

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

Факультет инженерных систем и экологии

Кафедра инженерной экологии и химии

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

 Н. В. Левчук
«30» 04 2025 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

 О. П. Мешик
«15» 06 2025 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«ОСНОВЫ ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ»**

(название дисциплины)

для специальности (направления специальности):

6-05-0713-04 Автоматизация технологических процессов и производств

(шифр и название специальности, направления специальности)

Составитель: Босак В.Н., к.б.н., доцент

Рассмотрено и утверждено на заседании научно-методического совета
университета

16.06.2025 г., протокол № 4.

п.п. с ЧАСК 24-25-299

Пояснительная записка

Актуальность изучения дисциплины:

Дисциплина «Основы эколого-энергетической устойчивости» является одним из базовых курсов для изучения общетехнических и специальных дисциплин в плане подготовки студентов всех инженерно-технических специальностей.

Цели и задачи дисциплины

“Основы эколого-энергетической устойчивости” – современная дисциплина общепрофессионального характера, анализирующая условия существования живых организмов, и их изменения под влиянием разнообразных преобразующих или разрушающих антропогенных воздействий.

Современный инженер должен обладать фундаментальными знаниями, позволяющими ему самостоятельно разобраться в специальных вопросах, решать сложные комплексные проблемы, используя новейшие достижения в области смежных наук и грамотно выдвигать перед другими специалистами определенные технические задачи. Понимание экологических законов и принципов помогает инженеру в решении экологических проблем. Будущий специалист должен знать основы экологии в объеме, необходимом для решения производственных, проектно-конструкторских и исследовательских задач. Студент должен изучить и усвоить основные понятия и законы экологии, закономерности происходящих в природе процессов. Студент должен изучить элементарные навыки и представления о научно-исследовательской работе, ознакомиться с перечнем приборов и оборудования, применяемых в лабораторном практикуме.

Целью изучения дисциплины “ Основы эколого-энергетической устойчивости ” является формирование экологического мировоззрения будущих специалистов, которое позволит им профессионально анализировать и оценивать собственную производственную деятельность в отношении к окружающей природной среде и принимать экологически обоснованные решения.

Задачами дисциплины являются:

- установление правильного отношения к природным процессам на основе знания законов функционирования биологических систем;
- формирование разумного системного подхода к природопользованию, в сочетании с охраной и воспроизводством природной среды;
- развитие представлений человека как части природы на основе общих законов взаимодействия и взаимовлияния биосферы и антропосистемы.

В соответствии с образовательными стандартами Республики Беларусь в результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- предмет, задачи и структуру современной экологии;
- основные экологические проблемы и мероприятия по охране окружающей среды в отрасли;
- нормативы допустимого воздействия на окружающую среду, экологические налоги и основы экологического контроля и управления;
- основные нормативные документы в области охраны окружающей среды, экологические стандарты;

уметь:

- использовать информацию о состоянии окружающей среды в профессиональной деятельности;
- обосновывать нормативы допустимого воздействия на окружающую среду;
- оценивать ущерб от техногенного воздействия на окружающую среду;
- выбирать оборудование для очистки сточных вод и газовых выбросов.

владеть:

- междисциплинарным подходом при решении проблем;
- исследовательскими навыками;
- системным и сравнительным анализом.

По итогам изучения учебной дисциплины «Основы эколого-энергетической устойчивости» студент должен закрепить и развить следующие универсальные (УК) и базовые профессиональные (БПК) компетенции:

УК-1 – владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;

УК-5 – быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности;

БПК-1 – использовать законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности.

Учебно-методический комплекс (ЭУМК) по дисциплине «Основы эколого-энергетической устойчивости» представляет собой комплекс систематизированных учебных и методических материалов. ЭУМК разработан с учётом основных положений концепции системы непрерывного образования Республики Беларусь. Он предназначен для подготовки студентов специальности 6-05-0713-04 Автоматизация технологических процессов и производств.

ЭУМК разработан в соответствии со следующими нормативными документами:

– Положением об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденным постановлением Министерства образования Республики Беларусь №167 от 26.07.2011 г.

– Положением об учебно-методическом комплексе по учебной дисциплине учреждения образования «Брестский государственный технический университет» от 31.01.2019 г.

– образовательным стандартом ОСВО 6-05-0713-04-2023, утвержденным постановлением Министерства образования Республики Беларусь 10.08.2023 № 246.

Структура учебно-методического комплекса по дисциплине «Основы эколого-энергетической устойчивости»

Теоретический раздел ЭУМК представлен конспектом лекций, рекомендованным для изучения дисциплины при организации самостоятельной работы студентов.

Практический раздел ЭУМК содержит тематический план, учебные материалы для аудиторной и самостоятельной работы студентов, примеры решения типовых задач.

Раздел контроля знаний ЭУМК содержит материалы для текущей и итоговой аттестации, контрольные задачи, примерный перечень вопросов, выносимых на зачет.

Вспомогательный раздел включает учебную программу по дисциплине основную и дополнительную литературу и другую справочную информацию.

Рекомендации по организации работы с ЭУМК

Использование разработанного ЭУМК предполагает работу студентов с конспектом лекций при подготовке к выполнению и защите лабораторных работ, к сдаче зачета по одноименной дисциплине. Кроме того, теоретический материал полезен при выполнении соответствующих разделов дипломных проектов.

Для управления учебным процессом и организации контрольно-оценочной деятельности рекомендуется использовать учебно-методические комплексы, проводить текущий контроль знаний на каждом лабораторном занятии, а итоговый контроль – на зачете.

Самостоятельная работа студентов включает подготовку к лабораторным и практическим работам. Среди эффективных педагогических методик и технологий, которые способствуют вовлечению студентов в поиск и управление знаниями, приобретению опыта самостоятельного решения разнообразных задач, следует выделить:

- проблемно-ориентированный междисциплинарный подход;
- технологию проблемно-модульного обучения;
- технологию учебно-исследовательской деятельности;
- интенсивное обучение;
- моделирование проблемных ситуаций и их решение.

В целях формирования современных и социально-профессиональных компетенций выпускника ВУЗа в практику проведения занятий целесообразно внедрять методики активного обучения и дискуссионные формы.

Теоретический раздел
Конспект лекций по курсу «Основы эколого-энергетической
устойчивости»
для студентов технических специальностей

Составитель: Босак В.Н., к.б.н., доцент

Рецензент: Шкуратова Н.В., к.б.н., доцент, Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина

Тема 1. Экология как наука и мировоззрение.

Экология как наука сформировалась в недрах биологии в середине XIX столетия, когда были открыты принципы взаимосвязей растений и животных между собой и с окружающей их средой. Оказалось, что не только строение и развитие организмов, но и их взаимоотношения со средой обитания подчинены определенным закономерностям, которые заслуживают специального изучения. Эту область биологии называли экологией.

В биологии за время ее длительного развития был накоплен большой фактический материал. Хронология предыстории возникновения экологии может быть охарактеризована следующими крупнейшими научными событиями. В 1670 году английским биологом Джоном Рей (1627-1705) была предложена первая естественная система растений. В 1695 году нидерландским натуралистом, основоположником микроскопии Антони ван Левенгуком (1632-1723) опубликован научный труд под названием «Тайны природы, открытые Антони ван Левенгуком», в котором автор впервые описывает микроорганизмы и делает вывод о том, что окружающий мир густо заселен микробами. В 1735 году выходит «Система природы» Карла Линнея (1707-1778), шведского естествоиспытателя, создателя классификации растительного и животного мира. В этой системе человек получает свое научное имя *Homo sapiens* – человек разумный. В 1749 году Карл Линней публикует труд под названием «Экономия природы», где он рассматривает взаимоотношения живых организмов и влияние на их жизнь условий внешней среды. Французский естествоиспытатель Жорж Бюффон (1707-1788) был первым, кто всерьез полагал, что внешняя среда оказывает существенное влияние на эволюцию видов. В работе «Естественная история» (т.1-36, 1749-1788) он дает представление о единстве плана строения органического мира. Эту мысль несколько позже развил его соотечественник Жан Батист Ламарк (1744-1829), именно он создал первую целостную концепцию эволюции живой природы (ламаркизм). По Ламарку, виды животных и растений постоянно изменяются, усложняясь в своей организации в результате влияния внешней среды и некоего внутреннего стремления всех организмов к усовершенствованию. В 1802 году Ламарком (одновременно с немецким ученым Г. Р. Тревиранусом) был введен термин «биология». В 1859 году в своем труде «Происхождение видов путем

естественного отбора» Чарлз Роберт Дарвин (1809-1882), английский естествоиспытатель, представил основные факторы эволюции органического мира и обозначил взаимоотношения организмов как борьбу за существование. Профессор Московского университета Карл Францевич Рулье (1814-1858), будучи крупным биологом, зоологом, практически дал полный перечень принципиальных проблем экологии, не найдя, однако, термина для обозначения этой науки. Он сформулировал принцип исторического единства организма и окружающей среды: ни один из организмов не может существовать независимо от окружающей среды, причем среда изменяется организмами, а изменения организмов контролируются средой.

Сам термин экология был введен немецким зоологом-эволюционистом Эрнстом Геккелем в 1866 году, который в своем двухтомном капитальном труде «Всеобщая морфология организмов» дает определение экологии как науки.

Экология – это наука об отношениях растительных и животных организмов и образуемых ими сообществ между собой и с окружающей их природной средой.

Слово “экология” образовано от двух греческих слов: “oikos” – дом, жилище и “logos” – наука; в буквальном смысле экология – наука о местообитании.

В структурном отношении современная фундаментальная экология подразделяется на общую и частную. Общая экология изучает закономерности существования, формирования и функционирования биологических систем всех уровней и их взаимодействие с внешними условиями, среду обитания живых существ (включая человека), круговорот веществ в природе и преобразование энергии. Человек рассматривается здесь как биологический объект. Задачей частной экологии является изучение конкретных таксономических групп организмов (экология растений, экология животных, экология микроорганизмов).

Основным предметом экологии является изучение совокупности живых организмов, взаимодействующих друг с другом и образующих с окружающей средой единство или систему, в пределах которой осуществляется процесс трансформации энергии и органического вещества. Основной объект исследования в экологии – экосистемы. Отдельные особи, виды, популяции, сообщества в их взаимоотношениях с окружающей средой также служат объектами экологического исследования как составные части экосистемы. В зависимости от объекта изучения выделяют самостоятельные разделы общей экологии. Так, на 3 Международном ботаническом конгрессе в Брюсселе в 1910 году был поставлен вопрос о разделении экологии на 2 раздела: экологию особей (аутэкологию) и экологию сообществ (синэкологию), которые официально оформились как составные части экологии.

Аутэкология (экология особей) (от греч. «аутос» – сам) изучает взаимоотношения отдельных организмов (особи, вида) со средой. Термин предложен швейцарским ботаником Шретером в 1896 году.

Синэкология (экология сообществ) (от греч. «син» – вместе) изучает взаимоотношения популяций разных видов растений, животных и микроорганизмов, сообществ и экосистем со средой. Термин введен Шретером в 1902 году.

Как специальный раздел аутэкологии выделяют демэкологию (популяционную экологию) (от греч. *demos* – народ), в задачу которой входит изучение структуры и динамики популяций отдельных видов.

В настоящее время стало общепризнанным то, что экологические принципы применимы не только к растениям и животным, но и к человеку и в понятие экология стали включать весь комплекс взаимоотношений человека с окружающей природной средой.

Известный американский эколог Ю. Одум в 1963 г. назвал экологию наукой о строении и функциях природы в целом, а в 1986 г. в труде «Экология» экология трактуется им уже как «междисциплинарная область знания об устройстве и функционировании многоуровневых систем в природе и обществе в их взаимосвязи».

В обыденном понимании под экологией подразумевают негативные последствия вмешательства человека в окружающую его среду. Исторически сложилось так, что, добывая ресурсы, прокладывая дороги, выращивая сельскохозяйственные культуры, человек не задумывался об экологических последствиях. Производя материальные блага, стараясь выполнить конкретную задачу, люди не просчитывали оказываемые при этом побочные воздействия на окружающую среду. И пока народонаселение, и масштабы производства были малы по сравнению с размерами Земли, экологические последствия не рассматривались. Существовал стереотип мышления о том, что природные ресурсы столь обширны, что вполне можно пожертвовать частью нетронутой природы, некоторой степенью чистоты воздуха, воды, почв и экономное использование природных ресурсов не принималось в расчет. Но природные ресурсы ограничены, и по мере роста населения Земли и наращивания ускоренными темпами производства экологические проблемы становятся все более серьезными и глобальными. Именно в результате хозяйственной деятельности человека снижается качество окружающей среды. А экологический кризис характеризуется не столько усилением воздействия человека на природу, сколько резким увеличением влияния измененной людьми природы на общественное развитие (эффект бумеранга). Поэтому постепенно происходит переоценка ценностей. И уже основной задачей ставится развитие природосберегающих производств, нацеленных на достижение экономической эффективности при условии сохранения среды жизни человека. Приходит понимание глобальности экологических проблем. Мировым сообществом принимаются законы об охране окружающей среды, создаются государственные учреждения и организации, контролирующие состояние окружающей среды и принимаются меры по ее защите, возникает общественное природоохранное движение.

По своей сути экология – теоретическая основа рационального использования человеком природных ресурсов и играет важную роль в

разработке стратегии взаимодействия природы и общества, необходимой для его устойчивого развития.

В экономическом словаре *экология* определяется как **«наука об общих закономерностях взаимодействия природы и общества; специальная сфера деятельности общества, направленная на охрану окружающей среды и целесообразное использование природных ресурсов»**.

Современная экология вышла далеко за пределы фундаментальной биологии. Экология развивается на стыке многих отраслей знаний, и ее связи с естественными и общественными науками расширяются, а также растет ее значение в решении практических задач, в которых заинтересовано общество. Это обусловило появление прикладных отраслей экологии: промышленной экологии, которая рассматривает воздействие промышленности на природу; сельскохозяйственной экологии и т.п. Выделяют экологию человека и социальную экологию, изучающую взаимоотношение социальных групп общества с их средой жизни, то есть взаимоотношения в системе «человеческое общество – природа». Обострение проблем взаимодействия общества и природы привело к необходимости применения экологических знаний буквально во всех сферах деятельности человека.

Тема 2. Понятие о среде обитания и экологических факторах.

Природа в широком смысле – это все сущее, весь мир в многообразии его форм.

Природная среда – совокупность природных, естественных факторов и условий, окружающих живые организмы. Для нее характерны: саморегуляция и самоподдержание без воздействия человека.

По Реймерсу Н.Ф. в природной среде выделяют:

- собственно природную среду («дикую природу»), существующую вне непосредственных контактов с человеком;

- квазиприродную среду («вторую природу» – преобразованные человеком (культурные) природные ландшафты и созданные им агроценозы; эта часть природной среды не способна к самоподдержанию;

- артеприродную среду («третью природу») – искусственное окружение людей, состоящее из технических (здания, сооружения и пр.) и природных элементов (воздух, естественное освещение и пр.); эта часть природной среды без искусственного поддержания деградирует.

Под термином *окружающая среда* обычно понимается природная среда, окружающая человека. Среда, окружающая человека, включает совокупность природных факторов (воздух, вода, почва, животный и растительный мир) и элементы искусственной (жилые строения, промышленные предприятия, каналы, водохранилища и т.п.) и социальных сред.

Среда, в которой протекает жизнедеятельность живых организмов, то, что окружает организм и влияет (прямо или косвенно) на его жизнедеятельность, называется **средой обитания**.

Свойства среды постоянно меняются, и любой организм, чтобы выжить, приспосабливается к этим изменениям.

Элементы среды, воздействующие на организмы, называются **экологическими факторами**. Они имеют различную природу и специфику действия, их принято делить на три основные группы: абиотические, биотические, антропогенные.

Абиотическими факторами называют всю совокупность факторов неорганической среды. Классифицируют абиотические факторы на:

- климатические (солнечная радиация, температура, свет, влажность, атмосферное давление, осадки, снежный покров, ветер и др.);
- эдафические, то есть почвенные (механический состав почвы, водный, воздушный и тепловой режим почвы и др.);
- орографические или геоморфологические (геологические структуры, рельеф, высота над уровнем моря, экспозиция);
- гидрографические – факторы водной среды;
- химические (солевой состав воды, газовый состав атмосферы).

Все эти факторы неживой природы прямо или косвенно влияют на живые организмы, определяя условия их существования.

Биотические факторы – это формы живых существ (растения, животные, микроорганизмы). Живые организмы, постоянно взаимодействуя между собой, оказывают прямое или косвенное влияние друг на друга. Совокупность взаимовлияний одних организмов на жизнедеятельность других, а также на неживую среду обитания и составляет биотические факторы. Их разделяют на фитогенные факторы или влияние растений, и зоогенные факторы или влияние животных.

Антропогенные факторы (от греч. «антропос» – человек) – формы деятельности человека, оказывающие прямое (антропическое) действие на жизнь организмов или косвенное влияние на них посредством изменения среды обитания. К таким факторам относится воздействие сельскохозяйственного производства, промышленности, транспорта и всех других форм ведения хозяйства.

Воздействие человека на окружающую среду может быть прямым и косвенным, целенаправленным и случайным, сознательным и стихийным, разумным и вредным, созидательным и разрушительным.

Любой из экологических факторов может изменить среду обитания.

Несмотря на большое разнообразие экологических факторов, в характере их воздействия на организмы и в ответных реакциях живых существ есть ряд общих закономерностей. К ним относится **реакция организмов на интенсивность или силу воздействия фактора**. Как недостаточное, так и избыточное действие того или иного фактора отрицательно сказывается на жизнедеятельности организма. Для разных видов условия, в которых они себя особенно хорошо чувствуют,

неодинаковы. Например, теплолюбивые растения (огурец, рис, хлопчатник) не переносят низких температур (ниже 6 С).

Рассмотрим зависимость жизнедеятельности организма от воздействия на него экологического фактора (например, влияние температурного фактора на рост и развитие растения) (рис. 1).

Точка, при которой наблюдается максимальный рост растения, называется оптимумом. Благоприятная сила воздействия фактора (дозировка), которая обеспечивает нормальную жизнедеятельность, называется зоной оптимума фактора для организма данного вида. Весь интервал температур, от минимальной до максимальной, при которой еще возможен рост растения, называют диапазоном устойчивости.



Рисунок 2.1. Зависимость жизнедеятельности организма от воздействия экологического фактора

Точки, ограничивающие рост растения, то есть максимальная и минимальная пригодная для жизни температура, это пределы устойчивости или пределы выносливости вида (по разным литературным источникам). Критерий выносливости по отношению к данному экологическому фактору называют экологической валентностью.

По мере приближения к точкам предела устойчивости, если действие фактора уменьшается или возрастает, жизнедеятельность снижается вплоть до полного угнетения или гибели живого существа (в нашем примере — растения). То есть речь идет о стрессовых зонах в рамках диапазона устойчивости. Аналогичное влияние могут оказывать и другие факторы.

Для каждого вида растений и животных существуют оптимум, стрессовые зоны или зоны угнетения и пределы устойчивости (выносливости) в отношении каждого фактора окружающей среды. **Это фундаментальный биологический принцип.**

Виды, которые могут приспособиться к колебаниям различных экологических факторов в широких пределах, получили название

эврибионтные (от греческого «эурис» – широкий). Например, колорадский жук по отношению к температуре является эврибионтным.

Виды, не способные переносить значительные колебания факторов, для существования которых необходимы строго определенные условия, называются **стенобионтными** (от греч. «стенос» – узкий). Например, рифовые кораллы могут жить только при температуре не ниже +20 С. Такие знания в каждой конкретной ситуации, в экстремальной ситуации позволяют выделить те факторы, которые с наибольшей вероятностью могут оказаться критическими.

Разбирая пример (рис. 1), мы рассматривали изменение только одного фактора, температурного, полагая, что все остальные как бы соответствуют зоне оптимума. Рост растений зависел от фактора, который находился в минимуме. Мы наблюдали действие закона минимума, сформулированного в 1840 году немецким химиком Юстусом Либихом (1803-1873): жизненные возможности лимитируют экологические факторы, количество и качество которых близки к необходимому организму или экосистеме минимуму. Дальнейшее снижение действия необходимого фактора ведет к гибели организма либо к разрушению экосистемы в целом.

Изучая различное лимитирующее действие экологических факторов, американский зоолог Виктор Эрнест Шелфорд (1877-1968) в 1913 году сформулировал закон толерантности: лимитирующим фактором, ограничивающим развитие организма, может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия.

Фактор, который за пределами зоны своего оптимума приводит к стрессовому состоянию организма, называют **лимитирующим** (ограничивающим). К изменениям этого фактора организмы особенно чувствительны. Из абиотических лимитирующими факторами могут быть температура, свет, влажность, содержание в почве необходимых для жизнедеятельности растений солей и химических элементов. Нередко лимитирующими факторами оказываются биотические. Например, недостаток пищи лимитирует развитие и распространение различных видов животных.

Все организмы при взаимодействии со средой должны поддерживать устойчивое динамическое равновесие в изменяющихся условиях среды, или гомеостаз. **Гомеостаз** (от греч. homoios – подобный, одинаковый и stasis – неподвижность, состояние) – относительно динамичное постоянство состава и свойств внутренней среды и устойчивость основных физиологических функций организма. Например, сохранение постоянства видового состава и числа особей. Динамическое равновесие любой системы поддерживается, как правило, ее внутренними механизмами, в частности генетической структурой, обменом веществ, энергетическими связями между ее компонентами.

Тема 3. Уровни организации живого вещества

Живые организмы можно изучать на уровнях популяций, сообществ и экосистем.

Уровни организации живого вещества можно представить схематично: особь → популяция → сообщество (биценоз) → экосистема (биогеоценоз).

Популяцией называют группу особей одного вида, находящихся во взаимодействии, длительно занимающих общую территорию и воспроизводящих себя в поколениях. Слово «популяция» происходит от латинского «populus» – народ, население. Термин введен датским ученым в 1903 году Йогансенем (ввел также термин «ген» и «генотип»). Динамические характеристики популяций – это рождаемость и смертность. Статистические параметры популяции: численность особей в популяции и плотность (число особей, приходящихся на единицу площади). Пространственное распределение особей может быть: случайным, регулярным (равномерным) и групповым (пятнистое, скученное, агрегированное).

Более высокий уровень организации, чем популяция, представляет биотическое сообщество. **Сообщество** (биотическое) – это совокупность популяций, населяющих определенную территорию. Сообщества организмов связаны энергетическими связями с неорганической средой. Например, растения могут существовать только за счет постоянного поступления в них углекислого газа, воды, кислорода, минеральных солей.

В 1877 году немецкий натуралист Карл Август Мёбиус предложил термин биоценоз. Комплекс совместно обитающих и взаимосвязанных организмов, образующих целостность, он назвал **биоценозом** (от латинского «bios» – жизнь и «koïno's» – общий).

Биотическое сообщество и биоценоз – синонимы. В русском языке используются оба этих понятия, в англоязычном варианте – только термин «сообщество» (community).

Каждому биоценозу соответствует **биотоп** или **экогон**, или местообитание вида, то есть относительно однородное по абиотическим факторам среды пространство, занятое биоценозом. Например: биоценоз елового, березового леса, биоценоз кораллового рифа. Виды в биоценозе образуют пространственную структуру, которая определяется вертикальным и горизонтальным строением. Параметры вертикальной структуры – это ярусы (например, травянистые, кустарниковые, древесные), горизонтальной – видовой состав. Видовое разнообразие определяется числом видов в сообществе. Согласно Конвенции о биологическом разнообразии Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992), под биоразнообразием понимается разнообразие в рамках вида, между видами и разнообразие экосистем.

Термин «экосистема» ввел английский ботаник Артур Тенсли в 1935 году. **Экосистема** – единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания, в котором все компоненты связаны между собой обменом вещества и энергии.

В 1940 году русским ученым В.Н. Сукачевым введено понятие **биогеоценоз** (от греч. bio – жизнь, geo – земля, koïnos – общий).

Биогеоценоз— синоним экосистемы, изучает разные по видовому составу организмы в их взаимосвязи с условиями жизни.

Понятие экосистемы применяется к природным объектам различной сложности и размеров. Например, океан – это макроэкосистема, болото – микроэкосистема. В основе концепции экосистемы лежит взаимозависимость физического и биологического миров. Схематическое строение экосистемы представлено на рис. 2.



Рисунок 3.1. Схематическое строение экосистемы

Крупные сочетания экосистем образуют биомы. **Биом** – это природная зона или область с определенными климатическими условиями и соответствующим набором доминирующих видов растений и животных, составляющих географическое единство. Например, выделяют 9 сухопутных биомов: тундра, тайга, листопадные леса умеренной зоны, степи умеренной зоны, растительность средиземноморского типа (чапараль), пустыни, тропические саванны и лугопастбищные земли, тропическое, или колючее, редколесье, тропические леса. Биом часто имеет смысл как исторически сложившаяся биота (от греч. *biote* – жизнь), то есть совокупность видов растений, животных и микроорганизмов, объединенных общей областью распространения. В отличие от биоценоза, биота может характеризоваться отсутствием экологических связей между видами.

Природная экосистема или биогеоценоз по своей сущности – это динамическая уравновешенная система. Очевидно, что ни один организм не существует вне связи с другими. И каждый может жить, только взаимодействуя с окружающей средой. Экологическая система сама себя поддерживает и тем самым обеспечивает собственное равновесие. Наглядным примером является лес. Устойчивость экосистемы обеспечивается за счет сохранения ее биологического разнообразия.

Человек в борьбе за выживание в природной окружающей среде стал строить искусственные экосистемы. К ним относится агроэкосистема или агроценоз – биотическое сообщество, созданное человеком с целью получения сельскохозяйственной продукции. Характерной особенностью такой экосистемы является малая экологическая надежность ввиду снижения разнообразия живых организмов, наряду с высокой урожайностью одного

или нескольких видов растений, или продуктивностью животных. Характеризуется рядом отличий от естественных экосистем: изменением почвенного плодородия; использованием машин, удобрений, пестицидов; виды сельскохозяйственных растений и животных получены в результате искусственного, а не естественного отбора. Относится к квазиприроде. Примеры агроэкосистемы: сельскохозяйственные поля, сады, животноводческие комплексы с прилегающими пастбищами.

Полностью замкнутых и независимых экосистем, как естественных, так и искусственных, никогда не образуется, поскольку всегда происходит обмен веществом и энергией с другими экосистемами. В основе процесса переноса энергии и вещества в экосистемах лежат пищевые взаимодействия.

Тема 4. Трофические цепи.

В экологической системе все связи между организмами соединены между собой и образуют сложную цепь пищевых взаимоотношений или *трофические цепи* (от греч. *trophe* – пища, питание). Организмы в экосистеме разделяются на три взаимосвязанные между собой, но функционально различные группы: *продуценты* – *консументы* – *редуценты*.

Продуценты – (от латинского *producens* – производящий, создающий) организмы, синтезирующие органические вещества из неорганических.

(Продуцентами называются также организмы, служащие источником получения каких-либо веществ, используемых человеком, например, микроорганизмы – продуценты антибиотиков).

Консументы (от латинского *consumo* – потребляю) – организмы, потребляющие органические соединения как источник вещества и энергии.

Различают консументы первого порядка – растительноядные животные, будь то слон или клещ (или первичные консументы). Консументы второго, третьего и более высоких порядков – хищники (плотоядные).

Редуценты (деструкторы) (от латинского *reducens* – возвращающий, восстанавливающий) – организмы (главным образом, бактерии и грибы), разлагающие мертвое органическое вещество (листья опавшие, травы, трупы, отбросы) и превращающие его в неорганические соединения. Эти неорганические соединения способны усваивать организмы – продуценты. Таким образом, участвуя в круговороте веществ в природе, редуценты осуществляют минерализацию органического вещества. Процесс, при котором органические вещества превращаются в минеральные, неорганические соединения называется минерализацией.

Трофический уровень – это место каждого звена в пищевой цепи. Число звеньев в пищевой цепи обычно составляет от 3 до 5. Первый трофический уровень образуют продуценты, все последующие уровни – консументы.

Различают совокупности организмов, объединенных определенным типом питания. В 80-х годах 19 в. немецкий физиолог Вильгельм Пфедфер (1845-1920) разделил все живые организмы по способу питания на: автотрофы и гетеротрофы.

Автотрофы (от греч. autos – сам), самопитающиеся – живые организмы, сами производящие необходимые им вещества. Они синтезируют органические вещества из неорганических соединений с использованием энергии Солнца или энергии, освобождающейся при химических реакциях. Это в основном высшие растения, осуществляющие фотосинтез – сложный процесс превращения воды и углекислого газа в сахара с помощью солнечной энергии. К автотрофам относятся также и **хемотрофы** – организмы, синтезирующие органические вещества из неорганических соединений с использованием энергии, освобождающейся при химических реакциях (окисление аммиака, сероводорода и др. веществ, осуществляемое микроорганизмами в ходе их жизнедеятельности). Таким образом, автотрофные организмы (высшие растения (кроме паразитных и сапрофитных), водоросли, некоторые бактерии (железобактерии, серобактерии, пурпурные и др.)), являются основными продуцентами органического вещества и в пищевой цепи образуют первый трофический уровень. Автотрофы продуцируют пищу для всех остальных организмов экосистемы. Скорость, с которой в ходе фотосинтеза солнечная энергия преобразуется в органическое вещество, в пересчете на единицу площади носит название первичной продукции. Выражается либо в единицах энергии (джоуль на 1 метр квадратный за сутки), либо в единицах сухого органического вещества (кг на 1 га за сутки). Скорость фиксации солнечной энергии определяет продуктивность сообществ. Основным показателем продуктивности является биомасса организмов, составляющих экосистему. Скорость образования биомассы консументами носит название вторичной продукции.

Составляя в пищевой цепи (трофической) звено продуцентов, автотрофы служат единственным источником энергии для гетеротрофов.

Организмы, питающиеся готовыми органическими веществами, по способу питания называют **гетеротрофами** (от греч. heteros – другой, trope – пища). В пищевой цепи экосистемы составляют группу консументов. Это самые разнообразные организмы, от бактерий до китов. К ним относятся человек, все животные, паразитные растения, большинство бактерий, грибы.

Функцию редуцентов выполняют гетеротрофные организмы – сапротрофы. Сапротрофы (от греч. saprois – гнилой) – организмы, питающиеся мертвым органическим веществом. К сапротрофам относятся детритофаги – организмы, питающиеся детритом (от лат. detritus – истертый) – мертвым или частично разложившимся органическим веществом. В англоязычной литературе детрит используется как синоним термина «перегной» – гумус (органическое вещество почвы). К сапротрофам относятся бактерии, актиномицеты, грибы, а также сапрофиты – паразитические цветковые растения и некоторые водоросли, питающиеся органическим веществом отмерших организмов. Среди животных сапротрофами (сапрофагами) являются гиены, грифы, вороны, жуки-мертвоеды и кожееды, личинки мух, дождевые черви и др., т.е. они питаются разлагающимися остатками других животных.

Важным видом взаимоотношений между организмами в природе являются отношения типа хищник-жертва. Эти взаимоотношения являются примером так называемой обратной связи, при которой один вид наносит ущерб другому, и не может жить без него. Например, в годы, когда растительная пища для какого-либо вида насекомого в избытке, популяция его быстро размножается и резко повышается его численность. В системе проявляется положительная обратная связь, которая стремится вывести ее из равновесия. Но резко возросшая численность популяции приводит к столь же резкому снижению запасов растительной пищи, в результате нехватки которой в системе обнаруживается отрицательная обратная связь, возвращающая ее в исходное состояние.

Поскольку пища – важнейший фактор жизнедеятельности организмов, то эволюционное развитие в большой мере определяется конкуренцией за пищу. Конкурентные взаимоотношения определяют видовое разнообразие, состав, пространственное распределение и численность.

Понятие **конкуренция** означает такое взаимодействие организмов, которое проявляется как взаимное угнетение между ними, вызванное сходными потребностями в ресурсах, доступность которых уменьшается при росте численности конкурирующих организмов.

Объем конкуренции определяется числом видов пищи, общих для конкурентов. Напряженность конкуренции определяется соотношением потребности в данном виде корма для видов-конкурентов и ее обилием в природе. Соотношение объема и напряженности определяет общую силу конкуренции.

Советский биолог Г.Ф.Гаузе в 1934 году сформулировал принцип конкурентного исключения (синоним: закон Гаузе): два вида не могут существовать в одной и той же местности, если их экологические потребности идентичны. Например, плотва, красноперка и окунь не могут проживать в одном озере. Плотва с течением времени вытесняет красноперку и окуня. Мальки плотвы более конкурентноспособны.

Виды, составляющие природные популяции, не существуют отдельно друг от друга, а находятся в многообразных, сложных взаимоотношениях. Виды взаимоотношений могут проявляться в форме симбиоза, паразитизма, комменсализма, аменсализма, мутуализма и др.

Симбиоз (от греч. symbiosis – сожительство) – формы существования двух организмов разных видов. Классическим примером может служить сожительство гриба и водоросли в лишайнике, а также клубеньковых бактерий на корнях бобовых. **Паразитизм** – форма взаимоотношений организмов, при котором один вид использует другой в качестве среды обитания или источника пищи. (Например, патогенный гриб фитофтора паразитирует на пасленовых, вызывая болезнь фитофтороз). **Комменсализм** (от лат. commensalis – сотрапезник) – один организм (комменсал) живет и питается за счет другого, не причиняя ему вреда (например, рыбы-прилипалы, прикрепляясь к акулам, пользуются ими для передвижения). **Аменсализм** – один вид подавляет другой без извлечения

пользы для себя и без отрицательного обратного воздействия (например, плесневые грибы, продуцируя антибиотики, угнетают жизнедеятельность бактерий). **Мутуализм** – два организма не могут существовать друг без друга (например, в желудке и кишечнике человека обитает 400-500 видов микроорганизмов, без многих из которых человек обойтись не может).

Различные комбинации межвидовых отношений лежат в основе существования биотических сообществ (биоценозов).

У животных и растений возникло огромное количество взаимных адаптаций, определяемых трофическими или пищевыми связями.

Экологические пирамиды

Трофическую структуру обычно изображают графически в виде экологических пирамид. Такие модели разработал в 1927 году американский зоолог Чарлз Элтон.

Четкая экологическая закономерность, согласно которой количество особей, составляющих последовательный ряд звеньев, неуклонно уменьшается, называется **экологической пирамидой**.

Последовательное уменьшение количества животных в цепи питания сопровождается соответственным снижением их общей биомассы, а это приводит к сокращению потока энергии в экосистеме.

Пирамида (экологическая) – это своеобразный вид диаграмм, которые позволяют иллюстрировать количественные отношения в отдельных частях экосистемы (например, звено хищник – жертва).

Например, на 1 волка в северных лесах приходится около 100 лосей, на каждого крупного хищника (льва, леопарда, гепарда) в саваннах Африки – от 350 до 1000 диких животных. Располагая данными о численности волка и суточной потребности его в пище, приблизительно рассчитано, что в течение календарного года 2400 особей изымают 7480 кабанов, 5560 лосей, 4020 косуль (Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень. 1998, с. 134).

Различают 3 типа экологических пирамид: пирамида чисел (численности); пирамида биомасс; пирамида энергий.

Пирамида чисел отражает численность отдельных организмов на каждом уровне (пирамида Элтона).

Пирамида биомасс – соотношение между продуцентами, консументами и редуцентами, выраженное в их массе (общем сухом весе, энергоёмкости). Обычно общий вес продуцентов больше, чем консументов (рис. 4.1).

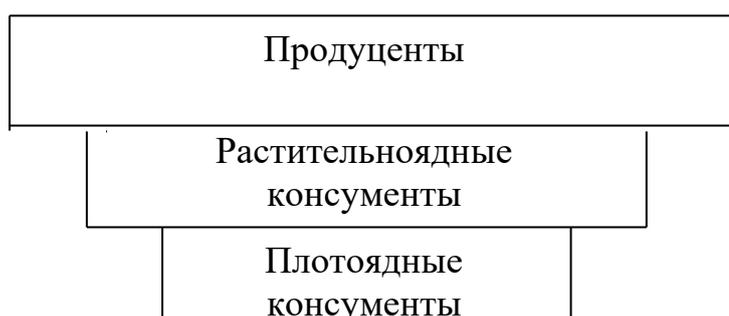


Рисунок 4.1 Упрощенная схема экологической пирамиды биомассы

Общий вес консументов первого порядка больше, чем консументов второго порядка и т. д. (в океане может быть наоборот).

Пирамида энергий отражает величину потока энергии, скорость прохождения массы пищи через трофическую цепь.

Ю. Одум сформулировал «экологическое правило», согласно которому «данные по численности приводят к переоценке значения мелких организмов, а данные по биомассе – к переоценке роли крупных организмов». Поэтому при исследовании трофической структуры биоценоза наиболее подходящим показателем является поток энергии.

В 1942 году Р.Линдеман сформулировал закон пирамиды энергий, согласно которому с одного трофического уровня на другой через пищевые цепи переходит в среднем около 10% энергии, поступившей на предыдущий уровень экологической пирамиды. Остальная часть энергии теряется в виде теплового излучения. Организмы в результате процессов обмена теряют в каждом звене пищевой цепи около 90% всей энергии, которая расходуется на поддержание их жизнедеятельности.

Каждый организм в природе занимает свое место и выполняет свою функциональную роль и это положение определяется понятием экологической ниши.

Тема 5. Экологическая ниша. Биохимические циклы

5.1 Понятие экологической ниши

Понятие экологической ниши было введено американскими зоологами Дж. Гриннелом в 1914 году и Ч.Элтоном в 1927 году. Гриннел определял нишу как самую мелкую единицу распространения вида, Элтон как место данного организма в биотической среде, его положение в цепях питания.

Классическое определение экологической ниши дал американский эколог Дж. Ивлин Хатчинсон в 1928 году. Экологическая ниша представляет собой часть воображаемого многомерного пространства (гиперобъема), отдельные изменения которого соответствуют факторам, необходимым для нормального существования вида. Экологическую нишу, определяемую только физиологическими особенностями организмов, он назвал фундаментальной, а ту, в пределах которой вид реально встречается в природе, – реализованной.

По Н.Ф.Реймерсу (1990), *экологическая ниша* – место вида в природе, включающее не только положение вида в пространстве, но и функциональную роль его в сообществе (например, трофический уровень) и его положение относительно абиотических условий существования (температура, влажность и т.п.).

Знание экологической ниши позволяет ответить на вопросы, где обитает вид, как, и чем питается, чьей добычей он является. Межвидовая конкуренция может касаться, как пищевых ресурсов, так и пространства. И главный результат дифференциации ниш – это снижение

конкуренции. Существует правило обязательности заполнения экологических ниш: пустующая экологическая ниша всегда бывает естественно заполнена.

Таким образом, экологическая ниша – это совокупность условий жизни внутри экологической системы, предъявляемых к среде видом или его популяцией. А модель экологической ниши представляет собой область комбинаций таких значений факторов среды, в пределах которой данный вид может существовать неограниченно долго. Попытки акклиматизации видов, (например, выхухоли в нашей стране), могут быть безуспешными при игнорировании понятия экологической ниши.

Устойчивость природных биоценозов определяется тем, что слагающие их виды приспособились друг к другу настолько, что стали, как бы заботиться о целостности структуры своей экосистемы.

5.2 Типы изменения биоценозов.

Экологические связи создают определенную структуру биоценоза. Биоценозы – это динамические системы и находятся в постоянном развитии (изменении). Выделяют следующие *типы изменения биоценозов*: флюктуация, сукцессия, эволюция.

Флюктуация (от лат. fluctuatio – колебания) – сравнительно краткосрочные изменения, когда сообщества без смены флористического состава отклоняются от некоего среднего состояния вследствие сезонных (сезонные флюктуации) (связаны со сменой сезонов года) и погодных изменений климата (разногодичные флюктуации), а также изменения динамики животных (зоогенные флюктуации).

Сукцессия (от лат. «сукцедо» – следую) – последовательная смена одного биоценоза другим. Суть этого явления заключается в том, что под влиянием внутреннего развития биоценозов, их взаимодействия с окружающей средой они постепенно «стареют» и сменяются другими типами биоценозов, например, зарастание озера и превращение его в болото (эвтрофикация); высыхание болота и трансформация его в луг; смена пород в лесу после пожара и т.д. Сукцессию можно определить также как несезонную, направленную и непрерывную последовательность появления и исчезновения популяций разных видов в определенном местообитании. Термин ввел французский ботаник Де Люк в 1806 году для обозначения смен растительности. Классическая теория сукцессии была разработана американским ботаником Фредериком Клементсом.

Эволюция (от лат. evolutio – развертывание) – это изменения, аналогичные сукцессии, большей частью необратимые, с формированием новых типов сообществ за счет видообразования или занесения новых для данных условий вида. Является следствием сукцессии.

Важное экологическое положение состоит в том, что чем разнороднее и сложнее биоценоз, тем выше его устойчивость, способность противостоять различным внешним воздействиям.

5.3 Биохимические циклы.

Все вещества на нашей планете находятся в процессе биохимического круговорота.

Круговорот химических веществ из неорганической среды через растительные и животные организмы обратно в неорганическую среду с использованием солнечной энергии и химических реакций носит название *биохимического цикла*.

Выделяют два основных круговорота: *большой (геологический) и малый (биотический)*.

Большой круговорот заключается в том, что горные породы подвергаются разрушению, выветриванию, а продукты выветривания, в том числе растворимые в воде питательные вещества, сносятся потоками воды в Мировой океан. Здесь они образуют морские напластования. Крупные медленные геотектонические изменения, процессы опускания материков и поднятия морского дна, перемещения морей и океанов в течение длительного времени приводят к тому, что эти напластования возвращаются на сушу, и процесс начинается вновь.

Большой круговорот – это и круговорот воды между сушей и океаном через атмосферу. Влага, испарившаяся с поверхности Мирового океана (на что затрачивается почти половина поступающей к поверхности Земли солнечной энергии), выпадает в виде осадков на сушу и с поверхностными и подземными стоками вновь возвращается в океан. Круговорот воды играет основную роль в формировании природных условий на Земле.

Сущность биотического круговорота заключается в образовании живого вещества из неорганических соединений в процессе фотосинтеза и в превращении органического вещества при разложении вновь в неорганические соединения.

Биотический круговорот упрощенно выглядит так: зеленые растения, используя солнечную энергию, создают первичную продукцию живого вещества (продуценты). То есть простые химические вещества, из которых состоит воздух, вода и минералы горных пород и почвы, превращаются в сложные соединения типа белков, жиров и углеводов, называемых органическими. Из этих органических веществ и образуются ткани растений и животных. Редуценты разлагают органические вещества на исходные неорганические компоненты, которые вновь усваиваются продуцентами. В процессе биотического круговорота веществ на каждом его этапе и уровне трансформируется энергия Солнца.

Энергия солнечного излучения не только тратится и перераспределяется, но и связывается на длительный период. Беспереывный поток энергии, накапливаемый в зеленых растениях, как бы растекается в сложной сети пищевых связей. Большая часть энергии при переходе от одного звена пищевой цепи в другое теряется, так как к следующему потребителю поступает лишь та часть энергии, которая заключена в массе поедаемого организма. При этом биомасса одного звена не может быть переработана последующими полностью. Иначе исчезли бы ресурсы для развития живой материи. Консументы потребляют живое вещество

первичной продукции, которое создают растения из неорганической материи. Животные, сами, создавая новое живое вещество, расходуют для этого в десятки раз больше живого вещества предыдущего трофического уровня, тем самым, уменьшая и общие запасы потока энергии. В результате путь порции энергии, накопленной зелеными растениями, не может быть очень длинным. Энергия характеризуется не только количественными, но и качественными параметрами. Высококонцентрированная форма энергии – нефть, уголь, торф.

По мере того, как в пищевой цепи падает количество энергии (примерно на порядок), на каждой ступени повышается качество энергии, которая трансформируется в новую форму. 1 г сухого органического вещества растения в среднем соответствует 18,7 кДж энергии. Энергетический эквивалент более богатых белками и жирами семян составляет около 20 кДж, а 1 г сухого мяса соответствует 23,5 кДж.

Солнце – основной, единственный источник поступающей на поверхность Земли энергии. Поток энергии от Солнца непрерывен. И это необходимое условие для биогеохимического цикла. Энергия расходуется на физические и химические процессы: перемещение воздушных масс, испарение, поглощение и выделение газов, растворение минералов и т.д. (большой круговорот); на создание органического вещества в ходе фотосинтеза и на поддержание многих других биохимических реакций (малый круговорот). В биотический круговорот вовлекаются миллиарды тонн фосфора и азота, огромное количество калия, кальция, железа, а также воды. Химические элементы, поглощенные организмами, впоследствии (при отмирании) возвращаются в абиотическую среду, затем снова попадают в живой организм и т. д. Различают круговорот углерода, азота, фосфора, серы в биосфере. А вот говорить о круговороте энергии нельзя. Существует закон однонаправленности потока энергии: в обратный поток биотического круговорота (от редуцентов вновь к продуцентам) поступает ничтожное количество начальной энергии (менее 0,25 %).

Круговорот воды, газов, химических элементов имеет циклический характер, но не является полностью обратимым, так как происходит рассеивание вещества, изменение его состава и т. д. А в результате деятельности человека возникают новые и изменяются сложившиеся в природе пути миграции веществ. Эти вещества концентрируются в живых организмах, то есть происходит их биологическое накопление. Например, концентрирование радионуклидов и пестицидов в пищевых цепях. Поэтому необходимо учитывать принцип биологического накопления при любых поступлениях загрязнений в среду.

Человек поддерживает собственное существование за счет эксплуатации водных, земельных, лесных, биологических и энергетических ресурсов. И в результате хозяйственной деятельности на вводе стоит извлечение и использование природных ресурсов, а на выводе – производственные и бытовые отходы. Таким образом, человек существенно влияет на планетный круговорот веществ. А возникающий в процессе

производственной деятельности новый обмен веществ, носит техногенный характер и называется антропогенным обменом веществ, который лишен «круговорота».

Тема 6. Учение о биосфере.

6.1 Характеристика биосферы.

Наша планета имеет неоднородное строение и состоит из ядра, мантии, литосферы (земная кора), гидросферы (водная оболочка Земли), атмосферы (газовая оболочка Земли) и биосферы.

Термин «биосфера» ввел в 1875 году австрийский геолог *Эдуард Зюсс (1831-1914)*. Хотя первые представления о биосфере как «области жизни» и наружной оболочке Земли сформулировали французские ученые Жорж Бюффон и Пьер Мопертюи в середине 18 века и позже Жан Батист Ламарк (1802).

Биосфера – организованная оболочка земной коры, сопряженная с жизнью.

Полное представление биосферы было изложено основоположником биогеохимии *Владимиром Ивановичем Вернадским (1863 –1945)* в 1926 году в книге «Биосфера». Комплекс всех представлений о биосфере получил название «учение о биосфере».

Биосфера – сложная система, которая состоит из многих компонентов, включающих всю живую и неживую природу. **Элементарной структурной единицей биосферы** служит экосистема или биогеоценоз. Вернадский рассматривал биосферу как область жизни, основой которой является взаимодействие живого и косного вещества, и выделил в биосфере 7 генетически связанных частей:

1. Живое вещество.

Живое вещество – это совокупность живых организмов; характеризуется элементарным химическим составом, массой, энергией; оно трансформирует солнечную энергию и вовлекает неорганическую материю в непрерывный круговорот. Живое вещество представлено огромным количеством особей, в современной биосфере около 2 миллионов видов живых организмов. Общая биомасса биосферы составляет около 85-100 млрд. т сухого органического вещества, в том числе в Мировом океане – 30 млрд. т.

Итальянский естествоиспытатель и врач Франческо Реди обосновал принцип, гласящий, что живое происходит от живого, между живым и неживым веществом существует непроходимая граница, хотя и имеется постоянное взаимодействие. Вернадский составил таблицу, где рассмотрел несходство живого и неживого в физическом, химическом и термодинамическом смысле, а также сформулировал функции живого вещества.

Функции живого вещества:

- энергетическая (перераспределение солнечной энергии между компонентами биосферы);

- газовая или средообразующая (в процессе жизнедеятельности живого вещества создаются основные газы: азот, кислород, углекислый газ, метан и др.);
- концентрационная (извлечение и накопление живыми организмами биогенных элементов в больших концентрациях, чем содержит окружающая среда). В составе живого вещества преобладают атомы O₂, C, H, N, Na, Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca. Концентрация этих элементов в телах живых организмов в сотни тысяч раз выше, чем во внешней среде.
- деструктивная (проявляется в минерализации органического вещества);
- окислительно-восстановительная (заключается в химическом превращении веществ; «живое вещество» охватывает и перестраивает все химические процессы биосферы).

Живое вещество обеспечивает образование нового живого вещества, которое замещает не только отмирающие его массы, но и привносит новые качества, определяя тем самым эволюцию органического мира.

2. *Биогенное вещество* – это вещество, создаваемое и перерабатываемое живыми организмами и являющееся мощным источником потенциальной энергии. Представлено запасами каменного угля, известняка, нефти, торфа, гумуса, сланцев, битумов. Биогенное вещество делят на две категории: а) образованное живыми организмами, живущими в данную геологическую эпоху; б) образованное в прошлые геологические эпохи.
3. *Косное вещество*. Образуется процессами, в которых живое вещество не участвует. Например, изверженные горные породы вулканического происхождения, а также минеральные компоненты.
4. *Биокосное*. Создается одновременно живыми организмами и процессами неорганической природы (косными). Например, почва, приземная атмосфера. В образовании ведущая роль принадлежит живым организмам.
5. *Радиоактивное вещество* – вещество, находящееся в радиоактивном распаде в форме немногих радиоактивных элементов, сложного изотопного состава. Например, элементы и изотопы уранового, ториевого и актиноуранового ряда.
6. *Рассеянные атомы*.
7. *Вещество космического происхождения* – метеориты, космическая пыль.

С учетом современных представлений, биосфера обозначает оболочку Земли, которая содержит всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами. Компоненты биосферы образуют единую систему, в которой изменение даже одного звена влечет за собой сопряженное изменение всех остальных звеньев. И ее целостность обусловлена непрерывным обменом вещества и энергии между ее составными частями.

Таким образом, биосфера может рассматриваться как глобальная планетарная экосистема. А устойчивость природных экосистем всех уровней обеспечивает общее динамическое равновесие (гомеостаз) биосферы.

«Пределы биосферы обусловлены, прежде всего, полем существования жизни» (Вернадский В.И. Биосфера, 1926, с. 102). Иными словами, биосфера – это область активной жизни, которая охватывает нижнюю часть атмосферы, всю гидросферу и верхние горизонты литосферы.

Границы биосферы условно проходят на расстоянии 10 км от поверхности земли (тропосфера) и на глубине 8 – 10 км (литосфера и гидросфера).

Эволюция биосферы свидетельствует о том, что ее равновесие обеспечивается за счет сохранения биологического разнообразия при любом воздействии на нее. Необходимость биологического разнообразия, которое обеспечивает равновесие и стабилизацию экосистем – это один из принципов устойчивого функционирования биосферы.

6.2 Понятие о ноосфере

Человек – один из видов животного царства, высшая ступень развития живых организмов, со сложной социальной организацией и хозяйственной деятельностью. Являясь составной частью живого, он не может существовать в естественных условиях вне биосферы. Как и любой вид, человек не только зависит от среды, но и воздействует на нее. Выделяют такие понятия как техносфера, антропосфера, социосфера. Техносфера – это часть биосферы, преобразованная человеком в технические и техногенные объекты (здания, дороги и т.п., в артеприродную среду); в будущем практически замкнутая технологическая система, рассчитанная на изоляцию производственных циклов от природного обмена веществ и потока энергии. Стратегически, конечно, необходимо стремиться к малоотходному и цикличному производству, но добиться полной безотходности невозможно даже теоретически, так как это противоречит второму началу термодинамики. Антропосфера – это сфера Земли и ближнего космоса, которая прямо или косвенно видоизменяется человеком; это используемая людьми часть биосферы, синоним: социосфера. В будущем динамическое равновесие системы «человеческое общество – природа» (социоэкосистемы) должно обеспечиваться общественным разумом.

Человек научился преодолевать действие лимитирующих факторов, но собственно природа всегда будет фактором его существования и ее изменение по принципу обратной связи будет воздействовать как на биологические, так и на социальные процессы, протекающие в человеческой популяции. Одной из основных задач человечества является сохранение того типа биосферы, в которой возник и может существовать человек как вид, так как неконтролируемая деятельность человечества может изменить мир, поставив его на грань экологической катастрофы. Поэтому высшей стадией развития биосферы должна стать ноосфера.

Ноосфера – (от греческого *ноос* – разум и *сфера*) – новое эволюционное состояние биосферы, сфера взаимодействия природы и общества, в пределах которой разумная деятельность человека становится решающим фактором его развития.

Понятие «ноосфера» было введено в 1927 году французскими учеными Эдуардом Леруа (1870 – 1954) и Пьером Тейяром де Шарденом (1881 – 1955), трактовавшими его идеалистически.

В 1930 – 1940 годах В. И. Вернадский развил материалистическое представление о ноосфере как качественно новой форме организованности, возникающей при взаимодействии общества и природы. По Вернадскому, ноосфера – это биосфера, разумно управляемая человеком. Это новый этап в развитии биосферы, этап разумного регулирования отношений между человеком и природой. Возникновение ноосферы – это естественный процесс, один из моментов эволюции материи. Появление на Земле человека означает новый шаг в эволюции планеты. Темпы эволюционных процессов быстро растут по мере развития производительных сил и технической вооруженности цивилизации. Вернадский писал, что «человек становится могучей геологической силой». Поэтому эволюция планеты и человеческого общества должна будет направляться разумом. «Биосфера перейдет, так или иначе, рано или поздно в ноосферу. На определенном этапе развития человек вынужден взять на себя ответственность за дальнейшую эволюцию планеты, иначе у него не будет будущего», – утверждал Вернадский. Но становление ноосферы, по мнению ученого, процесс длительный. Так как ноосфера, как высшая стадия развития биосферы, связана со становлением в ней *цивилизованного человечества*.

6.3 Воздействие человека на биосферу

6.3.1 Состояние природной среды.

Вмешательство человека в природу приобретает планетарные масштабы, нарушает круговорот веществ и по количественному эффекту это воздействие стало превосходить многие природные процессы. Лишь правильная оценка взаимодействия человека и окружающей среды позволит сохранить и улучшить экологическую обстановку даже в случае ее нарушения на всех экосистемных уровнях.

Состояние природной среды в естественном ее состоянии называют «нормальным» или *«фоновым»*.

Человек, воздействуя на природные системы, меняет экологически сбалансированное состояние окружающей среды. Но природная среда обладает *буферностью*, то есть оказывает противодействие на оказанное на нее воздействие и характеризуется такими показателями, как инерция, эластичность, емкость и устойчивость.

Инерция среды – это ее способность в некоторых пределах сопротивляться изменениям, которые вызваны воздействиями внешних факторов, обозначает постоянное стремление к сохранению своего состояния.

Эластичность среды – это ее способность в некоторых пределах изменять свое состояние под воздействием внешних факторов и возвращаться в исходное состояние после прекращения их действия.

Емкость среды – это ее способность адсорбировать без изменения своего состояния чужеродные воздействия внешних факторов (посторонние вещества, избыточную энергию и т.д.).

Устойчивость среды – это ее способность в определенных пределах к самосохранению и саморегулированию.

Существуют также допустимые пределы изменения среды – минимальные и максимальные величины параметров состояния среды, внутри которых она обладает устойчивостью, и не разрушается.

Различают аномальное и кризисное состояние природной среды.

Аномальное (нарушенное) – состояние природной среды, при котором один или несколько ее параметров достигают величин, которые отклоняются от фоновых характеристик данной местности, или же нарушаются некоторые свойства среды (эластичность, емкость). Среда еще не теряет своей системной целостности, но приобретает характеристики экологически несбалансированной системы.

Кризисное – состояние природной среды, при котором параметры среды приближаются к допустимым пределам изменений, переход через которые влечет за собой потерю устойчивости системы и ее разрушение.

А разрушение среды – это такое состояние, при котором среда становится непригодной для жизни человека и его хозяйственной деятельности.

В истории человечества хорошо известны локальные разрушения среды, когда гибли целые цивилизации. Во второй половине 20 века происходит резкое нарушение природной среды в глобальном масштабе.

Причинами такого нарушения являются:

- хозяйственная деятельность человека;
- рост численности населения на Земле и соответственно рост производства;
- увеличение объема потребления энергетических и других природных ресурсов;
- рост энергетической вооруженности человечества;
- интенсификация производства;
- создание новых веществ и соединений, которых раньше в природе не было;
- прогрессирующая урбанизация.

Известный эколог Барри Коммонер (1974) выделял пять, по его мнению, основных видов вмешательства человека в экологические процессы:

- упрощение экосистемы и разрыв биологических циклов;
- концентрация рассеянной энергии в виде теплового загрязнения;
- рост ядовитых отходов от химических производств;
- введение в экосистему новых видов;
- появление генетических изменений в организмах растений и животных.

Все это, в конечном счете, приводит к тому, что человек нарушает принципы долговременного и устойчивого функционирования биосферы.

6.3.2 Загрязнение природной среды и его виды.

Поступление в среду различных веществ, оказывающих вредное воздействие на человека или другие организмы в результате хозяйственной деятельности человека, называют техногенным загрязнением природной среды или антропогенным. Антропогенная нагрузка – это величина прямого или опосредованного воздействия человека на природную среду в целом или на ее отдельные компоненты. Антропогенная нагрузка удваивается каждые 10-15 лет.

Загрязнение природной среды – это поступление в природную среду веществ, различных видов энергии в количествах, превышающих естественный для живых организмов уровень и нарушающих природную способность среды к самоочищению.

Классификация загрязнений:

1. По происхождению: природное загрязнение (вулканы, сели, наводнения) и антропогенное загрязнение (вызванное деятельностью человека).
2. По объектам загрязнения: загрязнение вод; атмосферы; почв; ландшафта.
3. По продолжительности: временное и постоянное.
4. По распространенности: локальное; региональное; глобальное; трансграничное.
5. По источникам загрязнения. Источники: промышленность, транспорт, сельское хозяйство, жилищно-коммунальное хозяйство, теплоэнергетический комплекс.
6. По видам загрязнителей:
 - а) Физическое загрязнение – проявляется в отклонениях от нормы ее температурно-энергетических, волновых, радиационных и других физических свойств. Формы физического загрязнения: тепловое, световое, радиоактивное, электромагнитное.
 - б) Химическое загрязнение – загрязнение химическими веществами.

По определению ООН, химическими загрязнителями считаются все вещества и соединения, обнаруживаемые в ненадлежащем месте, в ненадлежащее время, в ненадлежащем количестве.

Химические вещества I класса опасности: Be, V, Co, Ni, Zn, Cr, Pb, Hg, формальдегид, бензапирен, цианистые соединения, пестициды, радиоактивные элементы.

в) Биологическое – это привнесение в экосистемы нехарактерных для них видов живых организмов, негативно влияющих на здоровье человека и его хозяйственную деятельность. Особо опасным считается биологическое загрязнение среды возбудителями инфекционных болезней человека и животных, а также паразитами и вредителями сельскохозяйственных растений.

Одна из форм биологического загрязнения: микробиологическое – связано с массовым размножением патогенных микроорганизмов для человека, животных и растений.

Выделяют также биотическое загрязнение – нежелательное превышение в почве, воде, воздухе биогенов. Например, накопление нечистот, отмерших организмов и т.д.

г) Механическое – загрязнение бытовыми и производственными отходами. Одна из форм – засорение среды.

Необдуманная хозяйственная деятельность человека породила целый ряд экологических проблем, которые можно разделить *по значимости* (и распространенности) на: локальные; региональные; глобальные.

Глобальные экологические проблемы охватывают всю биосферу. Среди них:

- проблема разрушения озонового слоя (сосредоточен в стратосфере – слой атмосферы на высоте от 10 до 50 км с концентрацией озона, максимальной на высоте 20-25 км);
- парниковый эффект и, как следствие, глобальное потепление климата;
- загрязнение Мирового океана, атмосферы, земель и, как следствие, нарушение круговорота воды, биогенных элементов;
- кислотные дожди;
- сокращение биологического разнообразия и обеднение генофонда;
- опустынивание вследствие вырубки лесов, нарушения земель;
- проблема истощения недр и возможность смещения геофизического центра Земли в силу неравномерного изъятия полезных ископаемых, что может привести к изменению траектории вращения Земли;
- образование огромных масс отходов;
- ядерные испытания и ядерная безопасность.

Региональные – охватывают территории больших регионов, и их влияние сказывается на значительной части населения. Например, региональные экологические проблемы Республики Беларусь:

- радиоактивное загрязнение, вызванное аварией на ЧАЭС;
- загрязнение атмосферы, воды, почв;
- накопление отходов;
- последствия мелиорирования Полесья.

Локальные – характерны для небольших территорий. Их можно быстро локализовать и ликвидировать. Например, утечка нефтепродуктов из цистерн.

Сейчас ученые всего мира усиленно изучают результаты воздействия человека на природную среду и ищут пути к восстановлению пострадавших природных систем и предотвращению вольного или невольного дальнейшего воздействия.

Тема 7. Основные законы экологии, правила и принципы.

Природа совершенна и все природные процессы согласованы и взаимосвязаны между собой и существуют объективные законы природы, незнание которых или их игнорирование приводит к кризису и не только экологическому, но и экономическому.

Одним из фундаментальных экологических законов является **закон внутреннего динамического равновесия**: вещество, энергия, информация и динамические качества отдельных систем и их иерархии взаимосвязаны настолько, что любое изменение одного из этих показателей вызывает функционально-структурные количественные и качественные перемены, сохраняющие общую сумму этих качеств систем.

Эмпирические следствия этого закона:

1. Любое изменение среды неизбежно приводит к развитию природных цепных реакций, нейтрализующих произведенное изменение или формирующих новые природные системы, образование которых при значительных изменениях среды может принять необратимый характер.

2. Взаимодействие экологических компонентов природных систем количественно не линейно, то есть слабое воздействие или изменение одного из показателей может вызвать сильные отклонения в других и во всей системе в целом.

3. Производимые в крупных экосистемах перемены относительно необратимы, так как иерархически меняют глобальные процессы, переводя их на новый эволюционный уровень.

4. Любое местное преобразование природы вызывает в глобальной совокупности биосферы ответные реакции, приводящие к неизменности эколого-экономического потенциала, увеличение которого возможно лишь путем значительного возрастания энергетических вложений.

Закон внутреннего динамического равновесия – один из ключевых в природопользовании. Пока изменения среды слабы и затрагивают небольшие площади, они или ограничены конкретным местом, или «гаснут» в цепи иерархии экосистем. Но как только перемены достигают существенных значений для крупных экосистем, они приводят к существенным сдвигам в этих обширных природных образованиях, а через них, и во всей биосфере Земли (согласно второму следствию). Эффект, ожидаемый при преобразовании природы, в связи с возникновением цепных природных реакций может не возникнуть или оказаться намного сильнее, чем необходимо. Так, «слабые воздействия могут и не вызывать у природной системы ответных реакций до тех пор, пока, не накопившись, они не приведут к развитию бурного динамического процесса» (**закон «все или ничего»** Х. Боулича).

Будучи относительно необратимыми (третье следствие), изменения в природе в конечном итоге оказываются трудно нейтрализуемыми с социально-экономической точки зрения, так как требуют больших материальных затрат и физических усилий.

Сдвигая динамически равновесное состояние природных систем с помощью значительных вложений энергии (например, путем распашки земель, внесения удобрений и др. агротехнических приемов), достигая увеличения полезной продукции, люди нарушают соотношение экологических компонентов. Например, закон растущего плодородия – урожайности, согласно которому агротехнические и другие прогрессивные

приемы ведения сельского хозяйства, ведут к увеличению урожайности полей. Но этот закон исторически ограничен. Как противоположная историческая закономерность существует «закон» убывающего (естественного) плодородия. Высокие урожаи обеспечиваются огромными энергетическими вложениями. Однако излишнее вложение энергии и возникающий в результате вещественно-энергетический разлад ведут к снижению природно-ресурсного потенциала.

Срабатывает **закон снижения энергетической эффективности природопользования**: с ходом исторического времени при получении из природных систем полезной продукции на ее единицу в среднем затрачивается все больше энергии. Увеличиваются и энергетические расходы на одного человека. И как практическое следствие этого закона: рост энергетических затрат не может продолжаться бесконечно. Значит, можно рассчитать вероятный момент неизбежного перехода на новые, энергосберегающие технологии, избежав энергетического и экологического кризисов.

Переплетается с этим законом **закон падения природно-ресурсного потенциала**: в рамках одной общественно-экономической формации (способа производства) и одного типа технологий природные ресурсы делаются все менее доступными и требуют увеличения затрат труда и энергии на их извлечение и транспортировку.

В соперничестве с другими системами выживает (сохраняется) та из них, которая наилучшим образом способствует поступлению энергии и использует максимальное ее количество наиболее эффективным способом (**закон максимизации энергии** Г. и Э. Одумов). По мнению Н.Ф. Реймерса, этот закон справедлив и в отношении информации.

Любая природная система может развиваться только за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды – **закон развития природной системы за счет окружающей ее среды**. Абсолютно изолированное саморазвитие невозможно.

Следствия этого закона имеют важное практическое значение.

Следствие 1. Абсолютно безотходное производство невозможно (подобно созданию «вечного» двигателя). Но, учитывая это следствие, мы должны стремиться к созданию малоотходных производств с малой ресурсоемкостью, как на входе, так и на выходе (экономность и незначительные выбросы) с переходом к цикличному производству (отходы одних служат сырьем для других) и организации разумного депонирования (захоронения) неминуемых остатков и нейтрализации неустраняемых энергетических отходов.

Следствие 2. Любая более высокоорганизованная биотическая система, используя и видоизменяя среду жизни, представляет потенциальную угрозу для более низкоорганизованных систем. Поэтому в земной биосфере невозможно повторное зарождение жизни – она будет уничтожена существующими организмами. Отсюда вытекает, то что, воздействуя на

природу, человек должен нейтрализовать эти воздействия, поскольку они могут оказаться разрушительными для природы и, согласно правилу соответствия условий среды генетической предопределенности организма, и самого человека.

Следствие 3. Биосфера Земли как система развивается не только за счет ресурсов планеты, но и опосредовано за счет и под управляющим воздействием космических систем (прежде всего Солнечной). Это следствие должно учитываться при рассмотрении всех процессов, происходящих на Земле.

По **закону эволюционно-экологической необратимости** – экосистема, потерявшая часть своих элементов, не может вернуться в первозданное состояние, если в ходе изменений произошли эволюционные перемены. В экосистеме все входящие в нее виды живого и абиотические компоненты функционально соответствуют друг другу (**закон экологической корреляции**). А фазы развития природной системы могут следовать лишь в эволюционно закреплённом порядке, обычно от относительно простого к сложному, как правило, без выпадения промежуточных этапов.

Согласно **биогенетическому закону** (Э. Геккеля и Ф. Мюллера), организм (особь) в индивидуальном развитии (онтогенезе) повторяет (в сокращенном и закономерно измененном виде) историческое (эволюционное) развитие своего вида (филогенез). И минералогические процессы в короткие интервалы времени как бы повторяют общую историю геологического развития (**геогенетический закон** Д.В. Рундквиста). И многие природные системы в индивидуальном развитии повторяют в сокращенной форме эволюционный путь развития своей системной структуры (**системогенетический закон**).

По **закону ускоренной эволюции**, более высокоорганизованные формы существуют меньшее время, чем более низкоорганизованные. И биологический вид в процессе эволюции не может вернуться к состоянию своих предков (**закон необратимости эволюции** Л. Долло). А все живое генетически различно и имеет тенденцию к увеличению биологической разнородности (**закон генетического разнообразия**). И по **закону равнозначности всех условий жизни** все природные условия среды, необходимые для жизни, играют равнозначную роль.

Согласно **закону необходимого разнообразия**, любая система не может сформироваться из абсолютно одинаковых элементов. Из этого закона вытекает **закон неравномерности развития систем**, поскольку это один из способов увеличения разнообразия, а также закон полноты составляющих системы: число функциональных составляющих системы и связей между ними должно быть оптимальным – без недостатка и избытка. Фундаментальное положение теории систем связано с тем, что размер любой системы должен соответствовать ее функциям.

Никакая система не может сужаться и расширяться до бесконечности – **закон оптимальности**. В природопользовании этот закон диктует

необходимость поиска наилучших вариантов, просчитывая оптимальные размеры всех эксплуатируемых природных систем.

Действует **правило меры преобразования природных систем**: в ходе эксплуатации природных систем нельзя переходить некоторые пределы, позволяющие этим системам сохранять свойства самоорганизации и саморегуляции.

Например, изменение энергетики природной системы в пределах 1 % выводит природную систему из равновесного состояния – **правило одного процента**. А чем стремительнее под воздействием антропогенных причин изменяется среда обитания человека и условия ведения им хозяйства, тем скорее, по принципу обратной связи, происходит перемена экологических свойств и в социально-экономическом и техническом развитии общества – **правило ускорения развития**.

Нарушается **закон соответствия между уровнем развития производительных сил и природно-ресурсным потенциалом**, поскольку развитие производительных сил происходит относительно постепенно до момента резкого истощения природно-ресурсного потенциала, который характеризуется как экологический кризис.

И срабатывает **правило цепных реакций «жесткого» управления природой** – «жесткое», как правило, техническое управление природными процессами чревато цепными природными реакциями, значительная часть которых оказывается экологически, социально и экономически неприемлемыми в длительном интервале времени.

Но существует и правило целесообразного преобразования природы – это **правило «мягкого» управления природой**, то есть опосредованное, направляющее, восстанавливающее экологический баланс управление природными процессами.

Технические системы управления природой со временем требуют все большего вложения средств, вплоть до нерациональности поддержания их, и потому «мягкие» формы управления в конечном итоге всегда эффективнее «жестких» (**принцип естественности**).

Исключительная сложность природных систем, их уникальность и неизбежность природных цепных реакций, направление которых нередко трудно предсказуемо, связано с недостаточностью знаний (**принцип неполноты информации или принцип неопределенности**).

В 1974 году американский эколог **Барри Коммонерв** популярной форме сформулировал **четыре закона экологии**:

1. Все связано со всем.
2. Все должно куда-то деваться.
3. Природа «знает» лучше.
4. Ничто не дается даром.

Первый закон подчеркивает всеобщую связь процессов и явлений в природе, по смыслу близок к закону внутреннего динамического равновесия.

Второй закон обозначает то, что любая природная система может развиваться только за счет использования энергетических и

информационных возможностей окружающей ее среды. Близок закону развития природной системы за счет окружающей ее среды.

Третий закон говорит о том, что пока мы не имеем абсолютно достоверной информации о механизмах и функциях природы, мы легко можем навредить природе, пытаясь ее улучшить.

Четвертый закон гласит, что «глобальная экосистема представляет собой единое целое, в рамках которого ничего не может быть выиграно или потеряно, не может являться объектом всеобщего улучшения; все, что было извлечено из нее человеческим трудом, должно быть возмещено. Платежа по этому векселю нельзя избежать; он может быть только отсрочен».

Так как в решении экологических проблем необходим комплексный подход, то знание законов природы, формирование экологического мышления у людей, экологическое образование и информирование будет способствовать уменьшению негативного влияния человечества на окружающую среду.

Тема 8. Общая характеристика природных ресурсов

Природные ресурсы – это все то, что человек использует для обеспечения своего существования: продукты питания, минеральное сырье, энергоносители, пространство для жизни, воздушное пространство, вода, объекты для удовлетворения эстетических потребностей. Это часть всей совокупности природных условий существования человечества и важнейших элементов природы (виды вещества и энергии). Природные ресурсы используются человеком в хозяйственной деятельности.

Под общим понятием «ресурсы» понимаются любые источники и предпосылки получения необходимых людям материальных благ. Природные (естественные) ресурсы – это объекты явления природы, используемые для прямого и непрямого потребления в качестве средств труда (земля, водные пути, вода для орошения), источников энергии (гидроэнергия, солнечная энергия, горючие ископаемые, атомное топливо) или предметов потребления (растения, животные, питьевая вода).

Природные ресурсы используются в качестве:

- непосредственных предметов потребления (кислород воздуха, питьевая вода, растения, грибы, продукты охоты, рыболовства);
- средств труда, с помощью которых осуществляется общественное производство (земля, водные пути, вода для орошения);
- предметов труда (древесина, минералы);
- источников энергии (гидроэнергия, атомное топливо, запасы горючих ископаемых, солнечные батареи и др.);
- банка генетического фонда (выведение новых сортов и пород);
- мест рекреации (восстановление здоровья и трудоспособности с помощью отдыха на природе).

На рис. 8.1 представлена примерная классификация природных ресурсов.



Рисунок 8.1 Основные типы природных ресурсов

Исчерпаемые природные ресурсы делятся на исчерпаемые восстанавливаемые (возобновимые) и исчерпаемые невозстанавливаемые (невозобновимые).

К первой группе прежде всего относятся биологические ресурсы – растительность и животный мир. Это лесные ресурсы, ресурсы сельскохозяйственных растений, диких и домашних животных. Сюда же входят и некоторые минеральные ресурсы, например выпадающие в осадок соли в соленых водоемах. При определенных условиях возобновимые ресурсы могут в сравнительно короткий геологический период восстановиться качественно и количественно.

Ко второй группе относится большинство полезных ископаемых – нефть, уголь, газ и т.д. Исчерпаемость ресурсов связана, во-первых, с их широкомасштабным применением. Изъятие этих ресурсов из природной среды происходит очень интенсивно, запасы их неуклонно уменьшаются. Во-вторых, восполнение этих ресурсов происходит значительно медленнее, чем потребление (нефть, уголь, сланцы и др.).

Можно выделить также относительно возобновимые ресурсы. Это прежде всего почвы, частично вышедшие из сельскохозяйственного оборота в результате водной и ветровой эрозии либо радиоактивного загрязнения, старые лесные древостой, торф, используемый в качестве топлива. По истечении определенного промежутка времени (от сотен до нескольких тысяч лет) эти ресурсы можно будет снова использовать.

8.1. Проблема исчерпаемости природных ресурсов

За годы, прошедшие после Второй мировой войны, было использовано столько же минерального сырья, сколько за всю предыдущую историю человечества. Поскольку запасы угля, нефти, газа, железа и других полезных ископаемых невозобновимы, они будут исчерпаны, по расчетам ученых, через несколько десятилетий. Но даже если ресурсы и относятся к категории возобновимых, это вовсе не значит, что с ними все в порядке. Большинство возобновимых ресурсов на самом деле быстро убывает, вырубка леса в мировом масштабе значительно превышает прирост древесины, площадь лесов, дающих Земле кислород, уменьшается с каждым годом. Главный фундамент жизни – почвы – повсюду деградируют. В то время как Земля накапливает 1 см чернозема за 300 лет, ныне 1 см почвы погибает за 3 года.

Лишь одна десятая часть всех земель планеты пригодна для сельского хозяйства. Так, в Европе на их долю приходится 36%, в Центральной Америке – 25%, в Северной Америке – 22%. Меньше всего хороших земель в Северной и Центральной Азии (10%), Юго-Восточной Азии (14%), Южной Америке и Австралии (по 15%). Значительная часть этих земель, несмотря на то что их и так мало, ежегодно изымается из сельскохозяйственного оборота под нужды строительства.

Расход невозобновимых видов сырья повышается, все больше пахотных земель выбывает из экономики – на них строятся города и заводы.

Ныне вопрос коренного улучшения использования природных ресурсов и ресурсообеспечения человечества стоит особенно остро. Из всей площади суши почти 45 млн км², или около $\frac{1}{3}$, уже занято пахотными, сенокосными, пастбищными угодьями, садами и плантациями. Леса занимают более 40 млн км² суши, но весьма значительная их часть разрабатывается (ежегодно заготавливается свыше 2 млрд м³ древесины).

В целях избежания угрозы истощения природных ресурсов огромное значение приобретает разработка системы мероприятий, обеспечивающих усиленную разведку запасов невозобновимых ресурсов, поиски новых источников сырья, топлива и энергии (в том числе освоение термоядерной энергии, развитие производства синтетических материалов и др.), наиболее полное вовлечение в хозяйственный оборот разнообразных возобновимых ресурсов, организацию более интенсивного использования этих видов ресурсов в экологически рациональных масштабах и формах. Особенно актуальны задачи предотвращения нерационального использования природных ресурсов, экономного и улучшенного их использования. Одним из важнейших путей решения этих задач является широкое применение вторичного сырья и комплексное использование природных ресурсов.

При эксплуатации невозобновимых ресурсов необходимо достижение резкого сокращения потерь сырья в недрах при его добыче (по нефти, например, они составляют порядка 50% и более), переработке и транспортировке, а также максимального увеличения оборота извлеченного вещества природы за счет всемерной утилизации вторичного сырья и отходов. Огромное значение имеет повышение коэффициента полезного использования уже извлеченных исходных материалов и продуктов (ныне из

всей энергии, заключенной в добытом топливе, используется лишь одна четверть; допускаются значительные потери при заготовке и переработке древесины и т.п.), а также продление срока службы изделий длительного пользования.

Технологический процесс должен быть организован таким образом, чтобы отходы производства не загрязняли окружающую среду, а вновь поступали в производственный цикл как вторичное сырье. Пример дает сама природа: углекислый газ, выделяемый животными, поглощается растениями, которые вырабатывают кислород, необходимый для дыхания животных. Безотходным является такое производство, в котором все исходное сырье в конечном счете превращается в ту или иную продукцию (в настоящее время 98% исходного сырья современная промышленность переводит в отходы). Расчеты показывают, что 80% отходов теплоэнергетической, горнодобывающей, коксохимической отраслей можно использовать, а получаемая из них продукция по качеству зачастую превосходит изделия, изготовленные из первичного сырья. Например, зола тепловых электростанций, используемая в качестве добавки при производстве газобетона, примерно в два раза повышает прочность строительных панелей и блоков. Большое значение имеют развитие природовосстановительных отраслей (лесное, водное, рыбное хозяйство), разработка и внедрение материалосберегающих и энергосберегающих технологий.

8.2. Ресурсы сырья и энергии

Энергия всегда играла и продолжает играть важную роль в человеческом обществе. Все виды деятельности человека связаны с затратами энергии. Применение нефти и природного газа в сочетании с развитием электроэнергетики, освоение энергии атома позволили промышленно развитым странам осуществить грандиозные преобразования, итогом которых стало формирование современного облика Земли.

Уровень материальной, а в конечном счете и духовной культуры людей находится в прямой зависимости от количества энергии, имеющейся в их распоряжении. Чтобы добыть руду, выплавить из нее металл, построить дом, сделать любую вещь, нужно израсходовать энергию. А потребности человека все время растут, да и людей становится все больше. Добываемая человеком энергия составляет всего лишь тысячные доли процента от того, что ему хотелось бы получать. Потребление энергии на душу населения в разных регионах Земли различается в сотни и даже тысячи раз. Например, средний американец обходится природе в сотни долларов в день, а житель Индии или Непала – меньше одного доллара.

Важно различать виды энергии на определенных стадиях преобразования и использования.

Прежде всего это первичная энергия, содержащаяся в первичных природных источниках, потребность в которой будет существовать всегда. Объемы ее использования зависят, с одной стороны, от оптимального

соотношения между качеством технологии превращения энергии и ее конечным использованием, с другой – от возможности применения альтернативных источников энергии.

Выделяют три класса источников первичной энергии: ископаемое топливо; атомная энергия; энергия солнца.

Источниками первичной энергией являются каменный уголь, нефть, природный газ, природный уран. В качестве источника первичной энергии также можно рассматривать воду, падающую с плотины. Иногда первичная энергия выступает в роли конечной энергии, т.е. энергии, непосредственно обеспечивающей

энергетические нужды потребителя. Одним из источников такой энергии является природный газ.

В большинстве случаев первичная энергия преобразуется во вторичную энергию. Примерами источников вторичной энергии служат электричество и бензин.

Способы преобразования первичной энергии во вторичную могут быть разными. В одном случае это происходит на тепловых электростанциях (энергия падающей воды превращается в электрическую) и нефтеперерабатывающих предприятиях (нефть преобразуется в более удобные виды энергии – бензин, керосин, дизельное топливо, лигроин). В другом случае это может быть атомная электростанция, где используется энергия расщепленного ядра. Необходимо помнить, что при любом преобразовании первичной энергии во вторичную происходят ее потери, как и при доставке энергии потребителю.

Вторичная энергия в форме конечной энергии используется человеком в виде электрической лампочки, в работе кофемолки, компьютера или мотора.

Последний этап – превращение конечной энергии в полезную, т.е. в энергию, которая фактически переходит в продукцию или используется в обслуживании.

В настоящее время на каждого из живущих на Земле людей приходится около 3 кВт энергии. Для сравнения: электрокамин с одной спиралью обычно потребляет 1 кВт. Однако это потребление энергии неодинаково в различных регионах мира. Наиболее высоко оно в странах Северной Америки и Европы. В развивающихся государствах потребление энергии составляет около 500 Вт; (1 кВт = 1000 Вт), а промышленно неразвитые страны живут на уровне потребления менее 100 Вт на человека.

Основным источником энергии в современном мире является ископаемое органическое топливо. Оно состоит из остатков растений, произраставших в доисторическую эпоху. Энергия ископаемого топлива заключена в химических связях, которые образовались под воздействием энергии Солнца растениями прошлых эпох посредством реакции фотосинтеза. Ископаемое топливо – это главным образом углерод в сочетании с другими элементами.

Одна из характерных черт современного этапа научно-технического прогресса – растущий спрос на все виды энергии. Важным топливно-

энергетическим ресурсом является природный газ. До настоящего времени было использовано около 40% известных его запасов. Согласно подсчетам, энергоэквивалент подтвержденных запасов газа составляет примерно $\frac{2}{3}$ запасов нефти. Затраты на его добычу и транспортировку ниже, чем для твердых видов топлива. Являясь прекрасным топливом (калорийность его на 10% выше мазута, в 1,5 раза выше угля и в 2,5 раза выше искусственного газа), природный газ характеризуется также высокой отдачей тепла в разных установках. Его используют в печах, требующих точного регулирования температуры; он дает мало отходов и дыма, загрязняющих воздух. Широкое применение природного газа в металлургии, при производстве цемента и в других отраслях промышленности позволило поднять на более высокий технический уровень работу промышленных предприятий и увеличить объем продукции, получаемой с единицы площади технологических установок.

Объемы потребления природного газа ежегодно будут возрастать на 3,2%, т.е. вдвое быстрее, чем потребление угля. В 2020 г. мировое потребление газа увеличится вдвое по сравнению с 1999 г. и составит примерно 80 трлн м³. В основном газ будет использоваться для производства электроэнергии.

Газ является более «чистым» видом топлива по сравнению с углем и нефтью и поэтому будет особенно широко использоваться индустриально развитыми странами, заинтересованными в сокращении выбросов вредных веществ в атмосферу.

Поскольку в настоящее время нефти потребляется примерно в 2,5 раза больше, чем газа, последнего должно хватить на значительно больший период времени. Прогнозируется, что максимальный уровень мировой добычи газа будет достигнут в 2030 г.

До недавнего времени основным источником ископаемой энергии был уголь. Его образно называют «похороненным солнечным светом». Подавляющая часть угля образовалась 210–280 млн лет назад в каменноугольный период, когда происходило химическое преобразование гигантских масс отмерших трав и деревьев. Пятьдесят лет назад уголь обеспечивал почти все энергетические потребности человечества. Его залежи – около 88% – сосредоточены в основном в странах бывшего СССР, США и Китае. Считается, что в настоящее время запасы угля в четыре раза превышают количество уже добытого сырья. Установлено, что мировые залежи каменного угля обладают энергетическим потенциалом, в 25 раз превосходящим нефтяной. Сейчас уголь покрывает мировые потребности в энергии примерно на 30%. Если предположить, что человечество откажется от всех других источников энергии и будет использовать только каменный уголь, то его хватит еще примерно на 200 лет.

За три последних десятилетия структура потребления угля существенно изменилась в связи с вытеснением его нефтепродуктами и газом. Сократилось потребление угля в железнодорожном, морском и речном транспорте, а также в бытовом секторе. Более 56% потребления угля приходится на тепловые электростанции. Крупные потребители угля –

коксохимические предприятия. Доля их в общем потреблении за последние годы почти не изменилась, хотя производство чугуна заметно увеличилось. Это обусловлено внедрением новых способов выплавки чугуна и стали, строительством крупных доменных печей, вызвавших снижение удельного потребления кокса. На снижение удельного расхода кокса влияет не только использование топливных реагентов (природного газа), но и обогащение доменного дутья кислородом, улучшение качества исходного сырья путем* повышения содержания железа в руде и т.п. Уголь все шире применяется как сырье для производства синтетического жидкого и газообразного топлива для химической промышленности. Наилучшим видом ископаемого топлива является нефть, на долю которой приходится 63%. Однако ее запасы постепенно уменьшаются. В настоящее время в мире уже использована треть известных и доступных для добычи запасов нефти, а в США – половина.

В настоящее время в связи с ростом энергопотребления, выработанностью легкодоступных месторождений нефти, ограниченностью ее запасов в земной коре, угрозой исчерпания, а также более эффективным использованием нефти как сырья в химической промышленности возникла проблема ускорения развития других отраслей топливно-энергетического комплекса.

Еще одним источником энергии являются горючие сланцы и битуминозные пески. Добываемая нефть может представлять собой не жидкость, а довольно вязкую массу. В этом случае порода называется битуминозным песком. Если же нефть смешана с мелкими частицами, которые лишают ее текучести, то такая порода носит название горючих сланцев. Месторождения горючих сланцев сосредоточены преимущественно в Северной (70%) и Латинской Америке (25%), битуминозных песков – в Канаде, Южной Америке, Сибири и Нигерии. Их запасы приближаются к запасам природного газа. Получаемое из них топливо сравнительно дорогое, поскольку и сланцы, и пески требуют предварительной термической обработки. Прогнозируется, что максимум добычи этого ископаемого топлива придется на 2010 г.

Экономия топливно-энергетических ресурсов в настоящее время становится одним из важнейших направлений перевода экономики на путь интенсивного развития и рационального природопользования. Основными путями экономии энергоресурсов являются совершенствование технологических процессов оборудования, снижение прямых потерь топливно-энергетических ресурсов, структурные изменения в производстве производимой продукции, улучшение качества топлива и энергии, организационно-технические мероприятия. Все это важно не только в силу необходимости экономии энергетических ресурсов, но и в целях охраны окружающей среды.

8.3. Гидро- и теплоэнергетика

Любые крупные энергетические объекты оказывают значительное влияние на окружающую среду.

Из всех источников энергии в настоящее время только гидроэнергетика вносит существенный вклад во всемирное, производство электроэнергии (21%). Это наиболее экологически чистый способ производства электроэнергии. Преимущества гидроэлектростанций очевидны: это постоянно возобновляемый самой природой запас энергии, простота эксплуатации, отсутствие загрязнения окружающей среды. Однако чтобы привести во вращение мощные гидротурбины, нужно накопить за плотиной огромный запас воды. Для постройки плотины требуется уложить такое количество материалов, что объем гигантских египетских пирамид по сравнению с ним кажется ничтожным.

Кроме того, при строительстве гидроэлектростанций возникает необходимость затопления обширных площадей, обжитых человеком или представляющих собой естественные природные комплексы. Обычно возле гидроэлектростанций имеются водохранилища, занимающие различные (но значительные) площади. В связи с этим по берегам водохранилищ наблюдается дополнительное давление на грунт, фильтрация воды в берега и дно, переформирование берегов, а сама вода в водохранилище обычно имеет повышенную температуру. Подтопление территории, прилегающей к гидроэлектростанции, приводит к тому, что уровень воды поднимается выше критического. Следствием этого является гибель древесной растительности и размокание грунтов. Подсчитано, что площадь земель, затопленных при строительстве гидроэлектростанций на территории бывшего СССР, примерно равна площади всей Франции.

Строительство равнинных ГЭС полностью нарушает жизнь экосистемы реки. На дне водоемов накапливаются тысячи тонн (как правило, ядовитых за счет промышленных и бытовых стоков в реки) осадков. Это практически навсегда выводит территорию из дальнейшего использования, даже в том случае, если водохранилище будет спущено. Ликвидация таких водохранилищ затруднена, поскольку современные суда приспособлены к большим глубинам, чем в реках с незарегулированным стоком, и замена их на суда с меньшей осадкой будет стоить огромных денег, потребует дополнительного строительства железных и шоссейных дорог.

ГЭС на горных реках удобны тем, что они не связаны с затоплением больших территорий, но здесь довольно высока вероятность катастроф ввиду сейсмической нестабильности горных районов. Землетрясения приводят к огромным жертвам.

По современным представлениям, у крупных ГЭС нет перспектив. Строительство ГЭС имеет смысл лишь в ограниченных масштабах, на малых реках или на больших, но при особом варианте свободнопроточных ГЭС мощностью от нескольких десятков до нескольких сотен ватт, что позволяет обходиться без строительства плотин.

Самые крупные гидроэлектростанции построены в Венесуэле (плотина Гури, 10 млн кВт, что соответствует 10 средним АЭС), в Бразилии на реке Парана (ГЭС Итайпу, 12,6 млн кВт). В Китае начато строительство ГЭС

мощностью 13 млн кВт. Крупных ГЭС много на Волге и реках Сибири (Шушенская, Ангарская, Братская, Красноярская и др.).

Значительными загрязнителями окружающей среды являются тепловые электростанции. Нефть и уголь, сжигаемые на современных тепловых электростанциях, стали причиной выпадения кислотных дождей, серьезно влияющих на состояние окружающей среды. Современная теплоэлектростанция мощностью 2,4 млн кВт расходует до 20 тыс. т угля в сутки и выбрасывает за это время в воздух 680 т SO_2 и SO_3 , а также 120-140 т твердых частиц (зола, пыль, сажа), 200 т оксидов азота. Перевод установок на жидкое топливо (мазут) снижает выбросы золы, но практически не уменьшает количество оксидов азота и серы.

В целом использование любых органических видов топлива чревато отрицательными экологическими последствиями. Происходит газопылевое загрязнение атмосферы, почвы, растительности, поверхностных и подземных вод. Создание прудов-охладителей приводит к изменению микроклимата. В индустриальных районах рН атмосферных осадков снижается до 2-4. Газопылевые выбросы содержат большое количество цинка, свинца, ртути, никеля и других токсичных металлов.

8.4. Современное состояние атомной энергетики. Последствия аварии на ЧАЭС

Из всех вмешательств человека в природу наиболее широкомасштабным и опасным можно считать использование реакции деления ядра. Ионизирующая радиация – один из самых серьезных факторов загрязнения окружающей среды.

В настоящее время в мире эксплуатируется 470 энергоблоков в 25 странах (по состоянию на 1.12.1998), из которых 230 расположены в Восточной и Западной Европе. На стадии строительства до 1986 г. находилось примерно 200 реакторов. Катастрофа на ЧАЭС внесла свои коррективы в прогноз роста мощностей АЭС. Тем не менее развитие ядерной энергетики продолжается.

Чтобы получать ту энергию, которую сейчас производят атомные электростанции, используя уголь и нефть, потребовалось бы дополнительное количество угля, равное тому, которое ныне используют в США, или дополнительное количество нефти, равное тому, которое добывают в Саудовской Аравии. На долю ядерной энергетики во Франции приходится более 70%, Бельгии – 66, Южной Кореи – 53, Швеции – 50, Венгрии – 39, Финляндии – 37, Японии – 29%, Великобритании и США – по 18, бывшем СССР – около 11%.

По вопросу целесообразности и безопасности ядерной энергии существовали и существуют противоречивые мнения. Считалось, что это якобы один из наиболее экологически чистых видов энергии. Такой взгляд господствовал во времена, предшествовавшие крупнейшей экологической катастрофе современности – аварии на Чернобыльской АЭС. До 1986 г. ученые утверждали, что шансы погибнуть в автомобильном происшествии

равны 1:4000 в год, а вероятность серьезной аварии ядерной установки равна 1:5 000 000 000 в год. Считалось, что серьезная авария ядерной установки в тысячу раз менее вероятна, чем сильное землетрясение или прорыв крупной плотины.

В настоящее время уже никто не рискует делать такие благодушные заявления. Действительно, задымление воздуха – мелочь по сравнению с загрязнением воздуха, воды и почвы ионизирующей радиацией.

Даже если атомные электростанции будут работать в безаварийном режиме, существует еще одна опасность: радиоактивные отходы. В отличие от прочих загрязнителей, методов устранения радиоактивности, как и способов контролирования радиоактивных отходов, в настоящее время не существует. Все, что предложено до сих пор, дает человечеству ничтожную надежду на то, что когда-нибудь, позже, вопрос утилизации радиоактивных отходов будет решен. Мы взваливаем на плечи грядущих поколений задачу, решить которую сами не в силах.

Каждый 1000-мегаваттный реактор содержит столько радиоактивного материала, сколько его выпало бы после взрыва тысячи бомб, эквивалентных хиросимской. Каждый реактор ежегодно производит огромное количество радиоактивных отходов, которые остаются опасными в течение более чем 500 тыс. лет.

Атомная электростанция мощностью 1000 МВт производит около 200 кг отходов в год. Умножив эту цифру на число действующих в мире АЭС, мы получим 70 т отходов в год с периодом полураспада в 24300 лет. Это означает, что отходы будут представлять угрозу для здоровья людей еще полмиллиона лет – в течение жизни 16 тысяч поколений!

Дата 26 апреля 1986 года стала черным днем для Республики Беларусь. В этот день, в 1 час 23 минуты, произошла катастрофа на Чернобыльской АЭС. В результате двух последовательных взрывов произошло разрушение крыши здания четвертого блока станции. В атмосферу были выброшены продукты распада и большое количество уранового топлива. Тяжелые частицы оседали непосредственно около АЭС, а более легкие унесло радиоактивное облако, которое вскоре достигло стран Западной Европы, Атлантики, Ближнего Востока и Японии. Свыше 4 млн жителей Беларуси, России и Украины пострадали от последствий катастрофы, но особенно досталось Республике Беларусь. Около четверти ее территории было загрязнено радионуклидами. Зона отчуждения имеет площадь около 170 тыс. га и входит в состав созданного Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, общая площадь которого составляет 215,5 тыс. га. Зона отселения занимает площадь 450 тыс. га и охватывает территории в основном в Гомельской и Могилевской областях. Здесь проживают почти 2 млн человек, которые подвергаются повышенной канцерогенной и мутагенной опасности. Здесь осложнено, а подчас и невозможно получение соответствующей международным нормам сельскохозяйственной продукции. Практически у всех жителей республики имеет место радиophobia,

выражающаяся в чувстве повышенной опасности в связи с питанием загрязненными продуктами.

Следует отметить, что при взрыве атомной бомбы мощностью 20 кт над Хиросимой было выброшено 740 г радиоактивных веществ, в то время как при аварии на ЧАЭС – 63 кг. По мнению некоторых ученых, общее количество выброшенной радиации во время аварии на ЧАЭС сравнимо с общим количеством радиации от всех испытаний атомного оружия в атмосфере.

Все эти факторы заставили правительство Беларуси пересмотреть планы о строительстве ядерной электростанции под Минском, а также принять статус безъядерного государства. Однако нельзя сбрасывать со счетов, что республика находится в кольце атомных станций, среди которых, кроме печально известной Чернобыльской (ближайшее расстояние до границы Беларуси – 12 км), Игналинская АЭС (Литовская Республика; ближайшее расстояние – 4 км), Смоленская АЭС (Россия; 80 км), Ровенская АЭС (Украина; 70 км).

8.5. Альтернативные источники энергии

Альтернативные источники энергии – это ветер, солнце, приливы и отливы, биомасса, геотермальная энергия Земли.

Ветряные мельницы давно используются человеком в качестве источника энергии. Однако они эффективны и пригодны только для мелкого пользователя. К сожалению, ветер пока еще не в состоянии давать электроэнергию в достаточных количествах. Солнечная и ветровая энергетика имеет серьезный недостаток – временную нестабильность именно в тот момент, когда она особенно нужна. В связи с этим необходимы системы хранения энергии, чтобы потребление ее могло быть возможно в любое время, но экономически зрелой технологии создания таких систем пока нет.

Первые ветряные электрогенераторы были разработаны еще в 90-х гг. XIX в. в Дании, а уже к 1910 г. в этой стране было построено несколько сот мелких установок. Еще через несколько лет датская промышленность получала от ветряных генераторов четверть необходимой ей электроэнергии. Их общая мощность составила 150–200 МВт.

В 1982 г. на китайском рынке было продано 1280 ветряных турбин, а в 1986 г. – 11 000, что позволило обеспечить электричеством те районы Китая, в которых раньше его никогда не было.

В начале XX в. в России насчитывалось 250 тыс. крестьянских ветряных мельниц мощностью до 1 млн кВт. Они перемалывали 2,5 млрд пудов зерна на месте, без дальних перевозок. К сожалению, в результате бездумного отношения к природным ресурсам в 40-х гг. прошлого века на территории бывшего СССР была разрушена основная часть ветряных и водяных двигателей, а к 50-м гг. они почти совсем исчезли как «отсталая техника».

В настоящее время солнечную энергию используют в некоторых странах в основном для отопления, а для производства энергии – в очень незначительных масштабах. Между тем мощность солнечного излучения, достигающего Земли, составляет 2×10^{17} Вт, что более чем в 30 тыс. раз превышает сегодняшний уровень энергопотребления человечества.

Различают два основных варианта использования энергии Солнца: физический и биологический. При физическом варианте энергия аккумулируется солнечными коллекторами, солнечными элементами на полупроводниках или концентрируется системой зеркал. При биологическом варианте используется солнечная энергия, накопленная в процессе фотосинтеза в органическом веществе растений (обычно в древесине). Этот вариант годится для стран с относительно большими запасами леса. Например, Австрия планирует в ближайшие годы получать от сжигания древесины до трети необходимой ей электроэнергии. Для этих же целей в Великобритании планируется засадить лесом около 1 млн га земель, непригодных для сельскохозяйственного использования. Высаживаются быстрорастущие породы, такие как тополь, срезку которого производят уже через 3 года после посадки (высота этого дерева около 4 м, диаметр стволика – более 6 см). Проблема использования нетрадиционных источников энергии в последнее время особенно актуальна. Это, несомненно, выгодно, хотя подобные технологии требуют значительных затрат. В феврале 1983 г. американская фирма «Арка Солар» начала эксплуатировать первую в мире солнечную электростанцию мощностью 1 МВт. Возведение таких электростанций – дорогое удовольствие. Сооружение солнечной электростанции, способной обеспечить электроэнергией около 10 тыс. бытовых потребителей (мощность – около 10 мМВт), обойдется в 190 млн \$. Это в четыре раза больше, нежели расходы на сооружение ТЭС, работающей на твердом топливе, и соответственно в три раза больше, чем строительство гидроэлектростанции и АЭС. Тем не менее, специалисты по изучению солнечной энергии уверены, что с развитием технологии использования энергии Солнца цены на нее значительно снизятся.

Вероятно, будущее энергетики – за ветряной и солнечной энергией. В 1995 г. в Индии приступили к реализации программы по выработке энергии с помощью ветра. В США мощность ветряных электростанций составляет 1654 МВт, в Европейском союзе – 2534 МВт, из них 1000 МВт вырабатывается в Германии. В настоящее время наибольшего развития ветроэнергетика достигла в Германии, Англии, Голландии, Дании, США (только в Калифорнии 15 тыс. ветряков). Энергия, получаемая с помощью ветра, может постоянно возобновляться. Ветряные станции не загрязняют окружающую среду. С помощью ветряной энергии можно электрифицировать самые отдаленные уголки земного шара. К примеру, 1600 жителей острова Дезиратв Гваделупе пользуются электричеством, которое вырабатывают 20 ветряных генераторов.

Из чего еще можно получать энергию, не загрязняя окружающую среду?

Для использования энергии приливов и отливов обычно строят приливные электростанции в устьях рек либо непосредственно на морском берегу. В обычном портовом волноломе оставляют отверстия, куда свободно поступает вода. Каждая волна повышает уровень воды, а следовательно, и давление остающегося в отверстиях воздуха. «Выдавливаемый» наружу через верхнее отверстие воздух приводит в движение турбину. С уходом волны возникает обратное движение воздуха, который стремится заполнить вакуум, и турбина получает новый импульс к вращению. Согласно оценкам специалистов, такие электростанции могут использовать до 45% энергии приливов.

Волновая энергия представляется довольно многообещающей формой из новых энергоисточников. Например, на каждый метр волнового фронта, окружающего Британию со стороны Северной Атлантики, в среднем приходится 80 кВт энергии в год, или 120 000 ГВт. Существенные потери при переработке и передаче этой энергии неизбежны, и, по-видимому, лишь третья ее часть может поступать в сеть. Тем не менее оставшегося объема достаточно для того, чтобы обеспечить всю Британию электричеством на уровне существующей нормы потребления.

Привлекает ученых и использование биогаза, который представляет собой смесь горючего газа – метана (60–70%) и негорючего углекислого газа. В нем обычно присутствуют примеси – сероводород, водород, кислород, азот. Образуется биогаз в результате анаэробного (бескислородного) разложения органики. Этот процесс в природе можно наблюдать на низинных болотах. Воздушные пузырьки, поднимающиеся со дна заболоченных участков, это и есть биогаз – метан и его производные.

Процесс получения биогаза можно разделить на два этапа. Вначале с помощью анаэробных бактерий из углеводов, белков и жиров образуется набор органических и неорганических веществ: кислоты (масляная, пропионовая, уксусная), водород, углекислота. На втором этапе (щелочном или метановом) подключаются метановые бактерии, которые разрушают органические кислоты с выделением метана, углекислого газа и небольшого количества водорода.

В зависимости от химического состава сырья при сбраживании выделяется от 5 до 15 кубометров газа на кубометр перерабатываемой органики.

Биогаз можно сжигать для отопления домов, сушки зерна, использовать в качестве горючего для автомобилей и тракторов. По своему составу биогаз мало отличается от природного газа. Кроме того, в процессе получения биогаза остаток брожения составляет примерно половину органических веществ. Его можно брикетировать и получать твердое топливо. Однако в хозяйственном отношении это не слишком рационально. Остаток брожения лучше использовать в качестве удобрения.

1 м³ биогаза соответствует 1 л жидкого газа или 0,5 л высококачественного бензина. Получение биогаза дает технологическую выгоду – уничтожение отходов и энергетическую выгоду – дешевое горючее.

В Индии для получения биогаза используется около 1 млн дешевых и простых установок, а в Китае их свыше 7 млн. Сточки зрения экологии биогаз имеет огромные преимущества, так как он может заменить дрова, а следовательно, сохранить лес и предотвратить опустынивание. В Европе ряд установок по очистке городских сточных вод удовлетворяет свои энергетические потребности за счет производимого ими биогаза.

Еще одним альтернативным источником энергии является сельскохозяйственное сырье: сахарный тростник, сахарная свекла, картофель, топинамбур и др. Из него методом ферментации в некоторых странах производят жидкое топливо, в частности этанол. Так, в Бразилии растительную массу преобразуют в этиловый спирт в таких количествах, что эта страна удовлетворяет большую часть своих потребностей в автомобильном топливе. Сырье, необходимое для организации массового производства этанола, – это в основном сахарный тростник. Сахарный тростник активно участвует в процессе фотосинтеза и производит на каждый гектар обрабатываемой площади больше энергии, чем другие культуры. В настоящее время его производство в Бразилии составляет 8,4 млн т, что соответствует 5,6 млн т бензина самого высокого качества. В США производится биохол – горючее для автомобилей, содержащее 10% этанола, полученного из кукурузы.

Тепловую или электрическую энергию можно добывать за счет тепла земных глубин. Геотермальная энергетика экономически эффективна там, где горячие воды приближены к поверхности земной коры, – в районах активной вулканической деятельности с многочисленными гейзерами (Камчатка, Курильские острова, острова Японского архипелага). В отличие от других первичных источников энергии, носители геотермальной энергии невозможно транспортировать на расстояние, превышающее несколько километров. Поэтому земное тепло – типично локальный источник энергии, и работы, связанные с его эксплуатацией (разведка, подготовка буровых площадок, бурение, испытание скважин, забор жидкости, получение и передача энергии, подпитка, создание инфраструктур и т.д.), ведутся, как правило, на относительно небольшом участке с учетом местных условий.

Геотермальная энергия используется в широких масштабах в США, Мексике и на Филиппинах. Доля геотермальной энергии в энергетике Филиппин – 19%, Мексики – 4%, США (с учетом использования для отопления «напрямую», т.е. без переработки в электрическую энергию) – около 1%. Суммарная мощность всех геотЭС США превышает 2 млн кВт. Геотермальная энергия обеспечивает теплом столицу Исландии – Рейкьявик. Уже в 1943 г. там были пробурены 32 скважины на глубине от 440 до 2400 м, по которым к поверхности поднимается вода с температурой от 60 до 130°C. Девять из этих скважин действуют по сей день. В России, на Камчатке, действует геотЭС мощностью 11 МВт и строится еще одна мощностью 200 МВт.

Тема 9. Энергетические ресурсы Республики Беларусь

В Республике Беларусь собственные топливно-энергетические ресурсы представлены: *древесиной; нефтью; торфом; бурым углем; горючими сланцами*. Общие запасы древесины в стране оцениваются примерно в 1093,2 млн. м³, что составляет около 1% запасов древесины СНГ. Лесистость территории - 38 %. Запас спелого древостоя составляет около 74,7 млн. м³. На душу населения приходится 0,6 га леса и 93 м³ запасов древесины. Средний возраст древостоя - 40 лет, средний прирост - 3,7 м³ на 1 га; средний запас на 1 га в спелых лесах - 205 м³. Основная часть лесов (45 %) приходится на Гомельскую и Минскую области. Значение древесины в топливном балансе страны пока незначительно, поскольку начавшаяся в 1960 г. и продолжающаяся ныне повсеместная газификация вытеснила древесину как вид топлива, а работающие на отходах котельные деревообрабатывающих предприятия были переведены на газ. В последнее время в связи с возникшими проблемами в использовании дорогостоящего покупного топлива, и, в первую очередь, газа, на древесное топливо, особенно на отходы деревообработки переходит все больше субъектов хозяйствования.

1. *Древесина* является местным ресурсом для каждого региона Беларуси, но лесистость районов неравномерна, что связано с историческим и экологическим фактором. Состав лесов Республики Беларусь является типичным для европейских равнин и не отличается разнообразием. Большую часть от всей площади занимают сосняки – 50,3%, затем березняки – 20,8%, ельники – 10,0%, ольшаники – 7,0%, осинники – 5,0% и дубравы – 3,6%. Что касается возрастной структуры лесов, то в Беларуси она не равномерна: средневозрастные деревья занимают 45,5%, затем молодняки – 36,6%, приспевающие – 14,2 %, а спелые – 4,7%. Средний возраст деревьев – 45 лет, а средний запас древесины на 1 га – 205 м³. Наиболее лесистыми районами являются – Россонский (67 %), Лельчицкий (66,5 %) и Наровлянский (58,8%). Минимальная лесопокрытая площадь – в Несвижском (11,4 %), Зельвенском (15,6 %), Берестовицком (16,4 %) районах [2]. Общий объем заготавливаемой древесины в Республике Беларусь составляет 18 млн м³ в год.

2. *Основной нефтегазоносной территорией Беларуси является Припятский прогиб*. Известно 55 месторождений нефти, в т. ч. 53 - в Гомельской и 2 - в Могилевской областях. 33 месторождения разрабатываются, крупнейшее из которых - Речицкое эксплуатируется с 1965 года. Добычей нефти в Республике Беларусь занимается нефтегазодобывающее управление “Речицанефть”, ведущее подразделение – “Белоруснефть”. Промышленная добыча в Беларуси началась с 1965 года в районе Припускного прогиба, с начала было добыто около 138 млн. нефти и попутно 15,6 млрд. куб. м. нефтяного газа. В основном запасы нефти в Республике Беларусь относятся к трудноизвлекаемым. Наиболее крупные месторождения – Речицкое, Осташковское и Вишанское. Максимальный уровень добычи был зафиксирован в 1975 году – 7,96 млн., а затем из-за больших темпов добычи начал падать. На 2021 год планируется добыть – 1 млн. 730 тыс. т. нефти.

3. В Республике Беларусь располагаются одни из крупнейших запасов *торфа* в Европе. Особенностью данного сырья можно считать то, что он может использоваться как топливно-энергетический ресурс, так и ресурснетопливного назначения. Это может свидетельствовать о экономическом потенциале торфа для экономики Республики Беларусь. Промышленная добыча торфа в нашей стране ведется с 1896 года. До 60-х годов XX века торф был тем ресурсом, благодаря которому работало большинство электростанций страны. В 1974г. было произведено строительство и ввод в эксплуатацию брикетных заводов, что позволило увеличить производство брикетов до 2,4 млн. т. Так же в этом году была и достигнута максимальная добыча торфа – 16,8 млн. т., из которых 9,1 млн. составляет топливный торф и 7,7 млн. составляет торф для нужд сельского хозяйства. Уже с конца 70-х годов происходит постепенный переход объектов энергетики на другие виды топлива – мазут и газ. Торфяное топливо начало исключаться из теплоэнергетики, и к 1986 г. прекратилось его сжигание на ТЭЦ и электростанциях. Впоследствии добыча торфа и производства брикетов сократилась. В последнее десятилетие производство топливных брикетов находится в диапазоне 0,7 – 1,4 млн. т. в год, а также производство топлива фрезерного (для нужд котельных и ТЭЦ). – 0,1 млн. т. в год. В 2019 году было добыто 2239 тыс. топливного торфа.

4. *Бурый уголь* на территории Республики Беларусь добывается в 3-х месторождениях: Бриневском, Житковичском и Тонежском. Залежи бурого угля находятся на различных глубинах – от 1100 до 20 м. Добыча угля вводится открытым способом и промышленное значение имеют угли, которые расположенные ближе к поверхности земли.

В нынешней условиях производство торфобуроугольных (буроугольных) брикетов, а также использование бурого угля в качестве топливно-энергетического ресурса нецелесообразно и неэффективно. Наиболее рациональное использование бурого угля в качестве нетопливного назначения (биологически активных веществ, органических удобрений и различных продуктов на основе гуминовых веществ).

5. Наиболее известные места добычи *горючих сланцев* – Любанское и Туровское. Промышленные запасы горючих сланцев оцениваются в 3 млрд. т. По своему качеству белорусские горючие сланцы не являются эффективным топливом т.к. у них высокая зольность и низкая теплота сгорания, так же они требуют предварительную термическую обработку из с выделением жидкого и газообразного топлива, а также стоимость продукта получения выше цен на нефть в мире.

Заключение. Невзирая на нынешнее развитие альтернативных источников энергии, главную роль в топливно-энергетическом балансе все так же занимают ископаемые виды топлива, как в мире, так и в Беларуси. Исходя из вышеперечисленного можно сделать вывод, что самый прибыльный топливно-энергетический ресурс – торф. Его можно использовать, как и энергетический ресурс, а также, как и не топливный ресурс. В нашей стране большие запасы торфа по европейским меркам – 2,4

млн. т с геологическим запасом в 4 млрд. т. А также в Республике Беларусь имеется достаточное количество заводов и реализуемых проектов по созданию их, одним из них являлся проект Министерства Энергетики Республики Беларусь, на 2017– 2020 годы (утвержден постановлением Минэнерго от 29.12.2017 № 55) , в котором фигурируют 24 организации, которые преимущественно расположены в сельской местности. Белорусские предприятия так же активно участвуют в экспорте торфа.

Тема 10. Атмосфера, её состав и роль в функционировании биосферы

10.1. Химический состав атмосферы и ее функции

Атмосфера – это газовая оболочка нашей планеты с содержащимися в ней аэрозольными частицами, которая является средой обитания всех живых организмов (исключение – анаэробные бактерии).

Газовая оболочка движется вместе с Землей в мировом пространстве как единое целое и одновременно принимающая участие во вращении Земли.

Жизнь на Земле возможна до тех пор, пока существует земная атмосфера, состоящая в естественном состоянии из азота – (объемная доля 78 %), кислорода (21 %) и других газов (аргона) 1 %. Таким образом, атмосфера состоит из смеси газов, называемой воздухом. Атмосферный воздух у земной поверхности, как правило, влажный. Кроме этого, в атмосфере содержится мириады микроскопических твердых частиц (сажа, песок, морская соль, пепел вулканов, метеоритов и т.д.).

Аэрозоли – это твердые частицы естественного или промышленного происхождения (пыль, почвенные частицы, дым, морская соль, микроорганизмы, споры растений). Их количество над городом во много раз превышает их содержание над морем. Газовые примеси – SO_2 , SO_3 , CO , окислы азота и т.д. Они попадают в воздух в результате извержения вулкана, лесных пожаров, полётов авиации, работы промышленности, транспорта.

Воздушная оболочка Земли возникла в результате выделения газов при вулканических извержениях, т.е. тогда, когда планету потрясали природные катаклизмы. Современная атмосфера и ее состав - продукт живого вещества биосферы. Живое вещество способствовало превращению ее из углекислосметановой (архей, протерозой, кембрий, ордовик, силур) в азотнокислородную. До высоты 100 км этот химический состав атмосферы не меняется. Относительно постоянный состав воздуха поддерживается непрерывно идущим процессом – использование газов живыми организмами и выделение их в атмосферу. Естественные процессы потребления газов и их поступление в атмосферу сбалансированы.

Но в настоящее время в атмосферу поступает большое количество газов, которых не было в ее составе раньше. Выделено три экологические проблемы, связанные с загрязнением атмосферы: «парниковый эффект», «кислотные дожди», «озоновые дыры».

Важнейшую же роль в регулировании поступления солнечной радиации на Землю играет природный озон. Озон O_3 (трехатомарный кислород) образуется в слоях на высотах 14–25 км и, поглощая солнечную ультрафиолетовую радиацию с длинами волн от 0.15 до 0.29 мкм, защищает живые организмы на Земле от ее вредного и даже губительного действия.

Согласно современным воззрениям, сама жизнь могла появиться на суше только после того, как содержание кислорода достигло 1% от современного, и на некоторой высоте в атмосфере образовался слой озона. В последние годы появилось опасение, что выбросы в атмосферу различных химических веществ антропогенного происхождения, в особенности фреонов и оксидов азота, вместе с выбросами стратосферной авиации могут привести к разрушению слоя озона, а это будет иметь пагубные биологические последствия.

Проблема загрязнения воздушной среды древняя. Она возникла с первых поселений людей и до середины 19 века не наносила ущерба окружающей среде. Природа сама обладала способностью к самоочищению.

Загрязнение и очищение атмосферы – это два взаимоположенных процесса. Всякое техногенное загрязнение вызывает у природы защитную реакцию, направленную на нейтрализацию его. Этой способностью природы человек долгое время бездумно злоупотребляет. Например, отходы производства долгое время выбрасывались в воздух в расчете на то, что будут переработаны самой природой. Способность атмосферы к самоочищению имеет определенный предел и если он будет превышен, то самоочищение в атмосфере не приведет к полному рассеиванию и разложению примесей.

В настоящее время – загрязнение атмосферы – самый острый вопрос современной экологической ситуации планеты Земля.

Каковы функции атмосферы относительно Земли?

Атмосфера защищает живые организмы от вредного воздействия космических ультрафиолетовых лучей, от метеоритного воздействия и резких колебаний температур.

Атмосфера обеспечивает человека, животных и растительность мира земли жизненно необходимыми газовыми элементами, в частности, кислородом. Когда хотят подчеркнуть значение чего-нибудь, то говорят, «необходим как воздух». Да, человек может жить без пищи – несколько недель, без воды несколько суток, то смерть от удушья наступает через 5 – 8 минут. Без оболочки из воздуха и воды Земля бы была необитаемой.

10.2. Строение атмосферы

Атмосфера весьма четко разделяется на концентрические сферы, отличающиеся друг от друга по своим характеристикам. По составу воздуха в атмосфере выделяется *гомосфера* – нижний слой воздуха толщиной 100 км,

в котором в результате постоянного движения и перемешивания атмосферные газы не расслаиваются по плотности. Выше 100 км начинается расслоение газов по плотности, и оно постепенно увеличивается с высотой: в слое от 100 до 200 км преобладающим газом атмосферы является азот, а выше 1000 км атмосфера состоит главным образом из гелия и водорода. Вся внешняя часть атмосферы (выше 100 км) носит название *гетеросферы*.

Толщина атмосферы равна приблизительно 2 тыс. км, хотя ее верхняя граница как таковая отсутствует.

По характеру распределения температуры (Всемирный Метеорологический Конгресс) по высоте атмосфера неоднородна и делится на 4 отчетливо выраженных сферы: *тропосферу*, *стратосферу*, *мезосферу*, *термосферу*.

1. *Тропосферой* называется нижний слой атмосферы, в котором температура убывает с высотой (от $+14^{\circ}\text{C}$ на уровне моря до -55°C на верхней границы тропосферы). В среднем величина падения температуры с высотой равна 0.60°C на 100 м. Этот слой атмосферы нагревается снизу от Земли, которая в свою очередь нагревается солнечными лучами. Средняя толщина тропосферы примерно 15 км. Здесь зарождается большинство бурь и ураганов, а циркуляция воздуха постоянно приводит в движение облака. Облака обычно закрывают около половины поверхности Земли. Самый нижний слой тропосферы (50–100 м), непосредственно примыкающий к земной поверхности, носит название *приземного слоя*. В верхней части тропосферы существует слой с постоянной низкой температурой – *тропопауза*. В тропиках толщина этого слоя 14–16 км, на полюсе тоньше – 8–10 км.

2. Выше тропосферы до высоты 50–53 км лежит *стратосфера* (второй слой), характеризующаяся тем, что температура в ней в основном растет с высотой. Средняя толщина стратосферы около 40 км. Наиболее интенсивный рост температуры наблюдается с 36 до 50 км, где расположена верхняя граница стратосферы, называемая *стратопазой*. Здесь стратосфера почти такая же теплая, как воздух у поверхности Земли. Рост температуры связан с поглощением солнечной радиации озоном. Водяного пара в стратосфере ничтожно мало. Однако на высотах 22–24 км в высоких широтах иногда наблюдаются очень тонкие, так называемые перламутровые облака, состоящие из переохлажденных капель воды. Здесь царит почти полное затишье, поэтому в стратосфере летают реактивные самолеты, избегая турбулентных потоков нижнего слоя.

3. Над стратосферой лежит третий слой – холодная *мезосфера*. Она простирается до высоты примерно 80–82 км. Ее мощность около 30 км. В мезосфере температура снова понижается с высотой, доходя иногда до -80°C в ее верхней части. Вследствие быстрого падения температуры с высотой в мезосфере сильно развита турбулентность. Здесь происходит сгорание метеорных частиц. В верхней части мезосферы образуются так

называемые серебристые облака, по-видимому, состоящие из кристаллов воды. Верхней границей мезосферы является переходный слой, называемый мезопаузой, лежащий на высоте около 82 км. Здесь давление воздуха примерно в 100 раз меньше, чем у земной поверхности.

Таким образом, в тропосфере, стратосфере и мезосфере вместе взятых до высоты 80 км заключено более 99.5% всей массы атмосферы.

4. Верхняя часть атмосферы, которая простирается над мезосферой, называется **термосферой**. В термосфере температура очень резко возрастает с высотой. В годы активного Солнца она превышает 1500°С на высоте 200–250 км. На больших высотах дальнейший рост температуры с высотой уже не наблюдается. Только в областях ярких полярных сияний температура повышается до 3000°С. Часть термосферы на высоте 1000 км называется **ионосферой**, так как воздух здесь сильно ионизирован: в нем содержится атомарный кислород.

5. Атмосферный слой выше 1000 км выделяется под названием **экзосферы** (внешней атмосферы) или сферы ускользания газов, так как благодаря большой разреженности воздуха на этих высотах скорость движения отдельных частиц достигает второй космической скорости (около 11 км/с для незаряженных частиц) и они, покидая атмосферу, улетают в мировое пространство, двигаясь по параболическим траекториям. Ускользают обычно атомы водорода и гелия.

Поскольку на движение заряженных частиц здесь оказывает влияние магнитное поле Земли, эта область называется еще **имагнитосферой**.

Солнечная радиация (солнечное излучение), приходящая к Земле от Солнца, является основным источником атмосферных процессов, так как количество тепла, получаемое в среднем за год единицей площади земной поверхности от Солнца, в 30 000 раз больше, чем тепло, идущее из недр Земли, и в 30 млн. раз больше, чем энергия от излучения звезд и планет.

Солнечной радиацией называется вся совокупность солнечной энергии и материи поступающей на землю, излучение Солнца имеет двойную природу: с одной стороны это тепловая и световая радиация, (электромагнитные волны); с другой стороны это поток частиц (корпускулярная радиация). На Солнце – энергия ядерных реакций переходит в лучистую, а затем при попадании на земную поверхность опять переходит в тепловую. Солнечная радиация несёт свет и тепло, является начальным фактором обеспечения человечества продовольствием.

Строение **солнечного спектра** выглядит следующим образом; 47% - УФ, 46% - ВС и 7% - УФ

Весь процесс прихода и расхода солнечного радиационного тепла поверхностью Земли выражается радиационным балансом формула которого выглядит следующим образом:

$$R_s = Q_s(1 - A) - I_{эф}, \text{ где}$$

Q_s – суммарная солнечная радиация, рассчитывается

$$Q_s = Q_{\text{прям}} + Q_{\text{рассеян}}$$

А– альbedo, это отражательная способность наземных и водных поверхностей, поглощенную энергию измерить невозможно, поэтому определяют величину отраженной телом энергии в%-х.

NB. *Альbedo вместе с углом падения солнечных лучей и количеством оптических масс атмосферы, являются важнейшими факторами климатообразования.*

На суше альbedo зависит от цвета природных поверхностей (чёрное тело усваивает всю радиацию, а белая зеркально отражает на все 100%).

Иэф– это разница между собственным излучением и встречным излучением атмосферы, рассчитывается по формуле: $I_{эф} = I_3 - I_a$

I_a– встречное излучение атмосферы, оно возникает в результате нагревания земной поверхности воздухом, который отдает тепло, часть его идёт вверх и теряется в межпланетном пространстве, другая часть возвращается к земле навстречу земному излучению I_3 . Величина постоянная – 0,2 кал/см²мин.

10.3. Понятие о климате и погоде

Подклиматом понимаются наиболее часто повторяющиеся для данной местности особенности погоды, создающие типичный режим (период 30–40 лет) температуры, увлажнения, циркуляции атмосферы.

Климат какой-то местности нельзя рассматривать изолированно. Особенности климата отдельных регионов – это преломление общих закономерностей в конкретной обстановке.

Глобальный климат определяется астрономическими факторами (светимость Солнца, положение и движение Земли в Солнечной системе, наклон оси вращения нашей планеты к плоскости орбиты, скорость вращения Земли вокруг своей оси), от которых зависит поступление на Землю солнечной радиации.

В формировании климата определяющую роль играют три основных цикла атмосферных процессов: *теплооборот, влагооборот и атмосферная циркуляция.*

Теплооборот и влагооборот включает в себя сложные процессы преобразования солнечной энергии и обмена ею между атмосферой и поверхностью Земли. К теплообороту относится также горизонтальный перенос тепла воздушными течениями. Если бы планета не вращалась вокруг своей оси, воздух циркулировал бы замкнутыми потоками – конвективными ячейками. Поднимаясь над экватором, горячий воздух двигался бы к полюсам, опускался там, охлаждаясь, и возвращался к низким широтам. Вращение Земли осложняет картину – потоки воздуха отклоняются в широтном направлении.

Распределение температуры воздуха по земному шару зависит от следующих основных факторов:

- 1) величины притока солнечной радиации по широтам;

- 2) от распределения суши и океана, которые по-разному поглощают солнечную радиацию и по-разному нагреваются;
- 3) строения поверхности суши(рельефа);

Континенты Земли по перечисленным признакам разделены на зоны, различающиеся своим климатом: тундра, тайга, умеренная зона, континентальная зона, средиземноморская зона, пустыня, дождевой тропический пояс, саванна. Например, умеренная зона для побережья средней части Северной Америки. Климат мягкий, зимой осадков много, летом меньше, без морозов и жары. Типичный континентальный климат в Красноярске – очень холодной зимой и жарким летом.

Систему крупномасштабных воздушных течений на Земле называют *общей циркуляцией атмосферы*. Основными элементами общей циркуляции атмосферы являются *циклоны* и *антициклоны*, т.е. вихри размером в несколько тысяч километров, постоянно возникающие в атмосфере.

Вихри *снижим* давлением в центре и вращением воздуха (в Северном полушарии) против часовой стрелки (*циклоны*) поднимают вверх теплый воздух, который поступает со стороны. Это наступление холодного фронта. Отступающему теплу воздуху приходится резко подниматься вверх. Воздух охлаждается, а влага, содержащая в нем, высвобождается и образует облака. На горизонте в летний период скапливаются мощные кучево-дождевые облака. Ветер начинает дуть порывами, обрушивается стена проливного дождя, молнии, гром. После грозы, которая длится не более 2-х часов, становится холоднее. С голубого неба над головой снова воссияет умытое солнышко. Циклон удаляется. В этом случае холодный фронт надвинулся резко. На смену ему идет область повышенного давления воздуха – *антициклон*.

Возможен второй сценарий перехода циклона в антициклон (зимний, осенний периоды), когда холодный фронт надвигается медленно. Облачная полоса вдоль фронта значительно шире, а ненастье продолжительнее (морозящие обложные дожди или снегопад).

Вихри *высоким* давлением воздуха в центре и вращением (в Северном полушарии) по часовой стрелке (*антициклоны*) делают обратное – опускают теплый воздух, который затем растекается к периферии. В области высокого давления воздух не поднимается, а опускается вниз, а, потому, как правило, достаточно сухой. Отличительные черты погоды при антициклоне – мало облаков и осадков, слабый или умеренный ветер. Зато в антициклоне заметны колебания температуры на материках в течение суток. В Сибири эта разница может достигать 20–25 градусов, а в Сахаре после 40-градусной дневной жары возможны ночные заморозки.

Действительно, нет на Земле стихии более подвижной, разнообразной и капризной, чем воздушный океан. Его сиюминутное настроение мы и называем погодой. Состояние атмосферы в данном месте земного шара в данный момент времени называется *погодой*.

Погода характеризуется следующими показателями: температурой, давлением и влажностью окружающего воздуха.

Для жителя умеренных широт лучше всего, чтобы температура воздуха была от + 18⁰С до +25⁰С. Максимальная температура наблюдается почти +60⁰С в Северной Африке, а минимальная – почти –90⁰С на станции «Восток» в Антарктиде. Средняя величина температуры приземного слоя воздуха равна 17.7⁰С.

Атмосферное давление на уровне моря – это вес столба воздуха единичного сечения. Если разделить этот вес на ускорение силы тяжести, то получим массу столба равную 1 кг. На уровне моря атмосферное давление равно давлению, которое производит 760 мм рт. столба при температуре ноль градусов Цельсия.

Прямым следствием изменения давления атмосферы является ветер. Отчего дует ветер? Движущей силой всех процессов на Земле является энергия Солнца. При нагревании под действием солнечных лучей воздух расширяется и поднимается вверх. Какой силы ветер благоприятен для человека? На- пример, 1–3 м/сек – легкое дуновение, при скорости более 20 м/сек начинается шторм, более 30 м/сек – ураган.

Влажность воздуха обычно характеризуется относительной влажностью (%), под которой понимают отношение абсолютной влажности (фактическое количество паров воды при данной температуре) к максимальной, насыщающей воздух. Человек чувствует себя хорошо при относительной влажности от 40 до 75%.

Другими характеристиками погоды могут быть облачность и осадки.

Климатообразующее значение имеют и циркуляции значительно меньшего масштаба (бризы, климаты города, горно-долинные ветры, и др.), носящие название *местной атмосферной циркуляции*.

Бризы – ветры у берегов морей и океанов, которые меняют свое направление в течение суток. Днем морской бриз дует с моря на берег, а ночью – с берега на море. Почему?

В пределах *больших городов* формируются особые климатические условия. Связано это с тем, что территория города всегда прогревается больше на 4–7⁰С его окрестностей. На окраине города возникает местный атмосферный фронт с более сильными ветрами. К особенностям климата крупных городов относят смог – скопление ядовитого дыма и газа вблизи земной поверхности. Смог висит над городом грязным туманным облаком, причиняя болезни и даже смерть.

Тема 11. Природно-антропогенные особенности гидросферы

11.1. Строение и физико-химический состав гидросферы.

Гидросфера – важнейший элемент биосферы. Она объединяет все воды земного шара, включая океаны, моря и поверхностные воды

суши. В более широком смысле к гидросфере относят подземные воды, лед и снег Арктики и Антарктиды, а также атмосферную воду и воду, содержащуюся в живых организмах. Водные массы на поверхности Земли образуют тонкую геологическую оболочку, которая занимает большую часть поверхности Земли и образует Мировой океан (361 млн. км², или 70,8 % всей поверхности планеты). Общий объем гидросферы равен 1,4 млрд. км³, доля ее по отношению ко всей массе Земли не превышает 0,02 %. Основная масса воды гидросферы сосредоточена в морях и океанах (94 %), второе место по объему водных масс занимают подземные воды (3,6 %), лед и снег арктических и антарктических областей, горные ледники (2 %). Поверхностные воды суши (реки, озера, болота) и атмосферные воды составляют доли процента от общего объема воды гидросферы (0,4 %). Воды гидросферы находятся в постоянном взаимодействии, переходы из одних видов вод в другие составляют сложный круговорот воды на земном шаре. С гидросферой связано зарождение жизни на Земле, так как вода способна к образованию сложных химических соединений, которые обусловили возникновение органической жизни, а затем – формирование высокоорганизованных животных организмов.

Вода – химическое соединение водорода с кислородом (H₂O), бесцветная жидкость без запаха, вкуса и цвета. В природных условиях всегда содержит растворенные соли, газы и органические вещества, их количество меняется в зависимости от происхождения воды и окружающих условий. При концентрации солей до 1 г/л воду считают пресной, до 24,7 г/л – солоноватой, свыше – соленой.

Ресурсы пресных вод составляют незначительную долю общего суммарного объема всей гидросферы, но именно они играют решающую роль в общей циркуляции воды, в связях гидросферы с экологическими системами, в жизнедеятельности человека и существовании других живых организмов, в развитии производства. На пресные воды приходится около 2 % гидросферы, используемая часть (речной сток, озерная вода) составляет менее 1 % от общего объема вод гидросферы.

Вода обеспечивает существование живых организмов на Земле и развитие процессов их жизнедеятельности. Она входит в состав клеток и тканей любого животного и растения. В среднем вода составляет около 90 % массы всех растений и 75 % массы животных. Сложные реакции в животных и растительных организмах могут протекать только при наличии водной среды. Тело взрослого человека содержит 60 –80 % воды. Физиологическую потребность человека в воде можно удовлетворить только водой и ничем иным. Потеря 6 –8 % воды сопровождается полуобморочным состоянием, 10 % – галлюцинацией, 12 % – приводит к смерти.

Климат и погода на Земле во многом зависят и определяются наличием водных пространств и содержанием водяного пара в атмосфере. В сложном взаимодействии они регулируют ритм термодинамических процессов, возбуждаемых энергией Солнца. Океаны и моря благодаря большой теплоемкости воды служат аккумуляторами тепла и способны изменять погоду

и климат на планете. Океан, растворяя газы атмосферы, является регулятором воздуха.

В деятельности человека вода находит самое широкое применение. Вода – это материал, используемый в промышленности и входящий в состав различных видов продукции и технологических процессов, выступает в роли теплоносителя, служит для целей обогрева. Сила падения воды приводит в действие турбины гидроэлектростанций. Водный фактор является определяющим в развитии и размещении ряда промышленных производств. К водоемким отраслям, ориентирующимся на крупные источники водоснабжения, относятся многие производства химической и нефтехимической промышленности, где вода служит не только вспомогательным материалом, но и одним из важных видов сырья, а также электроэнергетика, черная и цветная металлургия, некоторые отрасли лесной, легкой и пищевой промышленности. Широко используется вода в строительстве и промышленности строительных материалов. Сельскохозяйственная деятельность человека связана с потреблением огромного количества воды, прежде всего на орошаемое земледелие. Реки, каналы, озера – дешевые пути сообщения. Водные объекты – это и места отдыха, восстановления здоровья людей, спорта, туризма.

Относительно хозяйственной деятельности человека вводится понятие "водные ресурсы" – это все пригодные для хозяйственного использования запасы поверхностных вод, включая почвенную и атмосферную влагу. Ресурсы поверхностных вод определяются в основном суммарным стоком в средний по водности год. Распределены они и используются по территории Земли и отдельным регионам неравномерно (табл. 7.1). Страны СНГ обладают крупнейшими в мире водными ресурсами, суммарно они занимают второе место в мире (после Бразилии) по объему среднегодового речного стока, на них приходится также значительные по величине потенциальные запасы подземных вод. Однако эти ресурсы распространены по территории стран СНГ крайне неравномерно, что объясняется различными географическими, климатическими, геологическими и гидрогеологическими условиями отдельных регионов. Общий среднегодовой объем стока составляет почти 4,7 тыс. км³, причем подавляющая его часть приходится на Российскую Федерацию – 4,27 тыс. км³ (более 90 %). Значительными водными ресурсами обладают Украина – 0,21 тыс. км³ (4,5 %), Казахстан – 0,12 тыс. км³ (2,7 %), Узбекистан – 0,11 тыс. км³ (2,3 %), Таджикистан – 0,1 тыс. км³ (2,0 %)

Неравномерному распределению стока соответствует и различная обеспеченность водными ресурсами стран СНГ. Если удельная обеспеченность стоком в целом для стран СНГ равна 210 тыс. км³ в год на 1 км², то наиболее высокая в Грузии и Таджикистане – 877 и 667 соответственно, а наиболее низкая в Туркменистане – 145 и в Казахстане – 46 тыс. км³ в год на 1 км².

Т а б л и ц а 11.1 Распределение воды и её потребление по континентам

Континент	Среднегодовой сток рек	Водопотребление	
		км ³ /год	% к стоку

	км ³ /год	в %	1970 г.	2000 г.	1970 г.	2000 г.
Европа	3210	6,9	320	730	10,0	23,0
Азия	14410	31,0	1500	3200	10,4	22,7
Африка	4570	9,8	130	380	2,8	8,3
Северная Америка	8200	17,6	540	1300	6,6	15,8
Южная Америка	117	25,2	70	300	0,6	2,5
Австралия и Океания	2390	5,1	23	60	1,0	2,5
Всего	46540	100,0	2583	5970	5,8	13,0

11.2. Водные ресурсы Республики Беларусь и их оценка

Ресурсы поверхностных вод Беларуси оцениваются в 58 км³ в год, по этому показателю она занимает восьмое место среди стран СНГ (1,2 % общего стока). Большая часть речного стока формируется в пределах Беларуси, приток воды с территории соседних государств (России и Украины) равен 21,6 км³, или 36 %. Таким образом, местные ресурсы речных вод составляют 36,4 км³ в год. В многоводные годы суммарный речной сток может достигать 96 км³ в год, снижаясь в маловодные до 36 км³ в год. Местный сток изменяется в соответствии с водностью года от 61 до 24 км³ в год. Удельная обеспеченность стоком речных вод в Беларуси несколько выше, чем в среднем по странам СНГ, и составляет 279,4 тыс. м³ в год на 1 км².

Беларуси характерна довольно значительная дифференциация водообеспеченности, которая усугубляется неравномерным размещением населения и производства. Реки страны принадлежат к бассейнам двух морей – Черного и Балтийского, соответственно 56 % и 44 % площади водосбора. Из общего числа рек и ручьев (20,8 тыс.) суммарной протяженностью 90,6 тыс. км абсолютное большинство водотоков относится к малым равнинным рекам. Статус достаточно крупных рек, длина которых более 500 км, имеют только семь рек – Западная Двина, Неман, Вилия (бассейн Балтийского моря), Днепр, Березина, Сож и Припять (бассейн Черного моря). Основная часть местного стока образуется в бассейнах Днепра с Березиной и Сожем (11,6 км³ в год) и Немана с Вилией (9,26 км³ в год). Значительно меньше приходится на бассейны Западной Двины (7,01 км³ в год) и Припяти (6,97 км³ в год). Транзитные воды поступают в Беларусь большей частью по Западной Двине (7,29 км³ в год) и Припяти (5,74 км³ в год), остальные транзитные воды (7,67 км³ в год) распределяются примерно равными долями по Днепру и Сожу. Таким образом, наиболее развитые в хозяйственном отношении и густонаселенные центральные регионы страны (Минская обл. и г. Минск) располагают гораздо меньшими ресурсами поверхностных вод по сравнению с периферийными регионами, которые обладают и транзитным стоком.

Ресурсы поверхностных вод включают также озера и

водохранилища. В пределах границы Беларуси насчитывается около 11 тыс. озер. Наиболее богата озерами северная часть страны – Белорусское Поозерье. Многие озера расположены близко одно от другого или соединены одним водотоком и образуют группы – Нарочанскую, Браславскую, Ушачскую и др. Самые крупные из озер: Нарочь (площадь зеркала воды 79,6 км²), Освейское (52,8 км²), Лукомское (37,7 км²), Дривяты (36,1 км²), Нещердо, Снуды, Свирь. Северные озера отличаются хорошей сохранностью озерных котловин, что позволяет вести их комплексное использование.

Озера на юге страны носят черты деградации, чаще всего имеют низкие заболачиваемые берега, плоские и неглубокие озерные котловины. Особо крупными из них являются: Червоное (40,8 км²), Выгонощанское (26 км²), Черное, Споровское. Мало озер в центральной части страны. Суммарная площадь зеркала всех озер Беларуси составляет почти 2 тыс. км², а общий объем воды, аккумулированной в них, оценивается в 6–7 км³.

Неравномерность размещения водных ресурсов и внутри годового распределения стока поверхностных вод в определенной мере компенсируется строительством водохранилищ и прудов. Водохранилище – искусственный водоем с полным объемом задержанных водных масс более 1 млн. м³, созданный с использованием водонапорных сооружений в долине реки или понижении местности для накопления и сохранения воды, регулирования стока в соответствии с потребностями различных отраслей народного хозяйства. На территории Беларуси сооружено более 140 водохранилищ различного хозяйственного назначения. Суммарный полный объем воды, которая задерживается водохранилищами, достигает 3,0 км³, а полезный – 1,24 км³. Общая площадь водного зеркала акватории водохранилищ достигает 740 км. С созданием водохранилищ озерность Беларуси увеличилась с 0,6 до 1,5 %.

К числу искусственных водоемов относятся и пруды, которые аккумулируют местный сток. Их полный объем не превышает 1 млн. м³. Пруды предназначены для местного хозяйственно-бытового водообеспечения и иных целей. Прудовой фонд Беларуси составляют более 1500 ед. в колхозах и совхозах с полным объемом задержки водных масс более 0,2 км³, площадью водного зеркала 140 км² и 19 рыбных хозяйств с полным объемом 0,3 км³, площадью 179 км².

Естественные ресурсы пресных подземных вод оцениваются в 15,9 км³ в год (43,5 млн. м³ в сутки). Они распространены по всей территории Беларуси на глубинах от 100 до 450 м. Взаимодействие климатических, орографических и геологических факторов определяет неравномерный характер распределения подземных вод, что в целом соответствует региональным различиям поверхностного стока. Значительные ресурсы подземных вод находятся в бассейне Днепра с притоками Березина и Сож – 34,4 %. На бассейн Немана с Вилией приходится 28,2 % ,

Западной Двины и Припяти – 33,7 %. Наименьшие запасы обнаружены в бассейне Западного Буга и Нарева, они составляют 3,7 % суммарных ресурсов пресных подземных вод Беларуси. Всего разведано более 230 месторождений пресных подземных вод с запасами 5,7 млн. м³ в сутки, из них для промышленного освоения подготовлено около 200 месторождений с эксплуатационными запасами около 4,6 млн. м³ в сутки.

Возобновляемые ресурсы пресных поверхностных и подземных вод в целом по Беларуси сегодня и в перспективе оцениваются как достаточные для удовлетворения потребностей страны в воде.

11.3. Основные направления использования водных ресурсов

В своем развитии человечество прошло через многие этапы в использовании воды. Первоначально преобладало прямое использование воды – в качестве питья, для приготовления пищи, в бытовых хозяйственных целях. Постепенно возрастает значение рек и морей для развития водного транспорта. Возникновение многих центров цивилизации связано с наличием водных путей. Люди использовали водные пространства как пути сообщения, для ловли рыбы, добычи соли и других видов хозяйственной деятельности. В период расцвета судоходства наиболее экономически развитыми и богатыми были морские державы. И сегодня использование водных путей сообщения значительно сказывается на развитии мировой экономики. Так, морской транспорт перевозит в год 3–4 млрд. т грузов, или 4–5 % общего объема грузоперевозок, выполняя при этом свыше 30 трлн. т/км, или 70 % общего мирового грузооборота.

Отличительной чертой XX ст. явился быстрый рост водопотребления по самым различным направлениям. На первое место по объему потребления воды вышло *сельскохозяйственное производство*. Для того чтобы обеспечить продуктами питания все возрастающее население Земли, необходимы затраты огромного количества воды в земледелии. Ресурсы влаги и тепла и их соотношение определяют естественную биологическую продуктивность в различных природно-климатических зонах мира. Для производства 1 кг растительной массы разные растения расходуют на транспирацию от 150–200 до 800–1000 м³ воды; причем 1 га площади, занятой кукурузой, испаряет за вегетационный период 2–3 млн. л воды; для выращивания 1 т пшеницы, риса или хлопка необходимо 1500, 4000 и 10 000 т воды соответственно.

Площадь орошаемых земель на земном шаре достигает в настоящее время 220 млн. га. Они дают примерно половину сельскохозяйственной продукции мира, на таких землях размещается до 2/3 мировых посевов хлопчатника. В то же время на орошение 1 га посевов расходуется в течение года 12–14 тыс. м³ воды. Ежегодный расход воды достигает 2500 км³ или более 6 % суммарного годового стока рек земного шара. По объему используемых вод орошаемое земледелие занимает первое место среди других

водопотребителей.

Чрезвычайно велика потребность в воде для современного животноводства, содержания скота на фермах и животноводческих комплексах. Для производства 1 кг молока затрачивается 4 т, а 1 кг мяса – 25 т воды. Удельное использование воды на сельскохозяйственные и иные цели в различных странах мира (по данным 80–90-х годов XX ст.) приведено в табл. 7.2.

Растет потребление воды в промышленности, производстве. Невозможно указать другое вещество, которое бы находило столь разнообразное и широкое применение, как вода. Она является химическим реагентом, участвующим в производстве кислорода, водорода, щелочей, азотной кислоты, спиртов и многих других важнейших химических продуктов. Вода – необходимый компонент в производстве строительных материалов: цемента, гипса, извести и т.п. Основная масса воды в промышленности используется для производства энергии и охлаждения. Значительное количество воды в обрабатывающей промышленности употребляется на растворение, смешивание, очищение и другие технологические процессы. Для выплавки 1 т чугуна и перевода его в сталь и прокат расходуется 50–150 м³ воды, 1 т меди – 500 м³, 1 т синтетического каучука и химических волокон – от 2 до 5 тыс. м³ воды.

Подавляющее число производств приспособлено к использованию только пресных вод; новейшим отраслям промышленности (производству полупроводников, атомной техники и др.) необходима вода особой чистоты. Современные промышленные предприятия, тепловые электростанции расходуют огромные ресурсы воды, сопоставимые с годовым стоком крупных рек.

Т а б л и ц а 11.2 Использование воды на различные хозяйственные цели в отдельных странах мира (в % к общему водопотреблению)

Группы водопотребления	Беларусь	Россия	США	Франция	Финляндия
Сельскохозяйственное	22*	22	49	51	10
Промышленное	32	33	41	37	80
Коммунально-бытовое	46	24	10	12	10

* Включая использование воды в рыбном хозяйстве.

Подавляющее число производств приспособлено к использованию только пресных вод; новейшим отраслям промышленности (производству полупроводников, атомной техники и др.) необходима вода особой чистоты. Современные промышленные предприятия, тепловые электростанции расходуют огромные ресурсы воды, сопоставимые с годовым стоком крупных рек.

По мере роста народонаселения и городов увеличивается расход воды на коммунально-бытовые нужды. Физиологическая потребность человека в

воде, которая вводится в организм с питьем и пищей, в зависимости от климатических условий составляет 9 –10 л/сут. Значительно большее количество воды необходимо для санитарных и хозяйственно-бытовых нужд. Лишь при достаточном уровне водопотребления, которое обеспечивается централизованными системами водоснабжения, оказывается возможным удаление отходов и нечистот при помощи сплавной канализации. Уровень хозяйственно-питьевого водопотребления колеблется в значительных размерах: от 30 –50 л/сут. в зданиях с водопользованием из водоразборных колонок (без канализации) до 275 –400 л/сут. на одного жителя в зданиях с водопроводом, канализацией и системой централизованного горячего водоснабжения. Естественно, улучшение коммунально-бытовых условий жизни в городах и сельской местности влечет за собой рост потребления воды.

Теоретически водные ресурсы неисчерпаемы, так как при рациональном использовании они непрерывно возобновляются в процессе круговорота воды в природе. Еще в недалеком прошлом считалось, что воды на Земле так много, что, за исключением отдельных засушливых районов, людям не надо беспокоиться о том, что ее может не хватить. Однако потребление воды растет такими темпами, что человечество все чаще сталкивается с проблемой, как обеспечить будущие потребности в ней. В странах и регионах мира уже сегодня ощущается недостаток водных ресурсов, усиливающийся с каждым годом.

Рост промышленного и сельскохозяйственного производства, высокие темпы урбанизации способствовали расширению использования водных ресурсов Беларуси. Забор речных и подземных вод постоянно возрастал, достигнув своей максимальной величины, равной 2,9 км³ в 1990 г. В результате спада производства начиная с 1992 г. отмечается уменьшение водопотребления в различных отраслях экономики. В 1999 г. оно составило 1 7 км³. Основным потребителем воды оказалось жилищно-коммунальное хозяйство – 46,0 % общего потребления; производственное (промышленное) водоснабжение – 31,5 %; сельскохозяйственное водоснабжение и орошение –9,7 %; рыбное прудовое хозяйство – 12,8 % (использование водных ресурсов отражено в табл. 7.3). В региональном аспекте выделяется центральная часть Беларуси, где потребляется почти треть всего объема используемых вод, что в основном совпадает с экономическим потенциалом данного региона.

Таблица 1.3 Использование водных ресурсов в Республике Беларусь

Показатель	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2010 г.
1	2	3	4	5
Забор воды из природных источников, млн. м ³	2 883	1 980	1 851	2 820–3 101
В том числе из подземных источников	1210	104	1 095	1 470–1 610
Использование воды, всего, млн. м ³	2 790	1 878	1 709	2 366–2 590
В том числе:				

на хозяйственно-питьевые нужды	691	701	786	903 – 1001
на производственные нужды	1 002	574	539	654 – 707
на сельскохозяйственное водоснабжение	334	271	161	364 – 399
на орошение	67	15	5	20 – 21
в рыбном прудовом хозяйстве	696	317	218	425 – 462
Полное водопотребление, млн. м ³	12 305	8 990	9 496	12 012 – 13 209
сброс сточных вод в поверхностные водные объекты, всего, млн. м ³	1 982	1 329	1 170	1 778 – 1 946
В том числе:				
загрязненных и недостаточно очищенных	104	64	26	–
нормативно-очищенных	919	841	875	1 124 – 1 236
нормативно-чистых	959	434	269	654 – 710
Потребление питьевой воды на душу населения, л/сут.	260	253	250	350 – 355
Пользование свежей воды на 1 млрд. р. ВВП, тыс. м ³	10,0	10,6	10,4	7,0 – 7,4

Водное хозяйство формируется как отрасль народного хозяйства, занимающаяся изучением, учетом, планированием и прогнозированием комплексного использования водных ресурсов, охраной поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения, транспортировкой их к месту потребления. Основная задача водного хозяйства – обеспечение всех отраслей и видов хозяйственной деятельности водой в необходимом количестве и соответствующего качества.

По характеру использования водных ресурсов отрасли народного хозяйства делят на водопотребителей и водопользователей. При *водопотреблении* вода изымается из ее источников (рек, водоемов, водоносных пластов) и используется в промышленности, сельском хозяйстве, для коммунально-бытовых нужд; она входит в состав выпускаемой продукции, подвергается загрязнению и испарению. Водопотребление с точки зрения использования водных ресурсов подразделяют на *возвратное* (возвращаемое к источнику) и *безвозвратное* (потери).

Водопользование связано обычно с процессами, когда используют не воду» как таковую, а ее энергию или водную среду. На такой основе развивается гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство, система отдыха и спорта и др.

Отрасли народного хозяйства предъявляют к водным ресурсам разные требования, поэтому водохозяйственное строительство наиболее целесообразно решать комплексно, учитывая особенности каждой отрасли и те изменения в режиме подземных и поверхностных вод, которые возникают при строительстве гидротехнических сооружений и их эксплуатации и нарушают экологические системы. Комплексное

использование водных ресурсов позволяет наиболее рационально удовлетворить потребности в воде каждой отрасли народного хозяйства, оптимально сочетать интересы всех водопотребителей и водопользователей, экономить средства на строительство водохозяйственных сооружений.

Тема 12. Литосфера. Ее ресурсы и экологическое значение

Литосфера Земли (от греч. *lithos* – камень и *sphaira* – сфера) – это внешняя «твердая» оболочка Земли, включающая земную кору и часть верхней мантии. Она характеризуется *площадью, высотой и мощностью*.

Суммарная площадь литосферы материков равна 149,14 млн км², в том числе на литосферу Азии приходится 29%, Африки – 20, Северной Америки – 16, Южной Америки – 12, Антарктиды – более 9, Европы – примерно 7, Австралии – 6%. Средняя высота материков от уровня моря колеблется от 300 м в Европе до 950 м в Азии.

Мощность литосферы изменяется в пределах от 50 до 200 км. Она суммируется из толщины земной коры, достигающей 75 км на континентах и 10 км под дном океана, и нижележащей верхней мантии.

Почва. Почва – поверхностный слой земной коры. Согласно учению В. В. Докучаева, почва представляет собой естественное природное образование, формирующееся под совокупным воздействием климата, растительности, почвообразующих пород, условий рельефа и жизнедеятельности организмов и обладающее плодородием. Почва является невозобновляемым природным ресурсом. Для формирования почвы необходимы тысячелетия взаимодействия почвообразующих элементов, и особенно микроорганизмов. Чтобы образовался ее слой толщиной в 1 см, необходимо 100 лет. Но он может быть уничтожен в течение одного сезона, если человек будет применять разрушительные способы природопользования. По оценкам геологов, до того как человек начал заниматься сельскохозяйственной деятельностью, реки ежегодно переносили в океан 9 млрд т почвы. При вмешательстве в природные процессы человека эта цифра увеличилась до 25 млрд т в год.

Почва – незаменимый природный ресурс. Мощность почвы (толщина почвенного слоя) в зависимости от типа колеблется в пределах от нескольких миллиметров до 2–3 м при средней величине 18–20 см. В почве происходят различные физические, химические и биологические процессы, она является средой обитания многих живых организмов. В почву поступают различные отходы человеческой деятельности, трупы животных, растительные организмы.

Антропогенное воздействие на почву. Используя почву, человек получает многие необходимые для жизни продукты. Почва весьма чувствительна к воздействию антропогенных факторов и чаще всего подвергается разрушению. В городах почти нет естественных почв, а созданы искусственные почвогрунты. Они образуются в процессе засыпки плодородных слоев почвы строительным мусором, при перемешивании слоев

земли во время прокладки подземных коммуникаций и закладки фундаментов.

Неправильные методы землепользования приводят к *почвенной эрозии* (от лат. *erosio* – разъедание), которая представляет собой разрушение и снос (смыв) почвенного покрова ветром или водой. Это явление приобретает все большую опасность, так как плодородных почв становится на планете все меньше, и жизненно важно сохранить оставшиеся, не допустить исчезновения этого единственного слоя земной литосферы, на котором могут развиваться растения. Почвенная эрозия бывает ветровая и водная.

Ветровая эрозия происходит чаще всего весной при скоростях ветра 15–20 м/с, когда растения еще не пошли в рост. Влага снижает пагубное действие ветра. В засушливых районах результатом ветровой эрозии бывают пыльные бури. Они повторяются через 3–5, иногда 10 лет и сносят слой почвы толщиной до 25 см, уничтожая при этом посевы.

Водная эрозия представляет смыв почвы талой или ливневой водой. Она приводит к образованию оврагов в слабо- холмистой местности. Большая опасность связана с эрозией почвы в горной местности, где она может вызывать сели.

В естественных условиях существует несколько причин для эрозии почв, которые еще более усугубляются человеком. Миллионы гектаров почвы теряются:

- • из-за строительства зданий и дорог;
- • неправильной эксплуатации земельных ресурсов с целью получения максимальных результатов в кратчайшие сроки без перспектив дальнейшего использования;
- • химического и промышленного загрязнения;
- • вырубки лесов, которые защищают почву от выветривания и вымывания;
- • сооружения плотин ГЭС, перед которыми происходит заболачивание, а за ними – пересыхание почвы;
- • добычи из недр земли большой массы разных пород, в составе которых почти все элементы таблицы Менделеева, в том числе и радиоактивные вещества, которые загрязняют и заражают почву в местах складирования.

Эрозия почвы уменьшает площади пашни, снижает ее плодородие, разрушает дороги, береговые линии, заиливает каналы и водохранилища. Эрозией в большей или меньшей степени поражено около 17% площади земель в Европе. Для защиты от эрозии разработаны специальные методы.

Экологические функции литосферы как планетарной геосистемы вместе с протекающими в ней геологическими процессами (как природными, так и антропогенными) можно определять на основании той роли, какую они играют в жизнеобеспечении и эволюции биоты и главным образом человеческого общества. В. Т. Трофимов с соавторами (1995, 1997, 1998) рассматривают экологические функции литосферы как «держателя»

минерально-сырьевых и энергетических ресурсов, источника геодинамических процессов и геофизико-геохимических полей. Ресурсная функция литосферы

Ресурсная функция литосферы определяет значение минерального, органического и органоминерального сырья литосферы, составляющего основу для жизни и деятельности биоты как в качестве биогеоценоза, так и антропогенеза. По мнению В. Т. Трофимова и др. (1997), она включает следующие аспекты: ресурсы, необходимые для жизни и деятельности биоты; ресурсы, необходимые для жизни и деятельности человеческого общества; ресурсы как геологическое пространство, необходимое для расселения и существования биоты, в том числе человеческого общества. Первые два аспекта связаны с минерально-сырьевыми ресурсами, а последний – с экологической емкостью геологического пространства, в пределах которого происходит жизнедеятельность организмов.

Минерально-сырьевые ресурсы относятся к категории исчерпаемых, и все они, за исключением подземных вод, являются невозобновляемыми. На протяжении всей своей истории человеческое общество в разных объемах использовало минеральные ресурсы, причем объем добываемого сырья непрерывно возрастал. Одновременно увеличивалось число извлекаемых химических элементов и соединений: если в XVIII в. – 18 химических элементов и соединений, в XIX в. – 35, в 1917 г. – 64, в 1975 г. – 87, то в 90-е годы XX в. – 106 элементов Периодической системы Д. И. Менделеева.

В настоящее время ежегодно из недр добывается около 100 млрд. т. минерального сырья. Возникает угроза истощения месторождений полезных ископаемых. По прогнозам некоторых специалистов, запасы многих видов минерального сырья иссякнут к середине XXI в., а свинца и цинка хватит только на первые десятилетия третьего тысячелетия.

В литосфере заключены горные породы, которые содержат в себе биофильные элементы, т.е. химические элементы, растворимые в водной среде и в то же время жизненно необходимые организмам. Они еще называются биогенными элементами. Литосфера, кроме того, являетсяместилищем подземных вод, а также содержит вещества, употребляемые в пищу определенными животными – литофагами.

Жизнедеятельность биоты обеспечивают существующие в природе, в том числе и происходящие в литосфере, биогеохимические циклы. Согласно Г. А. Богдановскому (1994), это более или менее замкнутые пути циркуляции химических элементов, входящих в состав клеточной протоплазмы, из внешней среды в организм и уходящих вновь во внешнюю среду. Выделяют два типа биогеохимических цикла: круговорот газообразных веществ с резервным фондом в атмосфере и океане; осадочный цикл с резервным фондом в земной коре.

Развитие человеческого общества невозможно без использования минеральных ресурсов. Благодаря им человечество обеспечивает свои потребности в энергии, удобрениях, жилье, транспорте, связи. Сегодня к этой категории добавились средства получения, передачи, обработки и анализа

информации. Ежегодно из недр извлекается порядка 17–18 млрд. т. горной массы.

К числу полезных ископаемых относятся и подземные воды. Они используются в качестве хозяйственно-питьевого водоснабжения (10,34 км³/год), для технического водоснабжения (2,66 км³/год), орошения земель и обводнения пастбищ (0,51 км³/год), в лечебных целях, в качестве геотермальных источников, для добычи ряда ценных компонентов (йод, бром, бор, литий, стронций, поваренная и калийная соль).

Большую роль литосфера играет в качестве геологического пространства, необходимого для расселения и существования биоты, в том числе и человека. С одной стороны, приповерхностные участки литосферы являются местом обитания биоты (обитатели пещер, норные и землеройные животные, микроорганизмы), а с другой, ее подземные пространства используются на урбанизированных территориях: для строительства подземных коммуникаций, транспортных магистралей, расположенных на подземном уровне объектов, а также как вместилища для захоронения высокотоксичных и радиоактивных отходов. Однако продолжающееся строительство подземных инженерных объектов нередко приводит к обострению экологических проблем. Объекты геологической среды, используемые для этих целей, весьма ограничены и в большинстве регионов довольно быстро становятся источниками острых экологических кризисных ситуаций.

Долгое время существовало представление о том, что территории континентов неисчерпаемы для расселения и жизнеобеспечения биоты, в том числе человека. Однако в эпоху техногенеза земная поверхность и геологическая среда стали важным природным и экологическим ресурсом. Сегодня человечество освоено около 55% поверхности суши, причем существует тенденция нарастания этого процесса. В настоящее время человечество сталкивается с тем, что дальнейшее размещение урбанизированных территорий сопряжено как с преодолением природных трудностей, так и с большими материальными затратами.

Как отмечают в своей монографии В. Т. Трофимов с соавторами (1997), специфика земельного ресурса заключается в том, что его изучением и оценкой занимаются науки не только геологического, но и географического и почвоведческого направлений. Геологи рассматривают ресурсную сторону с позиций рационального использования геологического пространства, географы – с позиций рационального использования ландшафта, а почвоведы – с позиций рационального использования почв для сельского хозяйства. Все вместе они должны оценивать рациональность и возможность использования той или иной территории с позиций экологии.

Геодинамическая функция литосферы. Согласно В. Т. Трофимову с соавторами (1997), под геодинамической функцией литосферы понимается способность последней к проявлению и развитию природных и антропогенных геологических процессов и явлений, в той или иной мере

влияющих на условия жизнеобитания и жизнедеятельности биоты и особенно человеческого общества. Надо особо подчеркнуть, что данная функция осуществляется с момента возникновения биоты, а ее становление и развитие неразрывно связаны с эволюцией Земли и биосферы. Как известно, вся история Земли полна кризисных ситуаций и катастрофических явлений глобального и регионального масштабов. Наряду с катастрофическими ситуациями в истории Земли существовали эпохи относительного спокойствия, когда развитие органического мира протекало плавно в соответствии с установившимися природными (физико-географическими) условиями. На современном этапе для геологического направления важно оценить геологическую роль и значимость антропогенных процессов, выявить их направленность и определить возможность перерастания в глобальные катастрофические геологические процессы.

Характерной чертой геодинамической функции литосферы является ее возможность проявляться в форме как негативного, так и позитивного отношения к развитию и пространственному распространению биоты. Это отношение может быть прямым и опосредованным, т. е. может проявляться через ресурсную или геофизико-геохимическую функции.

В рамках этой функции должны рассматриваться геодинамические процессы и явления, непосредственно влияющие на условия существования биоты. Исходя из степени воздействия на биоту, в том числе и на человека, все геодинамические процессы можно разделить на две группы. Одни процессы в силу своей масштабности и скорости проявления не способны оказывать прямого негативного влияния на живые организмы, а другие действуют на биоту в форме катастрофических явлений и стихийных бедствий и, таким образом, являются опасными природными процессами. К первым относятся, например, перемещения литосферных плит, тектонические медленные вертикальные и горизонтальные движения, такие геологические процессы, как выветривание, денудация, транспортировка осадочного материала и осадконакопление. К катастрофическим геологическим явлениям относятся те из них, которые из-за кратковременности своего проявления быстро разрушают привычную природную структуру и систему обитания биоты, нарушают условия жизни человека и приводят к жертвам.

По данным ЮНЕСКО, в настоящее время около 0,5 млрд. человек проживают в районах с высокой повторяемостью катастрофических землетрясений. Около четверти населения земного шара проживает в районах, подверженных риску стихийных природных явлений.

Все известные катастрофические и неблагоприятные природные и антропогенные явления, связанные с литосферной оболочкой, можно разделить на две крупные группы. К первой группе относятся процессы и явления, не несущие непосредственной угрозы для существования биоты, но влияющие на условия проживания человека, изменяя их. Однако в силу высокой приспособляемости органического мира нередко их воздействия на биоту оказываются минимальными. Для человека эти природные явления

меняют только условия комфортности жизни. К их числу относятся ветровая эрозия и дефляция, водная эрозия, перенос вещества и аккумуляция, суффозия, заболачивание, формирование термокарста, новообразование и деградация многолетней мерзлоты, формирование карста. Негативность воздействия катастрофических природных явлений весьма высока. К особо опасным природным явлениям относятся землетрясения, извержения вулканов взрывного характера, оползни, обвалы и камнепады, провалы и т.д.

Геофизико-геохимическая функция литосферы. Эта функция определяется как свойство геофизических и геохимических полей (неоднородностей) природного и антропогенного происхождения, способное влиять на состояние биоты и здоровье человека.

Вся земная поверхность состоит из мозаично распределенных неких усредненных значений разнообразных химических элементов и физических параметров среды. Участки с высоким содержанием химических элементов, сильно отличающимся от геохимического фона, называются участками с геохимической аномалией. Выделяются естественные геофизические поля – магнитное, гравитационное, геотермическое и искусственно возбужденные электрические поля постоянных токов и геофизические аномалии. Геохимические и геофизические аномалии в оболочках Земли нередко называют геопатогенными зонами, хотя трактовка данного термина до сих пор неоднозначна.

Ряд ученых рассматривает геопатогенные зоны как области аномального проявления свойств атмосферы, гидросферы, литосферы и глубинных недр планеты, негативным образом отражающихся на состоянии органического мира, в том числе и человека. В связи с этим геопатогенезом называют совокупность геолого-геофизических условий, сопутствующих развитию патогенных отклонений в живых организмах.

Существование аномалий, или геопатогенных зон, связано с тем, что в литосфере имеются вертикальные и горизонтальные неоднородности и существуют проницаемые зоны, через которые вносятся заметные искажения в состав энергетических полей и в распределение химических элементов в областях тектонических нарушений.

Ресурсные функции литосферы. Литосфера представляет собой одну из главнейших составляющих геологической среды, с геодинамической деятельностью и составом которой человечество сталкивается ежеминутно. Ресурсная функция литосферы предопределена минеральными, органоминеральными и органогенными ресурсами, которые принимают участие в ее строении. Они крайне необходимы для жизни и деятельности биоты, выступая в качестве одной из составляющих экосистем, а также для жизнедеятельности человеческого общества. Ресурсы литосферы включают следующие аспекты: ресурсы, необходимые для жизнедеятельности биоты; ресурсы, необходимые для жизни и деятельности человеческого общества; ресурсы как геологическое пространство, которое необходимо для расселения и существования биоты и человеческого общества. Если два

первых аспекта напрямую связаны с минеральными ресурсами Земли, то последний – исключительно с геологическим пространством, которое охватывает приповерхностную и поверхностную части литосферы.

Минеральные ресурсы относятся к категории исчерпаемых ресурсов и абсолютное большинство из них являются невозобновляемыми. Они играют первостепенную роль в жизни человеческого общества, определяя его материальный и научно-технический уровень. Начиная с глубокой древности число минеральных ресурсов и объемы их добычи и использования непрерывно возрастали. В палеолите добыча сырья ограничивалась лишь теми горными породами, которые могли явиться сырьем для изготовления каменных орудий. Позднее в сферу деятельности стали вовлекаться руды металлов – сначала олова и меди, а затем и железа. Динамика извлечения и использования минерального сырья за последние века резко выросла. Исходя из существующих прогнозов запасы ряда видов минерального сырья начнут иссякать к середине XXI в.

Ресурсы литосферы, необходимые для жизнедеятельности биоты.

Они представлены горными породами и минералами, которые включают химические элементы биофильного ряда, жизненно необходимые для роста и развития организмов, кудюриты – минеральное вещество кудюров, являющегося минеральной пищей литофагов, и подземные воды. Углерод, кислород, азот, водород, кальций, фосфор, сера, калий, натрий и ряд других элементов требуются организмам в значительных количествах, поэтому они называются макробиогенными. Микробиогенными элементами для растений являются Fe, Mn, Cu, Zn, B, Si, Mo, Cl, V, Ca, обеспечивающие процессы фотосинтеза, азотного обмена и метаболическую функцию. Для животных требуются те же элементы, кроме бора. Часть из них они получают, используя в пищу продуценты, а часть – из минеральных соединений и природных вод. Кроме того, для животных (консументов первого и второго порядков) дополнительно требуются селен, хром, никель, фтор, йод и др. Эти элементы в малых количествах жизненно необходимы для деятельности организмов и выполнения биогеохимических функций.

Одни из перечисленных элементов находятся в газообразном состоянии в атмосфере, другие растворены в водах гидросферы или находятся в связанном состоянии в почвенном покрове и в литосфере. Растения (продуценты) извлекают в процессе своей жизнедеятельности эти элементы непосредственно из грунтов вместе с почвенными и грунтовыми водами. Минеральные вещества кудюров являются эпизодической пищей травоядных (консументы первого порядка) и всеядных (консументы третьего порядка) животных. Они употребляют их вместе с пищей по крайней мере два раза в год. Кудюры предназначены для регуляции солевого состава организма. В основном это минералы группы цеолитов. Стимуляторами роста растений, животных и рыб кроме цеолитов являются такие глинистые минералы, как бентониты, палыгорскиты, а также глауконит и диатомит.

Подземные воды – основа для существования биоты, определяют направленность и скорость биохимических процессов растений и животных.

Минеральные ресурсы, необходимые для жизни и деятельности человеческого общества. К ним относятся все существующие полезные ископаемые, которые используются человечеством для производства необходимых материалов и энергии. В настоящее время из недр извлекается более 200 видов полезных ископаемых и объем годовой добычи минерального сырья достигает порядка 20 млрд. т горной массы в год.

ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

для студентов специальности

6-05-0713-04 Автоматизация технологических процессов и производств

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Нормирование выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферу.

Объем – 2 ч.

2. Оценка эффективности природоохранных мероприятий по защите атмосферного воздуха.

Объем – 2 ч.

3. Нормирование сбросов загрязняющих веществ от предприятий в водные объекты.

Объем – 2 ч.

4. Основные принципы озеленения городов и промышленных территорий.

Объем – 2 ч.

5. Налог за использование природных ресурсов

Объем – 2 ч.

6. Определение категории опасности предприятия и критериев опасности веществ.

Объем – 2 ч.

7. Определение загруженности улиц автотранспортом. Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха на улицах города.

Объем – 4 ч.

Техника безопасности при выполнении лабораторных работ

При выполнении лабораторных работ студент должен уметь правильно обращаться со стеклянной химической посудой, соблюдать особую осторожность при работе с токсичными и едкими веществами, знать меры первой доврачебной помощи.

1. Работа со стеклянной посудой. Основным травмирующим фактором при работе со стеклянной химической посудой являются острые осколки стекла, способные вызвать порезы тела работающего. По этой причине следует соблюдать особую осторожность при использовании такой посуды. Если же во время работы стеклянная посуда все-таки разбилась, то необходимо предпринять следующие меры.

☑Первая помощь. При порезах рук или других частей тела стеклом следует удалить из раны мелкие осколки, после чего промыть ее 2%-ным раствором перманганата калия или этиловым спиртом (или другим антисептиком), смазать края раны йодной настойкой и забинтовать. Ни в коем случае не промывать порез водой! При попадании осколков стекла в

глаза и в случаях тяжелых ранений (особенно при порезах артерий) после оказания первой помощи немедленно вызвать врача.

При уборке рабочего места осколки разбитой посуды во избежание порезов нельзя собирать голыми руками, нужно использовать щетку и совок.

2. Токсические свойства соединений, используемых в лабораторных работах и меры неотложной помощи при поражении ими.

Соляная кислота (HCl). Представляет опасность (вызывает сильные химические ожоги) как при внешнем воздействии, так и при попадании вовнутрь.

Серная кислота (H₂SO₄). Представляет опасность (вызывает сильные химические ожоги) как при внешнем воздействии, так и при попадании вовнутрь.

☑*Первая помощь.* При попадании кислоты на кожу место поражения немедленно промыть большим количеством воды, продолжительность обмывания 10-15 минут. Затем пораженное место обработать 2%-ным раствором пищевой соды. В случае поражения глаз – обильно промыть водой в течение 10-15 минут. При попадании кислоты вовнутрь – обильное питье, вызвать рвоту. Обратиться за помощью в медицинское учреждение.

Гидроксид натрия (NaOH). При попадании на кожу, слизистые оболочки и, особенно, в глаза щелочи и ее растворов возникают сильные химические ожоги.

☑*Первая помощь.* При попадании на кожу растворов щелочи необходимо быстро промыть пораженное место большим количеством воды в течение 10-15 мин. Затем на обожженное место положить примочку 2%-го раствора уксусной кислоты. При попадании растворов в глаза – немедленно интенсивно промыть водой в течение длительного времени.

Хроматы и дихроматы. Хромат калия (K₂CrO₄). **Дихромат калия** (K₂Cr₂O₇). При попадании концентрированных растворов на кожу, слизистые оболочки и, особенно, в глаза вызывают химические ожоги. Помимо этого соединения хрома (VI) обладают канцерогенным действием, поражают центральную нервную систему, оказывают повреждающее действие на репродуктивные органы.

☑*Первая помощь.* При попадании на кожу растворов необходимо быстро промыть пораженное место большим количеством воды в течение 10-15 мин. Затем на обожженное место положить повязку с нейтральной мазью. При попадании растворов в глаза – немедленно интенсивно промыть водой в течение длительного времени, закапать 30 % раствор альбумида.

Соединения свинца. Ацетат свинца (Pb(CH₃COO)₂). **Нитрат свинца** (Pb(NO₃)₂). Соединения свинца поражают репродуктивные органы, органы кроветворения, замещают кальций в костных тканях, угнетают центральную нервную систему. Их главная опасность состоит в том, что они способны накапливаться в организме, т.е. обладают кумулятивным эффектом.

☑*Первая помощь.* При попадании вовнутрь организма необходимо немедленно принять вовнутрь 10 % водный раствор сульфата магния.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Примеры решения экологических задач могут включать в себя расчеты, связанные с загрязнением окружающей среды, оценку биоразнообразия, анализ пищевых цепей, а также разработку стратегий устойчивого развития. Рассмотрим несколько примеров:

1. Расчет концентрации загрязняющих веществ:

- **Задача:**

Определить концентрацию вредного вещества (например, SO_2) в атмосфере над городом, если известно, что источник выброса расположен на расстоянии 2 км от города и выбросы составляют 100 кг/час. Необходимо учесть скорость ветра, направление ветра и атмосферную турбулентность.

- **Решение:**

Для решения этой задачи можно использовать модели рассеяния примесей в атмосфере, которые учитывают метеорологические условия и параметры источника выброса. В простейшем случае, можно использовать гауссову модель, которая позволяет оценить концентрацию в зависимости от расстояния от источника и скорости ветра.

- **Пример:**

Если скорость ветра 5 м/с, а коэффициент турбулентности 0.1, то концентрация SO_2 на расстоянии 2 км может быть рассчитана с использованием гауссовой модели.

2. Оценка биоразнообразия:

- **Задача:**

Определить видовое разнообразие растительности на определенной территории.

- **Решение:**

Для этого проводят инвентаризацию растительности, отмечая встречаемость каждого вида на пробных площадках. Используют различные индексы разнообразия, такие как индекс Шеннона, индекс Симпсона, которые учитывают как количество видов, так и их численность.

- **Пример:**

На площадке 100 кв. м обнаружено 5 видов растений. Вид А встречается 50 раз, вид Б – 20, вид В – 15, вид Г – 10, вид Д – 5. Индекс Шеннона покажет, насколько разнообразен растительный покров на данной территории.

3. Анализ пищевых цепей:

- **Задача:**

Определить трофическую структуру экосистемы (например, озера) и рассчитать энергетический поток между трофическими уровнями.

- **Решение:**

Необходимо определить состав пищевых цепей, составляющих биоценоз озера, выявить продуцентов, консументов и редуцентов. Затем, рассчитать массу биомассы на каждом трофическом уровне и энергию, которая передается от одного уровня к другому (правило 10%).

- **Пример:**

В озерах продуценты (фитопланктон) производят определенное количество биомассы. Зоопланктон питается фитопланктоном, мелкие рыбы – зоопланктоном, а крупные рыбы – мелкими. На каждом этапе энергия частично теряется (преимущественно в виде тепла), и на следующий уровень переходит лишь около 10%.

4. Разработка стратегий устойчивого развития:

- **Задача:**

Разработать комплекс мер для снижения загрязнения воды в реке.

- **Решение:**

Необходимо провести инвентаризацию источников загрязнения, оценить степень загрязнения воды и определить наиболее эффективные методы очистки сточных вод, улучшения очистных сооружений, а также внедрение принципов устойчивого водопользования.

РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Контрольные задачи для текущей аттестации

Решение экологических задач является средством обеспечения взаимосвязи экологии с другими науками и имеет практико-ориентированную направленность. Этот процесс формирует экологическую компетентность, учит студентов безопасному и экологически грамотному обращению с химическими веществами в быту и на производстве, позволяет использовать краеведческий материал.

При решении задач раскрывается взаимосвязь и взаимозависимость между биологическими системами разного уровня организации, а также с окружающей средой. Это дает возможность реализовать учебные задачи.

Задача 1

Канюк за лето съедает до 80 мышей со средней массой 20 г. Учитывая правило 10 %, определите количество птиц, охотившихся на мышей на пшеничном поле, если благодаря им было сохранено 2 т зерна.

Задача 2

Скворцы в саду за лето съели около 80 % всех гусениц яблонной плодовой гусеницы. Прирост биомассы скворцов за этот период составил 0,5 кг. Переход биомассы с одного трофического уровня на другой в данной цепи питания подчиняется правилу 10 %. Какая часть урожая яблок (кг) была потеряна?

Задача 3

Прирост биомассы популяции щук в озере за лето составил 10 кг. Прирост плотвы за лето был равен половине рациона щук. Пищевой рацион плотвы за этот период составлял 20 % от прироста биомассы фитопланктона. В 1 кг фитопланктона содержится 6×10^2 ккал энергии. В данной пищевой цепи соблюдаются правила 10 % и 1 %. Сколько солнечной энергии поступало в экосистему за месяц?

Задача 4.

В лесу ученые равномерно расставили ловушки на зайцев-беляков. Всего было поймано 50 зверьков. Их поместили и отпустили. Через неделю отлов повторили. Поймали 70 зайцев, из которых 20 были уже с метками. Определите, какова численность зайцев на исследуемой территории, считая, что меченые в первый раз зверьки равномерно распределились по лесу.

**Примерный перечень вопросов к зачёту
по учебной дисциплине «Основы эколого-энергетической устойчивости»**

1. Современное состояние и проблемы охраны окружающей среды в Республике Беларусь и Брестской области. Глобальные и локальные экологические проблемы.
2. Предмет и задачи экологии как науки.
3. Связь экологии с другими областями научного знания.
4. Состав и структура биосферы. Воздействия на биосферу.
5. Основные положения учения В.И. Вернадского о биосфере.
6. Среда и факторы среды обитания.
7. Понятие об экологическом факторе.
8. Классификация экологических факторов.
9. Абиотические факторы.
10. Биотические факторы.
11. Антропогенные факторы.
12. Адаптации организмов к среде обитания.
13. Автотрофные и гетеротрофные организмы.
14. Общие закономерности взаимодействия организмов из экологических факторов.
15. Понятие о лимитирующем факторе.
16. Понятие о толерантности организмов. Закон толерантности Шелфорда.
17. Классификация организмов по отношению к экологическим факторам (стенобиоты и эврибиоты).
18. Экологическая ниша организмов.
19. Понятие о популяции. Динамические и статические показатели популяции.
20. Понятие об экологической системе и биогеоценозе.
21. Структура экологической системы (биогеоценоза).
22. Энергетика и продуктивность экосистем (трофические связи между организмами).
23. Динамические процессы в экосистемах (гомеостаз и сукцессии).
24. Содержание и задачи экологического мониторинга. НСМОС в Беларуси.
25. Биоиндикация и биотестирование загрязнений.
26. Экологические аспекты загрязнения ОС (понятие об „экологических ловушках“).
27. Круговороты веществ в биосфере (большой и малый).
28. Общая характеристика природных ресурсов, их классификация. Ресурсообеспеченность РБ.
29. Состав и структура атмосферы. Состояние атмосферного воздуха в Республике Беларусь.
30. Структура ресурсов гидросферы. Состояние водных ресурсов РБ и их использование.

31. Состояние почвенных ресурсов в мире и в РБ. Антропогенные воздействия на литосферу.
32. Проблема “парникового эффекта”.
33. Проблема сохранения озонового слоя Земли.
34. Источники и последствия загрязнения атмосферы.
35. Основные источники и последствия загрязнения поверхностных и подземных вод.
36. Кислотные дожди и проблема дефицита пресной воды.
37. Антропогенные воздействия на биотические сообщества.
38. Особо охраняемые природные территории. Красная книга Беларуси.
39. Экстремальные воздействия на биосферу. Воздействие техногенных экологических катастроф.
40. Особые виды воздействий на биосферу.
41. Международное сотрудничество по вопросам решения экологических проблем.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Учебная программа для специальности 6-05-0713-04 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1 Цели и задачи дисциплины

“Основы эколого-энергетической устойчивости” – современная дисциплина общепрофессионального характера, анализирующая условия существования живых организмов, и их изменения под влиянием разнообразных преобразующих или разрушающих антропогенных воздействий.

Современный инженер должен обладать фундаментальными знаниями, позволяющими ему самостоятельно разобраться в специальных вопросах, решать сложные комплексные проблемы, используя новейшие достижения в области смежных наук и грамотно выдвигать перед другими специалистами определенные технические задачи. Понимание экологических законов и принципов помогает инженеру в решении экологических проблем. Будущий специалист должен знать основы экологии в объеме, необходимом для решения производственных, проектно-конструкторских и исследовательских задач. Студент должен изучить и усвоить основные понятия и законы экологии, закономерности происходящих в природе процессов. Студент должен изучить элементарные навыки и представления о научно-исследовательской работе, ознакомиться с перечнем приборов и оборудования, применяемых в лабораторном практикуме.

Целью изучения дисциплины “ Основы эколого-энергетической устойчивости ” является формирование экологического мировоззрения будущих специалистов, которое позволит им профессионально анализировать и оценивать собственную производственную деятельность в отношении к окружающей природной среде и принимать экологически обоснованные решения.

Задачами дисциплины являются:

- установление правильного отношения к природным процессам на основе знания законов функционирования биологических систем;
- формирование разумного системного подхода к природопользованию, в сочетании с охраной и воспроизводством природной среды;
- развитие представлений человека как части природы на основе общих законов взаимодействия и взаимовлияния биосферы и антропосистемы.

В соответствии с образовательными стандартами Республики Беларусь в результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- предмет, задачи и структуру современной экологии;
- основные экологические проблемы и мероприятия по охране окружающей среды в отрасли;
- нормативы допустимого воздействия на окружающую среду, экологические налоги и основы экологического контроля и управления;
- основные нормативные документы в области охраны окружающей среды, экологические стандарты;

уметь:

- использовать информацию о состоянии окружающей среды в профессиональной деятельности;
- обосновывать нормативы допустимого воздействия на окружающую среду;
- оценивать ущерб от техногенного воздействия на окружающую среду;
- выбирать оборудование для очистки сточных вод и газовых выбросов.

владеть:

- междисциплинарным подходом при решении проблем;
- исследовательскими навыками;
- системным и сравнительным анализом.

По итогам изучения учебной дисциплины «Основы эколого-энергетической устойчивости» студент должен закрепить и развить следующие универсальные (УК) и базовые профессиональные (БПК) компетенции:

УК-1 – владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;

УК-5 – быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности;

БПК-1 – использовать законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности.

**План учебной дисциплины для дневной формы получения
высшего образования**

№	Наименование тем	Лекции	Лаборат. занятия	УСР	Самост. работа	Всего
1	Предмет, задачи и методология курса “Основы эколого-энергетической устойчивости”	2			4	6
2	Атмосфера, источники загрязнения и охрана воздушного бассейна	4	4		6	14
3	Водные ресурсы и их охрана	2	2		4	8
4	Загрязнение водоемов в связи с их использованием	2	2		4	8
5	Эколого-экономические проблемы землепользования	4	2		6	12
6	Проблемы использования и охрана лесных и других биоресурсов	4			4	8
7	Рациональное использование и охрана ресурсов недр	4	4		4	12
8	Санитарное состояние природной среды и ее влияние на здоровье человека	2			4	6
9	Усиление антропогенных воздействий на окружающую среду и их последствия	4	2		6	12
10	Глобальные и региональные экологические проблемы	4			4	8
11	Диалектика взаимоотношений общества и природной среды	2			4	6
	<i>Итого по курсу</i>	34	16		50	100

1. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1.1. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛЕКЦИОННОГО КУРСА

Тема 1. Экология как наука, ее содержание, цели и задачи. Взаимосвязь экологии с другими науками. Эколого-энергетическая устойчивость как основа социально-экономической стабильности. Научные основы охраны окружающей среды. Формы и задачи экологического прогнозирования. Методы экологических исследований.

Тема 2. Состав и строение атмосферы, ее роль в жизнедеятельности людей. Основные источники и загрязнители воздушного бассейна. Парниковый эффект. Характеристики основных очистных сооружений и их экономическая эффективность. Перспективы использования ветровой энергии как экологически чистого источника в структуре энергетики страны. Государственная регламентация качества атмосферы и мониторинг качества воздуха.

Тема 3. Водные ресурсы мира и Республики Беларусь, оценка, основные направления их использования. Обеспеченность водными ресурсами. Малая гидроэнергетика, ее потенциал и возможности использования в Беларуси. Водохранилища, их роль в водном благоустройстве территорий и влияние на окружающий водосбор.

Тема 4. Загрязнение водоемов в связи с их использованием. Источники и виды загрязняющих веществ, поступающих в водоемы и водотоки. Промышленные, сельскохозяйственные и коммунально-бытовые стоки.

Тема 5. Земельные ресурсы мира и Республики Беларусь. Структура земельных ресурсов. Виды землепользования. Негативные последствия загрязнения земель. Эрозия почв и ее виды. Земельный кадастр Республики Беларусь.

Тема 6. Эколого-экономическое значение лесных ресурсов. Особенности лесных экологических систем. Лесной фонд стран мира и Республики Беларусь, его состояние и направление использования. Комплексное использование лесных ресурсов и охрана окружающей среды. Заповедное дело, его роль в сохранении видового разнообразия биологических ресурсов. Охрана и защита лесов. Экономическое стимулирование рационального лесопользования. Нормативно-правовое регулирование охраны и эффективного использования лесных ресурсов Беларуси.

Тема 7. Общая характеристика и классификация полезных ископаемых. Численная оценка. Кларки. Группы полезных ископаемых. Экономическая оценка полезных ископаемых в мире и в Республике Беларусь. Влияние добычи полезных ископаемых на окружающую среду. Основные пути рационального использования недр. Кодекс Республики Беларусь о недрах.

Тема 8. Влияние промышленности, транспорта, жилищно-коммунального и сельского хозяйства на окружающую среду. Обращение с отходами. Классы опасности. Способы переработки отходов. Структура отходов в Республике Беларусь. Отходы производства и потребления. Особенности переработки полимерных отходов.

Тема 9. Общая характеристика структуры промышленно-техногенеза. Влияние отрасли на загрязнение атмосферного воздуха и водных объектов. Проблемы природопользования предприятий машиностроительной отрасли.

Тема 10. Усиление антропогенного воздействия на окружающую среду. Локальные экологические проблемы в мире. Региональные экологические проблемы. Виды мониторинга. Глобальная система мониторинга и ее научные основы. Экологический аудит и менеджмент, порядок их осуществления. Цели и задачи экологической экспертизы. Экологическая сертификация.

Тема 11. Этапы взаимодействия общества и окружающей среды: охотничье-собирательный, аграрный, индустриальный, постиндустриальный (информационный). Гомеостаз и сукцессия экологической системы. Биологическое разнообразие. Сохранение биологического разнообразия в Республике Беларусь. Законы экологии.

1.2 ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Нормирование выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферу.

Объем – 2 ч.

2. Оценка эффективности природоохранных мероприятий по защите атмосферного воздуха.

Объем – 2 ч.

3. Нормирование сбросов загрязняющих веществ от предприятий в водные объекты.

Объем – 2 ч.

4. Основные принципы озеленения городов и промышленных территорий.

Объем – 2 ч.

5. Налог за использование природных ресурсов

Объем – 2 ч.

6. Определение категории опасности предприятия и критериев опасности веществ.

Объем – 2 ч.

7. Определение загруженности улиц автотранспортом. Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха на улицах города.

Объем – 4 ч.

2 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ “ОСНОВЫ ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ”

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Предмет, задачи и методология курса “Основы эколого-энергетической устойчивости»	2	-	-	-	-	-	Устный опрос
2.1	Атмосфера, источники загрязнения и охрана воздушного бассейна.	2	-	-	-	-	-	Устный опрос
2.2	Нормирование выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферу.	2	-	-	2	-	-	Устный опрос; защита лаб. Работ
3	Водные ресурсы и их охрана. Загрязнение водоемов в связи с их использованием.	2	-	-	-	-	-	Устный опрос.
4	Нормирование сбросов загрязняющих веществ от предприятий в водные объекты.	2			2			Устный опрос; защита лаб. работ
5	Эколого-экономические проблемы землепользования	4			2			Устный опрос; защита лаб. работ
6	Проблемы использования и охрана лесных ресурсов. Основные принципы озеленения городов и промышленных территорий	4	-	-	2	-	-	Устный опрос; защита лаб. работ
7	Рациональное использование и охрана ресурсов недр. Налог за использование природных ресурсов	4	-	-	2	-	-	Устный опрос; защита лаб. работ
8	Санитарное состояние природной среды и ее влияние на здоровье человека. Определение категории опасности предприятия и критериев опасности веществ	2	-	-	2	-	-	Устный опрос; защита лаб. работ

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	Усиление антропогенных воздействий на окружающую среду и их последствия. Определение загруженности улиц автотранспортом. Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха на улицах города.	4	-	-	4	-	-	Устный опрос; защита лаб. работ
10	Глобальные и региональные экологические проблемы современности.	4	-	-	-	-	-	Устный опрос
11	Диалектика взаимоотношений общества и природной среды	2	-	-	-	-	-	Устный опрос

3. ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ (РАБОТЕ)

Выполнение курсового проекта по учебной дисциплине «Основы эколого-энергетической устойчивости» не предусмотрено.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы обучающихся по учебной дисциплине

При изучении учебной дисциплины «Основы эколого-энергетической устойчивости» используются следующие формы самостоятельной работы:

- управляемая самостоятельная работа, предусматривающая самостоятельное выполнение студентом учебного или исследовательского задания;

- собственно самостоятельная работа, организуемая студентом вне аудитории (подготовка к экзамену или к зачету).

Время, отведенное на самостоятельную работу, может использоваться студентами на:

- проработку тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное изучение;

- решение проблемно-ситуационных задач;

- выполнение исследовательских и творческих заданий;

- подготовку сообщений, тематических докладов, рефератов, презентаций;

- выполнение практических заданий;

- конспектирование учебной литературы;

- подготовку отчетов; составление обзора научной литературы по заданной теме;

- подготовку докладов и презентаций.

Контроль за самостоятельной работой студентов осуществляется преподавателем как во время аудиторных занятий, так и на основе использования дистанционных образовательных технологий в виде тестов,

обсуждения рефератов, защиты учебных заданий, защиты творческих работ, экспресс-опросов, других мероприятий.

№ тем п/п	Название тем
1	Предмет, задачи и методология курса “Основы эколого-энергетической устойчивости” Рекомендуемая литература: [2, 3, 13, 14]
2	Атмосфера, источники загрязнения и охрана воздушного бассейна Рекомендуемая литература: [1-3, 7, 8, 12]
3	Водные ресурсы и их охрана Рекомендуемая литература: [1-4, 7, 8, 11]
4	Загрязнение водоемов в связи с их использованием Рекомендуемая литература: [1, 4, 7, 8, 12, 15]
5	Эколого-экономические проблемы землепользования Рекомендуемая литература: [1-3, 6, 9-11, 14]
6	Проблемы использования и охрана лесных и других биоресурсов Рекомендуемая литература: [1-3, 5, 13-15]
7	Рациональное использование и охрана ресурсов недр Рекомендуемая литература: [1, 5, 11, 16]
8	Санитарное состояние природной среды и ее влияние на здоровье человека Рекомендуемая литература: [1, 2, 10, 15]
9	Усиление антропогенных воздействий на окружающую среду и их последствия Рекомендуемая литература: [3, 5, 13-15]
10	Глобальные и региональные экологические проблемы Рекомендуемая литература: [3-5, 9, 16]
11	Диалектика взаимоотношений общества и природной среды Рекомендуемая литература: [3, 5, 9]

4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Перечень литературы

Основная:

1. Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» от 17 июля 2023 г. № 294-З.

2. Козловская, И.П., Коврик, С.И., Никонович, Т.В. Основы экологии : практикум : учебное пособие / И. П. Козловская, С. И. Коврик, Т. В. Никонович. — Минск : ИВЦ Минфина, 2018. — 215 с.

3. Маврищев В.В. Основы экологии. – Учебник/ В.В. Маврищев – 2 изд. – Мн.: Высш.шк., 2005. – 416 с.

4. Челноков, А.А. Основы промышленной экологии: Учеб.пособие / А. А. Челноков, Л. Ф. Ющенко. – Мн.: Выш. шк., 2001. – 343 с.

5. Шимова, О.С. Основы экологии и экономика природопользования: Учеб. / О. С. Шимова, Н. К. Соколовский. – 2-е изд., перераб. и доп., Мн.: БГЭУ, 2002. – 367 с.

Дополнительная:

6. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь (по состоянию на 1 января 2022 г.) / Госкомимущество. – Минск, 2022.

7. Методические указания к выполнению практических и лабораторных работ по расчету экономического ущерба от антропогенного воздействия на окружающую среду до дисциплины “Основы экологии” / А.П. Головач; БрГТУ – Брест, 2007. – 36 с.

8. Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине “Основы экологии” для студентов всех специальностей дневного и заочного обучения / П.П. Строкач, Н.П. Яловая; БрГТУ – Брест, 2002. – 59 с.

9. Неверов, А. В. Экологический менеджмент: Учеб.пособие для студентов специальности “Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов” / Неверов А. В., Мороз Л. Н., Марцуль В. Н. – Мн. БГТУ, 2005.

10. Экология городской среды : Учебное пособие / под общей редакцией К. Ф. Саевича. — Минск : Высшэйшая школа, 2015. – 368 с.

Интернет-ресурсы:

11 <http://www.minpriroda.by> – сайт Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

12 <http://ecoinfoby.net> – сайт Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь (НСМОС).

13 <http://www.aarhusbel.com> – сайт Орхусского центра Республики Беларусь.

14 www.climate-by.com – сайт Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь для информационного

сопровождения деятельности Республики Беларусь по РКИК и Киотскому протоколу.

15 <http://www.soz.minpriroda.by> – сайт Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь по реализации Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях в Республике Беларусь.

16 <http://rad.org.by> – сайт ГУ "Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды".

4.2. Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности

Для промежуточного контроля по учебной дисциплине «Основы эколого-энергетической устойчивости» и диагностики БПК студентов используются следующие диагностические формы:

1. доклады на занятиях;
2. визуальные лабораторные работы;
3. письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой;
4. тесты;
5. оценка на основе модульно-рейтинговой системы.

В качестве формы текущей аттестации по учебной дисциплине «Основы эколого-энергетической устойчивости» предусмотрен письменный зачет.