и высотой ее падения. В 1979 г. мощности на ГЭС достигли 49,9 млн. кВт, а выработка электроэнергии – 14% от всей выработки в стране.

Для работы ГЭС не требуется топливо и, следовательно, транспорт; вырабатываемая энергия ГЭС дешевле, чем на ТЭС. Работа ГЭС легче механизмуется и автоматизируется. Срок их службы более продолжителен, чем

срок службы ТЭС. Создание ГЭС дает возможность решить ряд других народнохозяйственных задач: обводнения земель, судоходства, рыболовства. Таким образом, создаваемые водохранилища должны использоваться комплексно, что повышает их эффективность.

Недостатки ГЭС – сезонные колебания в выработке электроэнергии, примерно в 2 раза больший расход средств, чем для строительства ТЭС такой же мощности, большая продолжительность строительных работ.

В зависимости от конструктивных особенностей различают несколько видов ГЭС – плотинные (русловые и совмещенные) и деривационные. При строительстве плотинных ГЭС обязательно строится плотина, создающая напор воды. У деривационных электростанций вода к турбинам подается или по отводному каналу, или по специальным трубам. Деривационные электростанции создаются в горной местности, на горных реках, где большой уклон русла реки и большой естественный напор воды. Мощность этих электростанций небольшая. Создаются и смешанные приплотинно-деривационные электростанции. У них напор создается как плотиной, так и деривацией.

ГЭС представляют собой комплекс сооружений, включающий, как правило, плотину, здание электростанции, часто шлюзы, а иногда и рыбоходы. Плотина поднимает уровень воды выше от нее по течению. Уровень воды, находящийся за плотиной, называется верхним бьефом, ниже – нижним бьефом. Разность в уровне бьефов называют напором воды.

При создании плотинных ГЭС образуются водохранилища, размер которых может быть от нескольких сотен до нескольких десятков тысяч квадратных километров, что во многом зависит от высоты плотины и рельефа местности. Водоохранилища выступают в качестве аккумуляторов воды весенних потоков и создают условия для более или менее равномерной работы ГЭС.

Плотины ГЭС могут быть водосливными или глухими. Водосливные плотины имеют отверстия для сброса воды из верхнего бьефа, глухие не имеют.

Плотина крупных электростанций, как правило, имеет ширину основания до 300 м и сужается кверху в виде трапеции до 50 м. Большой размер основания необходим для удержания огромного количества воды. По верхней части плотины, как правило, прокладываются шоссейные или железнодорожные пути.

В случае необходимости при ГЭС строятся шлюзы – специальные сооружения для пропуска судов. С их помощью происходит процесс подъема корабля из нижнего бьефа в верхний или его опускание из верхнего бьефа в нижний. В ряде случаев создаются специальные рыбоходы.

Здания ГЭС сооружаются на берегу реки или в теле самой плотины. В здании ГЭС устанавливаются турбины, к валу которых крепятся генераторы. Рабочее колесо турбины находится почти на уровне нижнего бьефа.

Работа ГЭС сводится к следующему. Вода из верхнего бьефа устремляется в специальные отверстия, а через них падает на лопасти турбины и при-

водит их в движение. Вместе с турбиной приводится в движение и генератор, который преобразует механическую энергию в электрическую.

Самая крупная ГЭС в мире – «Три ущелья» на реке р. Янцзы, Китай (22400 МВт, выработка – 100,00 млрд. кВт•ч); Итайпу (14000 МВт, выработка – 100,00 млрд. кВт•ч) на р. Парана, Бразилия/Парагвай.

В Российской Федерации – Саяно-Шушенская ГЭС на реке Енисей (мощность – 6400 МВт), а ежегодная выработка – 24 млрд. кВт • ч. ГЭС оборудована десятью гидроагрегатами по 640 тыс. кВт (для сравнения: агрегаты Красноярской ГЭС – 500 тыс. кВт, Братской – 225 тыс. кВт, Волжских – 115 тыс. кВт).

Себестоимость электроэнергии, вырабатываемой на ГЭС, ниже, чем на ТЭС. Дешевизна гидравлической энергии позволяет создавать на ее базе электроемкие производства. Одним из направлений гидротехнического строительства является создание каскада электростанций. Каскад гидроэлектростанций имеет ряд преимуществ перед одиночной ГЭС: более полно используются гидроресурсы реки, создается глубоководный путь на всем ее протяжении, работают ГЭС каскада более ритмично и наиболее эффективно. В нашей стране созданы каскады электростанций на Волге, Днестре, Раздане, Ангаре и др.

Новым направлением в развитии гидроэнергетики является создание гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС). Первая в СССР Киевская ГАЭС мощностью 225 МВт вошла в строй в начале января 1975 г. Принцип ее работы следующий. Создается водохранилище за счет плотины. В дневное время для снятия пиковых нагрузок ГАЭС работает, как обычная ГЭС. В ночное время, когда потребление электроэнергии падает, гидроагрегаты ГАЭС работают как насосы, перекачивая воду из нижнего бьефа в верхний, повышая его уровень и напор. Во время пиковых нагрузок накачанная в водохранилище вода сбрасывается, пройдя через турбины ГАЭС.

Атомные электростанции (АЭС)

История атомной энергетики началась в июне 1954 г., когда в г. Обнинске Калужской области вошла в строй первая в мире АЭС мощностью 5 тыс. кВт. Основой АЭС является ядерный реактор, в котором происходит управляемая реакция деления ядерного топлива с образованием большого количества тепла. Важнейшими ядерными топливами являются уран-235 и плутоний-239.

Уран-235 входит в состав природного урана по числу атомов в количестве 0,714%, что достаточно для работы реактора на природном уране. Около 0,006% в природном уране составляет уран-234, не играющий практически никакой роли в работе реактора. Остальные 99,28% в природном уране составляет уран-238, ядра атомов которого устойчивее, чем ядра атомов урана-235 и поэтому значительно меньше подвержены делению. В большинстве реакторов используют в качестве топлива уран с повышенным до нескольких

процентов по сравнению с природным содержанием урана-235, который называют обогащенным ураном. Деление ядра урана или плутония происходит в результате захвата нейтрона делящимся ядром. При делении ядра вылетают как минимум два нейтрона, которые в свою очередь способны вызвать деление других ядер. Этим обусловлено возникновение самоподдерживающейся цепной реакции. Образующиеся при делении ядра так называемые быстрые нейтроны имеют начальную скорость до 20 000 км/с.

Для того чтобы повысить захват нейтронов ядрами атомов урана-235 или плутония-239, необходимо скорость этих нейтронов уменьшить до так называемых тепловых скоростей. С этой целью в ядерный реактор вперемешку с топливом помещают вещество, способное заместить нейтроны, так называемый замедлитель (графит, воду, тяжелую воду, бериллий). Ядерная реакция деления происходит в активной зоне, которая формируется из замедлителя и тепловыделяющих элементов, сердечник которых состоит из ядерного топлива.

Ядерные реакторы обычно классифицируют по используемому топливу (природный или обогащенный уран), применяемому теплоносителю – веществу, выносящему тепло из активной зоны реактора (тяжелая вода, обычная вода, жидкие металлы, газ, органический теплоноситель), по скорости нейтронов (тепловые, быстрые, промежуточные).

Схема работы атомной электростанции с двухконтурным водяным энергетическим реактором. Энергия, выделяемая в активной зоне реактора, передаётся теплоносителю первого контура. Далее теплоноситель поступает в теплообменник (парогенератор), где нагревает до кипения воду второго контура. Полученный при этом пар поступает в турбины, вращающие электрогенераторы. На выходе из турбин пар поступает в конденсатор, где охлаждается большим количеством воды, поступающим из водохранилища.

Компенсатор давления представляет собой довольно сложную и громоздкую конструкцию, которая служит для выравнивания колебаний давления в контуре во время работы реактора, возникающих за счёт теплового расширения теплоносителя. Давление в 1-м контуре может достигать до 160 атмосфер (ВВЭР-1000).

Помимо воды, в различных реакторах в качестве теплоносителя могут применяться также расплавы металлов: натрий, свинец, эвтектический сплав свинца с висмутом и др. Использование жидкометаллических теплоносителей позволяет упростить конструкцию оболочки активной зоны реактора (в отличие от водяного контура, давление в жидкометаллическом контуре не превышает атмосферное), избавиться от компенсатора давления.

В случае невозможности использования большого количества воды для конденсации пара, вместо использования водохранилища вода может охлаждаться в специальных охладительных башнях (градирнях), которые благодаря своим размерам обычно являются самой заметной частью атомной электростанции.

Водо-водяной ядерный реактор – реактор, использующий в качестве замедлителя и теплоносителя обычную (лёгкую) воду. Наиболее распространённый в мире тип водо-водяных реакторов – с водой под давлением. В России производятся реакторы ВВЭР, в других странах общее название таких реакторов PWR (Реактор с водой под давлением, англ. Pressurized water reactor). Другой тип водо-водяных реакторов – «кипящие». Общее название таких реакторов BWR (Кипящий водяной реактор, англ. Boiling water reactor).

Активная зона водо-водяного реактора набрана из тепловыделяющих сборок, заполненных пластинчатыми или цилиндрическими тепловыделяющими элементами. Корпус тепловыделяющей сборки изготавливают из листового материала (алюминия, циркония), слабо поглощающего нейтроны.

В физических водо-водяных реакторах обычно используют воду под атмосферным давлением. Корпуса таких реакторов герметичной крышки не имеют, и вода в них находится под атмосферным давлением (имеет открытый уровень).

Энергетические водо-водяные реакторы (в частности, ВВЭР) должны работать с использованием воды под давлением. Применение воды в качестве теплоносителя и замедлителя определяет ряд специфических особенностей реакторов. Поэтому обычно эти реакторы выделяются в самостоятельную группу и именуется реакторами, охлаждаемыми водой под давлением.

Использование воды в качестве теплоносителя и теплоносителя-замедлителя в ядерных установках имеет **ряд преимуществ**.

- Технология изготовления таких реакторов хорошо изучена и отработана.
- Вода, обладая хорошими теплопередающими свойствами, относительно просто и с малыми затратами мощности перекачивается насосами. (При одинаковых условиях коэффициент теплопередачи для тяжёлой воды на 10 % больше по сравнению с коэффициентом теплопередачи для лёгкой воды.)
- Использование воды в качестве теплоносителя позволяет осуществить непосредственную генерацию пара в реакторе (кипящие реакторы). Лёгкая вода используется также для организации пароводяного цикла во вторичном контуре.
- Невоспламеняемость и невозможность затвердевания воды упрощает проблему эксплуатации реактора и вспомогательного оборудования.
- Обычная химически обессоленная вода дешева.
- Использование воды обеспечивает безопасность эксплуатации реактора.
- В реакторах с водяным теплоносителем-замедлителем при соответствующей конструкции активной зоны можно достичь отрицательного температурного коэффициента реактивности, что предохраняет реактор от самопроизвольного повышения мощности.
- Позволяет создавать блоки мощностью до 1600 МВт.

Недостатки

Вода взаимодействует с ураном и его соединениями (корродирует) при аварийных ситуациях, поэтому тепловыделяющие элементы должны снабжаться антикоррозионными покрытиями (обычно цирконий). При повышен-

ных температурах воды конструкционные материалы также должны подбираться с достаточно хорошими антикоррозионными свойствами, или должен вестись специальный водно-химический режим, связывающий кислород, образующийся в воде при её радиоллизе. Особенно необходимо отметить высокую интенсивность коррозии многих металлов в воде при температуре выше 300 °С.

Проблема подбора коррозионно-устойчивых материалов усложняется необходимостью иметь высокое давление воды при повышенных температурах. Необходимость иметь высокое давление в реакторе усложняет конструкцию корпуса реактора и его отдельных узлов.

Возможность аварии с течью теплоносителя и необходимость средств для её компенсации.

Стоимость тяжёлой воды велика (актуально только для реакторов на тяжёлой воде типа CANDU, в СССР такие реакторы не строили). Это требует сведения утечки воды и потерь её к минимуму, что усложняет конструкцию энергетического оборудования и эксплуатацию установки.

Два реактора типа ВВЭР-1000 планируется ввести в эксплуатации на Беларусской АЭС (в 2018 и 2020 гг.), расположенной в Островецком районе Гродненской области.

Кипящий водо-водяной реактор (англ. Boiling Water Reactor (BWR)) – тип корпусного водо-водяного ядерного реактора, в котором пар генерируется непосредственно в активной зоне и направляется в турбину. Кроме этого типа реакторов кипящими могут быть канальные ядерные реакторы графитоводного типа, например РБМК и ЭГП-6.

Тяжеловодный ядерный реактор (англ. Pressurised Heavy Water Reactor (PHWR)) – ядерный реактор, который в качестве теплоносителя и замедлителя использует D_2O – тяжёлую воду. Так как дейтерий имеет меньшее сечение поглощения нейтронов, чем лёгкий водород, такие реакторы имеют улучшенный нейтронный баланс (то есть для них требуется менее обогащённый уран), что позволяет использовать в качестве топлива природный уран в энергетических реакторах или использовать «лишние» нейтроны для наработки изотопов.

Графито-газовый ядерный реактор (ГГР) – корпусной ядерный реактор, в котором замедлителем служит графит, теплоносителем – газ (гелий, углекислый газ и пр.). По сравнению с ВВР и ГВР, реакторы с газовым теплоносителем наиболее безопасны. Это объясняется тем, что газ практически не поглощает нейтроны, поэтому изменение содержания газа в реакторе не влияет на реактивность.

Графито-водный ядерный реактор (ГВР, водно-графитовый реактор (ВГР), уран-графитовый реактор) – гетерогенный ядерный реактор, использующий в качестве замедлителя графит, а в качестве теплоносителя – обычную воду.

В атомной энергетике перспективным направлением является создание АЭС с реакторами на быстрых нейтронах, которые работают на уране, высо-

кообогащенном по 235 изотопу, или на плутоний-239. Кроме исходного топлива в реактор загружается уран-238, который под действием нейтронов путем ряда радиоактивных распадов превращается в плутоний-239. В таком реакторе, «сжигая» 1 кг топлива, можно получить более полутора килограммов «свежего» плутония-239, который средствами химии может быть извлечен и использован при изготовлении тепловыделяющих элементов.

Опытная АЭС с реактором на быстрых нейтронах мощностью 12 тыс. кВт была пущена в 1968 г. в г. Димитровграде. Подобная АЭС построена в г. Шевченко (мощностью 350 тыс. кВт) и Свердловской области (мощностью 600 тыс. кВт).

Поскольку на АЭС расход топлива незначителен и оно может быть доставлено в любой район без больших затрат на перевозку, то АЭС размещают в районах, труднодоступных в транспортном отношении и бедных топливно-энергетическими ресурсами.

Использование других видов энергии

Для получения электроэнергии используется также энергия приливов и отливов, ветра, внутреннего тепла Земли, Солнца и др.

Использование энергии приливов. Для использования энергии морских приливов и отливов создаются приливные электростанции (ПЭС). Для этого создается плотина, которая отделяет залив или мелководную часть моря и образует во время приливов и отливов разность уровней моря и отделенной плотной части моря. В плотине монтируются турбины и генераторы. Специальные «реверсные» турбины вращаются как во время прилива, так и отлива, т. е. в двустороннем направлении. Ведутся работы также по использованию энергии морских волн.

Использование энергии ветра. Энергия ветра относится к числу постоянно действующих энергетических ресурсов. На 1 км² поверхности Земли в среднем приходится 33 л. с. энергии ветра, или в 10 раз больше, чем потенциальной энергии текучих вод. Использование энергии ветра затрудняют ее большая рассеянность, непостоянство действия ветра. В силу этого нельзя создать крупные ветроэлектростанции (ВЭС), наладить их работу ритмично. ВЭС могут обеспечивать работу тех производств, где допустим перерыв в технологическом процессе, например полив полей, откачка воды, помол муки, зарядка аккумуляторов и т. п.

Использование тепловой энергии Земли. Одним из видов энергетических источников является тепловая энергия Земли. Запасы этой энергии особенно велики в районах современного вулканизма: на Кавказе, Камчатке, в Новой Зеландии, Исландии, Кордильерах США, Андах и других местах.

Использование солнечной энергии. Одним из постоянных источников энергии на Земле является лучистая энергия Солнца. Огромные запасы этого энергетического источника обуславливают его перспективы развития. Составная часть электростанции – система вогнутых зеркал-рефлекторов площадью 20 000 м², автоматически вращающихся вслед за Солнцем. Концен-

трированная солнечная энергия от зеркал направляется в котел-парогенератор, где образуется пар до 13 т в час. Давление пара в котле составит 40 атмосфер. Полученный пар направляется на турбины электростанций.

Однако экономическая эффективность подобной электростанции на сегодняшний день слишком низкая. Недостатком ее является и то, что она сможет работать только в дневное время. Вероятно, в будущем подобные электростанции в основном будут удовлетворять потребности сельского хозяйства и некоторых других производств, не имеющих постоянного технологического цикла.

Лучистая энергия может быть преобразована в электрическую с помощью фотоэлементов, однако себестоимость ее в этом случае очень высокая. На космических кораблях применяются солнечные батареи, работающие по этому принципу.

Передача электроэнергии. Энергосистемы

Широкое применение электроэнергии возможно лишь при условии ее передачи потребителю на определенное расстояние. Разрешение этой проблемы было нелегким и длительным. В 1880 г. русский инженер Д. А. Лачинов впервые указал на целесообразность передачи электроэнергии током высокого напряжения, но малой силы.

Передача электрического тока производится следующим образом. Переменный электрический ток напряжением в несколько сот или тысяч вольт, вырабатываемый в генераторах на электростанции, направляется в трансформатор, где он преобразуется в ток напряжением в 200–300 тыс. вольт и более. Затем он поступает на высоковольтную линию передачи. На месте потребления электроток проходит «через понижающий трансформатор и получает требуемое напряжение.

Энергосистемы – это группа электростанций, связанных электрическими сетями между собой и с потребителями электроэнергии. В состав сетей входят, таким образом, электростанции, подстанции, распределительные пункты и электросети разных напряжений.

Единая энергосистема обеспечивает надежность и экономичность энергоснабжения. Наличие в энергосистемах ГЭС позволяет «снимать» пиковые нагрузки, так как ГЭС «набирают» мощность за несколько минут, а ТЭС для этого требуется 7–8 часов. Это позволяет маневрировать энергетическими мощностями, передавая часть электроэнергии из одного района в другой. При наличии энергосистемы требуются меньшие резервные мощности электростанций.