

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Экология»

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

Учебное пособие

для студентов технических специальностей БНТУ

Учебное электронное издание

М и н с к 2 0 1 2

УДК 502/504(075.32)

А в т о р ы :

В.А. Левданская, Г.В. Бельская

Р е ц е н з е н т ы :

О.И. Родькин, проректор по учебной работе МГЭУ им. А.Д. Сахарова, кандидат биологических наук, доцент;

З.Е. Егорова, доцент кафедры физико-химических методов сертификации БГТУ, кандидат технических наук, доцент.

В учебном пособии изложены вопросы функционирования природных экосистем и биосферы, ресурсных материальных циклах и распределении энергии, развитии, эксплуатации и ограниченности природных ресурсов, антропогенном воздействии на окружающую среду, методах управления природными ресурсами, основных направлениях по снижению антропогенного воздействия на биосферу. Обоснована необходимость формирования экологического императива, а также применения административно-правовых методов управления качеством окружающей среды.

Целью данного пособия является экологическая подготовка специалистов нового поколения, способных организовывать конкурентоспособное, ресурсо- и энергосберегающее, социально-ориентированное промышленное производство в рамках устойчивого развития.

Белорусский национальный технический университет
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.(017)292-77-52
Регистрационный № БНТУ/ФГДЭ89-57.2012

© Левданская В.А., Бельская Г.В., 2012

© БНТУ, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ЭТАПЫ ИСТОРИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИИ КАК НАУКИ	5
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И СТРУКТУРА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	7
3. БИОСФЕРА	9
4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ	13
5. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ	14
6. АТМОСФЕРА	17
7. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА	18
8. ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ	20
9. ГИДРОСФЕРА	29
10. ЛИТОСФЕРА	35
11. БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ	39
12. КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ	43
13. ИЗМЕРЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ	46
14. УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ	47
15. ПРИРОДООХРАННОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	49
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	51

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие промышленного производства, расширение парка автомобилей, строительство и эксплуатация все большего числа объектов теплоэнергетики сопровождается увеличением выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, ростом потребления энергии и материальных природных ресурсов. Одним из тревожных сигналов неблагоприятной экологической обстановки является снижение продолжительности жизни населения планеты. В Республике Беларусь она сегодня составляет для мужчин 62 года, в Российской Федерации – 63 года, в США – 75 лет. Помимо этого результатом загрязнения окружающей среды являются глобальное изменение климата, появление и функционирование озоновых дыр, деградация почв, ухудшение качества пресной воды и продуктов питания, уменьшение площадей лесных экосистем, снижение биологического разнообразия.

В связи с этим сегодня не достаточно ограничиваться только качественной и количественной характеристикой разных видов загрязнений окружающей среды. В настоящее время настоятельно ставится вопрос о мерах по снижению и возможному предотвращению дальнейшего загрязнения среды обитания человека и других живых организмов. Решение этого вопроса, наряду с экологизацией всех сфер хозяйственной деятельности человека, требует подготовки специалистов высшего и среднего звена управления со знанием основ экологической науки и базирующихся на ней отраслевой экологии, экологического права, экологического менеджмента, что позволит им на практике применять профессиональные знания.

Студентам средних специальных и высших учебных технических заведений курс «Основы экологии» преподается в соответствии с образовательным стандартом, предусматривающим изучение основных вышеупомянутых вопросов.

1. ЭТАПЫ ИСТОРИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИИ КАК НАУКИ

В развитии экологической науки выделяют несколько этапов.

Первый этап характеризуется накоплением и систематизацией фактического материала. Начало этапа связывают с появлением человеческого общества, когда для выживания человеку необходимо было наблюдение за изменением природной среды. Древний человек изучал поведение животных с целью успешной охоты, заготавливал растения в качестве пищевых ресурсов и лекарственного сырья, выбирал место для размещения жилища.

С конца 15 века (период эпохи Возрождения) начались научные попытки систематизировать живую природу. Первые ученые Дж. Рей, К. Линней подробно описали представителей растительного и животного мира. В начале 19 века ряд ученых (А. Гумбольдт, К. Рулье) разработали систему экологического исследования животного мира.

Завершает первый этап развития экологии появление трудов Ч. Дарвина, показавших, что взаимоотношение живых организмов со средой обитания является основным фактором эволюции и естественного отбора.

Второй этап развития экологии как науки охватывает середину 19 и первую половину 20 столетия. В 1866 году немецкий ученый Э. Геккель предложил термин «экология», происходящий от двух греческих слов *oikos* – жилище, дом, местообитание, *logos* –учение. Таким образом, наука экология – это наука о доме, жилище, местообитании. В современном понимании экология – это наука о взаимоотношении живых организмов, в том числе и человека, с окружающей средой (средой обитания) и друг другом, а также о функционировании надорганизменных систем. Затем вплоть до 70-х годов 20 века происходило становление экологии как самостоятельной науки и ее обособление в отдельную научную отрасль.

Третий этап в развитии экологии как междисциплинарной науки охватывает период с 70-х годов 20 столетия до настоящего времени. В последние десятилетия, когда угроза глобального экологического кризиса поставила вопрос о выживаемости человека, произошло быстрое развитие экологии прикладного характера – промышленной, медицинской, сельскохозяйственной. Сегодня экологические знания включают в себя знания дисциплин, смежных с биологией, наукой о Земле, физикой, химией, рядом инженерных наук, предъявляет новые требования к информатике и вычислительной технике, гео - информационным системам, находят свое практическое применение в экономике, политике, социологии, этике. Процесс проникновения идей экологии в другие области знаний и деятельность человека получил название экологизации.

Современная экология имеет следующую *структуру*, включающую несколько направлений:

- классическая экология (биоэкология) – изучает взаимодействие живых организмов и их систем с окружающей средой;
- глобальная экология – рассматривает единство и целостность биосферы как глобальной экологической системы;
- геоэкология – изучает геосистемы разного уровня организации и их изменения в результате антропогенного воздействия (экология океана, моря, суши);
- экология человека – изучает природную сущность человека, среду его обитания, экологические факторы здоровья;
- социальная экология – изучает взаимозависимости в системе “общество – окружающая среда”;
- прикладная экология – это радиационная, промышленная, сельскохозяйственная, медицинская, экономическая экология;
- экологический мониторинг.

Классическая экология изучает биологические системы на различных уровнях:

- отдельных особей (организмов);
- видов (групп особей, способных скрещиваться друг с другом и давать потомство);
- популяций (особей одного вида, обитающих на определенной территории);
- сообществ (популяций разных видов растений, животных и микроорганизмов, взаимодействующих между собой в пределах общей территории).

В связи с этим различают:

- аутэкологию – экологию особей;
- эйдэкологию – экологию видов;
- демэкологию – экологию популяций;
- синэкологию – экологию сообществ.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И СТРУКТУРА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Понятие “экология” включает в себя понятие “окружающей среды”, но эти понятия не тождественны. Окружающая среда – это все то, что окружает и влияет (прямо и косвенно) на состояние и функционирование организма и групп организмов. К окружающей среде относят водную, наземно-воздушную среды, почву, живые организмы, а также техногенную среду, т.е. созданную человеком. В процессе приспособления к окружающей среде организмы, взаимодействуя с ней, отдают и принимают различные вещества, энергию, информацию. Одни элементы необходимы организму, другие ему практически не нужны, а третьи могут оказывать вредное воздействие.

Основным объектом (предметом) изучения науки экологии является биогеоценоз или экологическая система (экосистема). Этот термин введен в науку в 1935 году английским экологом А. Тенсли. Экосистема – это совокупность растений (фитоценоз), животных (зооценоз) и микроорганизмов (микробиоценоз), обитающих на определенной территории (эдафотопе) с однотипными климатическими условиями (климатопом), которые взаимосвязаны и взаимодействуют между собой, имеют определенный тип обмена веществ и энергии и находятся в постоянном развитии и движении (рис.1). Различие в понятиях экосистема и биогеоценоз заключается в том, что экосистема может не содержать растительных сообществ (например, сухостойное дерево в лесу, заселенное жуками-короедами), а биогеоценоз (лес, озеро) невозможен без фитоценоза.

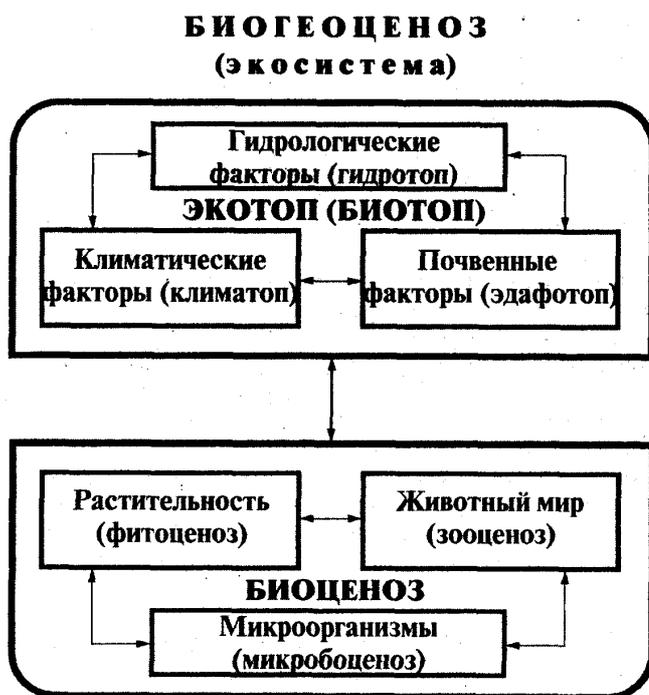


Рис.1 Схема биогеоценоза (экосистемы), по В.Н. Сукачеву

Совокупность всех живых организмов планеты (фитоценоз, зооценоз, микробиоценоз) В.И.Вернадский назвал *живым веществом* планеты или *биотой*, т.е. живой оболочкой Земли или биоценозом. Место обитания биоты называется биотопом или геоценозом. Таким образом, любая экосистема, согласно блоковой модели В.Н.Сукачева (1942), состоит из двух блоков: экосистема = биоценоз + биотоп. Каждая экосистема выполняет следующие функции: производит биологическую продукцию (синтезирует органические вещества), осуществляет круговорот веществ, противостоит внешним воздействиям (устойчивость).

Различают экосистемы следующих размеров:

- 1) небольших размеров или микроэкосистемы – это ствол гниющего дерева, небольшой водоем, аквариум;
- 2) средних размеров или мезоэкосистемы – это лес, река, пруд;
- 3) крупных размеров или макроэкосистемы - это океан, море, тайга, пустыня;
- 4) глобальных размеров - это биосфера нашей планеты.

3. БИОСФЕРА

Термин биосфера (bios – жизнь, sphere – шар) введен в употребление в 1975 году австрийским ученым-геологом Э.Зюссом. К биосфере он отнес то пространство атмосферы, гидросферы и литосферы Земли, где обитают живые организмы. В 1926 году великий русский ученый Владимир Иванович Вернадский опубликовал учение о биосфере, в котором конкретизировал и очертил границы обитания живого вещества в биосфере и показал первостепенную преобразующую роль живых организмов в образовании, развитии и разрушении геологических оболочек Земли – воздушной, водной, твердой. Биосферой В.И.Вернадский назвал живую оболочку Земли и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами.

Границы биосферы. Верхняя граница биосферы простирается на высоту 20-25км в атмосфере до озонового слоя. За пределами озонового экрана существование каких-либо форм живого вещества невозможно, т.к. ультрафиолетовые лучи Солнца являются губительными для него. Нижняя граница биосферы находится в литосфере не глубже 5км, где температура превышает 100°С. Третьей сферой обитания живых организмов является гидросфера, в которой вся толща океанической воды, включая самую глубокую Марианскую впадину (11022 м), заселена живыми организмами.

Состав биосферы включает также продукты жизнедеятельности живого вещества:

- биогенные вещества - это органоминеральные соединения, которые создаются и перерабатываются живыми организмами в процессе их функционирования и после отмирания (газы атмосферы, горючие ископаемые, известняки);
- биокосные вещества, образующиеся в результате совместной деятельности организмов и абиогенных факторов (почва, кора выветривания, илы).
- косные вещества – это вещества, образовавшиеся без участия живых организмов (вода, продукты тектонической деятельности, минералы, метеориты).

Живое вещество, являясь основой биосферы (ее биомассой), составляет лишь 0,25% массы всего вещества биосферы. Однако благодаря обмену веществ оно играет ведущую роль в биогеохимических процессах. Деятельностью живых организмов обусловлен относительно постоянный состав атмосферного воздуха, воды, а также образование гумуса почвенного слоя. Живое вещество обладает следующими уникальными особенностями:

- концентрацией в нем больших запасов энергии. В.И. Вернадский писал, что по энергетической насыщенности с живым веществом может соперничать только вулканическая лава и что только эта особенность живого вещества обуславливает все другие его особенности и свойства;

- чрезвычайно высокой скоростью протекания биохимических реакций, которая в сотни, тысячи раз больше, чем в неживом веществе;
- способностью быстро занимать все свободное пространство. В.И.Вернадский назвал это всеюдною жизни, что достигается как интенсивным размножением, так и способностью организмов интенсивно увеличивать поверхность своего тела в процессе роста;
- высокой скоростью обновления живого вещества, составляющей для биосферы 8 лет;
- активным и пассивным движением (направленным движением или размножением);
- устойчивостью при жизни и быстрым разложением после гибели;
- высокой приспособительной способностью (адаптацией) к различным условиям существования.

Согласно классификации А.В. Лаппо (1987), различают следующие *функции живого вещества*:

1. Энергетическая – связана с запасанием энергии в процессе фотосинтеза и ее передачей по пищевым цепям и рассеиванием тепла в пространстве.
2. Газовая – заключена в формировании и поддержании определенного газового состава всех сред обитания, в т.ч. атмосферы.
3. Окислительно-восстановительная – выражается в химических превращениях веществ, протекающих в процессе жизнедеятельности организмов. В результате образуются соли, оксиды, новые вещества.
4. Концентрационная – состоит в способности организмов концентрировать и запасать в своем теле рассеянные химические элементы. В местах массовой гибели животных и растений формируются отложения полезных ископаемых.
5. Деструктивная – заключается в разрушении организмами (в основном микроорганизмами, бактериями и грибами) остатков органического вещества.
6. Транспортная – состоит в переносе вещества и энергии в результате активной формы движения организмов (часто такой перенос, связанный с миграцией и кочеванием животных, осуществляется на весьма значительные расстояния).
7. Средообразующая – является интегрированной функцией всех других функций и связана с формированием и поддержанием физико-химических параметров всех геосфер окружающей среды.
8. Биогеохимическая деятельность человека – связана с разработкой, добычей и использованием (в т.ч. сжиганием) полезных ископаемых. Одновременно происходит антропогенное поступление в биосферу чужеродных веществ в количествах, превышающих ее приспособительные свойства.

Функции биосферы. Биосфера, являясь экосистемой глобального уровня, выполняет следующие функции:

1. Создание органического вещества. *Синтез органических веществ* происходит за счет организмов-автотрофов, к которым относятся все зеленые растения (содержат пигмент хлорофилл). В процессе фотосинтеза из простых минеральных веществ CO_2 и H_2O на солнечном свете образуются органические вещества (глюкоза, крахмал, клетчатка), богатые энергией. Иными словами, растения выполняют функцию продуцентов. Затем из углеводов вместе с получаемыми из почвы минеральными элементами питания образуются белки, ДНК, липиды, т.е. образуется органическое вещество планеты. Уникальность этого процесса состоит в способности растений преобразовывать солнечную энергию в энергию химических связей продуктов фотосинтеза.
2. Процесс создания органического вещества в биосфере протекает одновременно с процессом его потребления гетеротрофными организмами и процессом разложения отмерших остатков микроорганизмами на исходные CO_2 и H_2O . Такой *процесс круговорота веществ*, протекающий при участии всех населяющих биосферу организмов, называют малым или биологическим. Суть круговорота заключается во взаимодействии синтеза и распада органического вещества. Схема представлена на рис.2

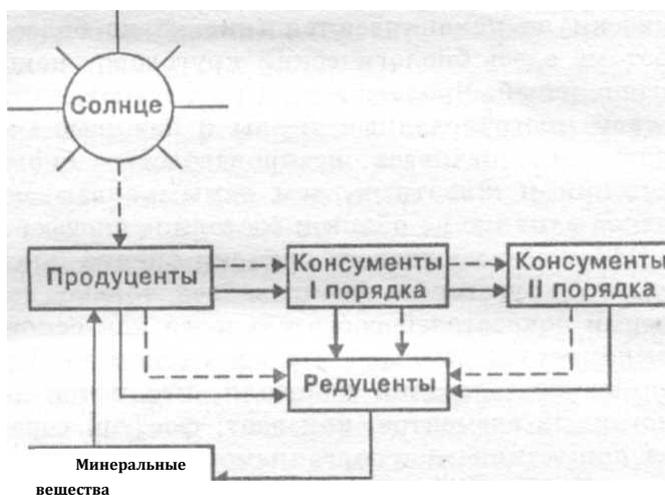


Рис. 2 Схема переноса веществ (сплошная линия) и энергии (пунктирная линия) в природных экосистемах

Органические вещества, созданные продуцентами, становятся пищевыми ресурсами травоядных (растительноядных) животных, которые обозначены как консументы I порядка. Они, в свою очередь, становятся источниками пищи для плотоядных (хищных) организмов, или консументов II порядка.

После отмирания в почве происходит разложение останков микроорганизмами, названными редуцентами, или деструкторами, до минеральных веществ и гумуса.

Перенос вещества и заключенной в нем энергии от продуцентов к консументам называется пищевой цепью. Распределение энергии по пищевым цепям подчиняется закону Линдемана о 10%, который гласит, что от первого трофического уровня (от продуцентов) ко второму трофическому уровню (к консументам I порядка) переходит 10% энергии, 90% энергии теряется в виде теплового излучения. Соответственно от второго трофического уровня (от консументов I порядка) к третьему трофическому уровню (к консументам II порядка) переходит 1% энергии, остальная энергия рассеивается в виде тепла, на движение, размножение.

3. Способность экосистемы и составляющих ее компонентов противостоять внешним факторам, сохраняя свою структуру и функциональные особенности, называют *устойчивостью*.

Для биосферы (глобальной экосистемы) также характерна устойчивость, которая подчиняется закону Ле-Шателье: при воздействии внешних факторов в ее биоте возникают процессы, компенсирующие это воздействие, что возможно в случае потребления не более 1% продукции биосферы.

4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Окружающая среда включает в себя природную среду (наземно-воздушную, водную, почву, живые организмы), а также техногенную среду (созданную человеком).

Элементы окружающей среды, воздействующие на живой организм, называются экологическими факторами. Существует следующая классификация экологических факторов:

- абиотические – это условия неживой природы, влияющие на живые организмы (температура, свет, атмосферное давление, влажность, свойства атмосферы и воды, особенности почвы и рельефа);
- биотические – совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на другие (конкуренция, хищничество, паразитизм, антибиоз, симбиоз);
- антропогенные - совокупность влияний деятельности человека на окружающую среду и живые организмы (изменение теплового и энергетического баланса Земли, нарушение природных материальных ресурсных циклов путем загрязнения и чрезмерного потребления природных ресурсов, разрушение природных ландшафтов и мест обитания диких видов растений и животных, снижение биологического разнообразия).

5. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Природные ресурсы - это компоненты окружающей среды, которые могут быть использованы человеком для удовлетворения своих потребностей при имеющемся уровне развития производительных сил. Природные ресурсы составляют энергетическую и сырьевую базу человека.

Ресурсы, с помощью которых человек воздействует на природу или которые приспособляет для собственного потребления, называются средствами труда (например, земля как базис). К средствам труда относят также такие свойства природы, как сила ветра, падающей воды, приливов и отливов.

Предметы труда - природные материалы, которые в процессе производства подвергаются обработке, изменяют свою форму и идут на непосредственное использование (минеральные ресурсы, леса, дары моря и т. п.).

Критерием включения тех или иных элементов в состав ресурсов является техническая возможность и экономическая целесообразность их использования, а также уровень изученности. На сегодняшний день человек в качестве природных ресурсов использует практически все компоненты окружающего мира - воздуха, воды, почв, растительного и животного мира, а также недр земли.

Существует несколько классификаций природных ресурсов. Например, по принадлежности к тем или иным компонентам природы выделяют следующие основные группы *естественных ресурсов*: ископаемые (геологические и минеральные), атомные, климатические, водные, космические, почвенные, растительные, фаунистические.

Экологическая классификация характеризует природные ресурсы по их исчерпаемости и возможности восстанавливаться (рис.3).

Есть ресурсы, которые при имеющихся на сегодня силах и возможностях человека, уничтожить нельзя и которые поэтому получили название неисчерпаемых. К таким ресурсам относятся все воды нашей планеты Земля, или, как их называют, воды мирового океана. Действительно, поверхность нашей планеты более чем на 2/3 покрыта водой, запасы которой не только колоссальны, но и постоянно возобновляются за счет круговорота веществ. К неисчерпаемым ресурсам мы также относим такие энергетические ресурсы, как энергия солнца, ветра, воды, которые расходовать или уничтожить в настоящее время при имеющихся производственных возможностях и уровне потребления невозможно.

Есть ресурсы, количество которых при имеющемся уровне потребления уменьшается, и они могут исчезнуть совсем. Часть из них лишь однажды нам была дана природой и заново не образуется. К таким ресурсам относят полезные ископаемые. Но есть такие ресурсы, как

растительный и животный мир, а также частично почвы, которые, благодаря способности живых организмов размножаться, способны восстанавливаться при рациональном обращении с ними. Такие ресурсы получили название возобновимые.



Рис. 3 Экологическая классификация природных ресурсов

Экономическая классификация

Данная классификация подразделяет ресурсы по способу их экономического использования (рис.4).

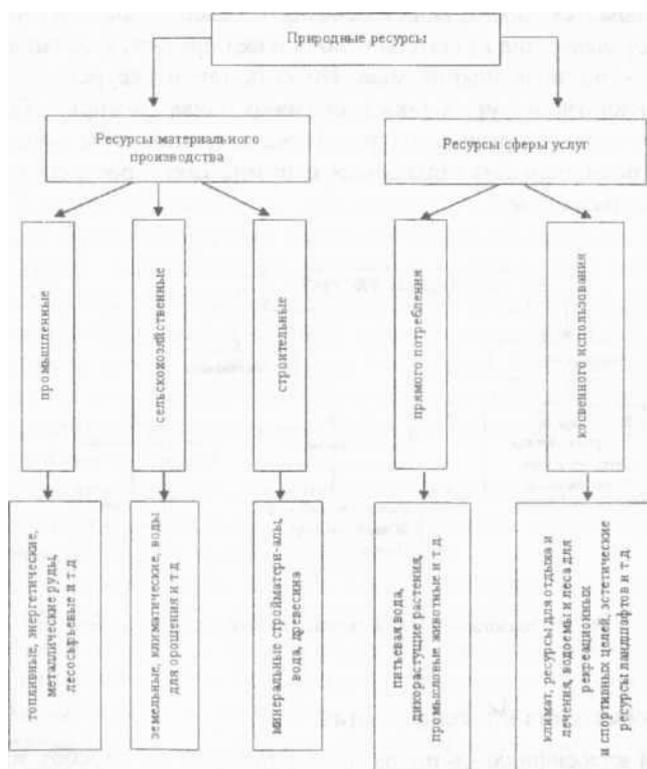


Рис. 4 Экономическая классификация природных ресурсов

На рисунке отражена группа ресурсов, которые в большом объеме используются в качестве сырья для производственных целей. Такие ресурсы получили название *ресурсы материального производства*. Кроме того, есть *ресурсы сферы услуг*, которые непосредственно потребляются человеком для удовлетворения своих индивидуальных

потребностей. Но использовать эти ресурсы можно как непосредственно их потребляя, изымая их из окружающей среды (ресурсы прямого потребления), так и пользоваться ими, удовлетворять свои потребности, не расходуя эти ресурсы и не ухудшая их качества (ресурсы косвенного потребления).

Важным дополнительным признаком экономической классификации является возможность одноцелевого или многоцелевого использования ресурсов. К ресурсам одноцелевого использования относятся: минерально-сырьевые и топливно-энергетические ресурсы, предназначенные для получения конкретных видов сырья, топлива, энергии, например, уголь. Различают также ресурсы многоцелевые, такие как земельные, лесные, водные, которые имеют разнообразные способы применения.

В современных условиях практический интерес представляет рыночная классификация природных ресурсов: 1) ресурсы стратегического значения, торговля которыми должна быть строго ограничена, поскольку может привести к подрыву безопасности государства (например, урановые руды и другие радиоактивные материалы); 2) ресурсы экспортного значения, обеспечивающие основной приток валютных поступлений (нефть, природный газ, золото, в Беларуси калийные соли); 3) ресурсы внутреннего рынка, имеющие, как правило, повсеместное распространение (минеральное, строительное и лесотехническое сырье).

6. АТМОСФЕРА

Внешней геологической газовой оболочкой Земли является атмосфера. Она простирается на высоту 1,5-2 тысячи километров, что составляет 1/3 радиуса планеты. Атмосфера является важнейшим фактором метеорологического режима, средой для протекания физико-химических и биологических процессов биосферы, т.е. выполняет следующие функции:

- перемещение воздушных масс (ветер) влияет на температуру и влажность воздуха, т.е. определяет климат и погоду;
- обеспечивает влагой растения, животных, почву и подпитывает источники пресной воды на планете за счет осадков в виде дождя, снега или града;
- кислород атмосферы обеспечивает дыхание абсолютного большинства животных и человека;
- углекислый газ используется зелеными растениями в процессе фотосинтеза;
- предохраняет Землю от резких перепадов температур, воздействия космического излучения и ультрафиолета.

Состав атмосферы. Важным свойством атмосферы является ее способность к быстрому перемешиванию и перемещению на большие расстояния, а также связь с другими сферами – особенно с Мировым океаном, что определяет высокую степень ее самоочищения.

Основные компоненты воздуха – азот, составляющий около 78% , и кислород - 20,9%. Остальную долю чистого воздуха составляют аргон (около 0,9%), по 0,002% таких инертных газов как неон, гелий, криптон, водород, ксенон. В атмосфере содержится также небольшое количество метана и озона, 0,03% углекислого газа и водяные пары, количество которых во многом определяется антропогенным воздействием на атмосферу.

Строение атмосферы. Различают следующие основные слои атмосферы:

нижний, прилегающий к земной поверхности, носит название тропосферы и имеет высоту над полюсами 7-10 км и 16-18 км над экватором. Важнейшей характеристикой этого слоя атмосферы, который иначе называют приземной атмосферой, является содержание 80% всей массы воздуха, атмосферных примесей и практически всего водяного пара. Именно это делает возможным образование в тропосфере облаков, гроз, дождей, т.е. протекание физических процессов, формирующих климат и погоду на планете. Вследствие перемешивания воздуха как по горизонтали, так и по вертикали, температура в тропосфере понижается на 6°C с каждым километром высоты.

Тропосферу от следующего слоя атмосферы стратосферы отделяет воздушный слой протяженностью несколько сотен метров – тропопауза, где температура с высотой перестает понижаться.

Стратосфера простирается до высоты 50-60 км и характеризуется сильным разрежением воздуха, т.к. количество кислорода и азота уменьшается, а водорода, гелия и других легких газов - увеличивается. Масса воздуха составляет 19%. Для стратосферы характерны слабые воздушные потоки (чем и опасно загрязнение этого слоя атмосферы), малое количество облаков, постоянная температура -56°C до высоты приблизительно 25 км. Выше она начинает повышаться и на уровне стратопавзы (46-54 км) достигает 0°C . Важным моментом в строении стратосферы является наличие озонового экрана (20-25 км), который поглощает ультрафиолетовые солнечные лучи, губительные для живых организмов.

Выше стратопавзы до высоты 80-85 км простирается следующий слой атмосферы – мезосфера, в котором нарастает разрежение воздуха. Между высотой 80-800 км расположена термо- или ионосфера, в составе которой преобладают разрушенные космическим излучением атомы газов – ионы. Именно они определяют отражение и прохождение радиоволн дальней космической связи и снижают интенсивность идущей к Земле космической радиации. Масса атмосферного воздуха в этом слое составляет 0,9%. На высоте свыше 150 км температура атмосферы превышает 1500°C .

Самый верхний, сильно разреженный слой атмосферы называется экзосфера. В ней температура свыше 2000°C , а газы находятся в атомарном состоянии. Экзосфера переходит в межпланетное пространство, газовая оболочка Земли - в межзвездный газ, состоящий на 76% из водорода и 23% - из гелия.

До высоты примерно 400-600 км сохраняется преимущественно кислородно-азотный состав атмосферы. Свыше 600 км начинается так называемый гелиевый пояс атмосферы или, как его назвал В.И.Вернадский, «гелиевая корона Земли», имеющая протяженность до 1,6 тыс. км

7. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Под загрязнением атмосферы понимают изменение ее состава в результате поступления антропогенных веществ и элементов или превышение их естественного уровня. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в Республике Беларусь являются (в порядке убывания объемов выбросов): автотранспорт, объекты теплоэнергетики, промышленные предприятия. Среди промышленных предприятий наиболее интенсивно загрязняют атмосферный воздух Мозырский и Новополоцкий нефтеперерабатывающие заводы, Лукомльская ГЭС. В качестве загрязняющих веществ в воздушном бассейне определяют оксиды азота, техническую пыль, угарный газ, формальдегид, аммиак.

Относительно чистым можно считать воздух, в котором концентрация чужеродных примесей не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК). ПДК – концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов, или не более 41

часа в неделю, на протяжении всего рабочего стажа, не вызывает заболеваний (или осложнений в состоянии здоровья) у работающего и последующих поколений.

ПДК м.р. – (максимальная рефлекторная величина) – концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании в течение 20 мин. рефлекторных реакций в организме человека.

ПДК с.с. – (среднесуточная) - концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не оказывает на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании.

Комплексную оценку степени загрязнения атмосферы проводят по интегральному показателю - индексу загрязнения атмосферы ИЗА, который учитывает аддитивный (суммирующий) эффект от воздействия нескольких загрязнителей. Согласно ИЗА, в последние годы высокая степень загрязнения отмечается в городах Гомеле, Речице.

Загрязнители атмосферного воздуха могут быть *природными* (минерального или биологического происхождения, лесные пожары, вулканические извержения) и *техногенными*.

Искусственные или техногенные загрязнения классифицируются на 2 группы:

1. Материальные – газообразные, жидкие и твердые химические соединения и элементы; а также запыление атмосферы (твердыми частицами из почвы).
2. Энергетические – теплота, шум, вибрация, ультразвук, свет, ионизирующее излучение, электромагнитное поле.

Теплоэлектростанция средней мощности потребляет ежемесячно свыше 50 тыс. тонн угля и ежедневно выбрасывает в атмосферу 33 тонны серного ангидрида, из которого при определенных метеорологических условиях может образоваться 50 тонн серной кислоты. Кроме того, за один день ТЭС производит 230 тонн золы.

Цементные заводы являются мощными источниками вредной пыли. Запыленность верхних слоев атмосферы наносит урон ионосфере, которая используется человеком для дальней космической радиосвязи, снижает поступление солнечного света, что вызывает развитие рахита у детей младшего возраста.

Авиация представляет серьезную опасность, которая заключается в потреблении огромного количества атмосферного кислорода для сжигания авиационного топлива. Для перелета через Атлантику для одного воздушного судна требуется 120 тыс. м³ воздуха – столько его необходимо для дыхания 30 человек в течение года. Сверхзвуковые самолеты совершают полеты на высоте свыше 20 км, а это значит, что выброшенные отработанные газы с большим количеством оксидов азота разрушают озоновый слой. Страдает озоновый экран и при запуске космических кораблей. Так, запуск “Шаттла” разрушает 10 млн. т озона и в ио-

носфере образует дыру диаметром 1,8 тыс. км, которая затягивается в течение нескольких часов.

Шум относится к числу вредных для здоровья человека загрязнений атмосферы. Интенсивность шума измеряется в дециБеллах (дБ). Шум в 25 дБ воспринимается как помеха (шум листвы и шелест морского прибора – 20 дБ). Норма по шуму составляет от 60 до 90 дБ (телевизор, работающий с умеренной громкостью – 70 дБ). Шум, превышающий 90 дБ, приводит к повышенной утомляемости, повышению кровяного давления, бессоннице, нарушению функций желез внутренней секреции (щитовидной, слюнных, желудочных), а также коры надпочечников. Верхний предел переносимости шума человеком равен 140 дБ, что соответствует взлету реактивного самолета. При такой интенсивности шума возникают вибрации грудной клетки, спазмы мышц рук и ног, страдает слуховой аппарат и центральная нервная система.

Норма уровня шума на улицах городов Республики Беларусь равна 55 дБ, однако в г. Минске уровень шума превышает 80 дБ, в других городах он варьирует от 64 до 77 дБ.

8. ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

В результате техногенной деятельности человека в атмосферу попадает огромное количество различных веществ и соединений. Одни из них становятся загрязнителями в силу того, что не являются обязательными компонентами атмосферы (окислы серы и азота, сероводород, хлор, углеводороды), другие – по причине увеличения концентрации собственных атмосферных веществ (диоксид углерода, метан), вызывая изменения (таблица 1).

Таблица 1. Основные антропогенные загрязнители и обуславливаемые ими изменения в атмосфере (Вронский В.А., 1996)

Загрязнители	Изменения в атмосфере (+ усиление; – ослабление)					
	Парниковый эффект	Разрушение озона	Кислотные дожди	Фотохимический смог	Прозрачность	Самоочищение
Моноксид углерода CO						–
Диоксид углерода CO ₂	+					
Диоксид серы SO ₂			+		–	
Метан CH ₄	+	+				

Продолжение таблицы 1.

Оксиды азота NO ₂ NO ₃ N ₂ O ₅	+	+	+	+	-	-
Фреоны ХФУ	+	+				
Озон O ₃	+			+	+	+

Перечисленные выше загрязнители атмосферы приводят к изменению климата на планете, разрушению озонового экрана, выпадению кислотных осадков.

Парниковый эффект и глобальное потепление климата. Температурный баланс планеты поддерживается следующим образом: инфракрасные тепловые лучи Солнца поступают на поверхность Земли и нагревают ее. Определенная доля тепла уходит обратно в космическое пространство, но часть тепла задерживают парниковые газы атмосферы, обуславливая повышение температуры воздуха. Без этого естественного парникового эффекта температура на Земле была бы на 33 °С ниже среднегодовой и составила -18 °С, в то время как сегодня она равна 14-15 °С. Основными парниковыми газами являются двуокись углерода – ее вклад в парниковый эффект составляет от 50 до 65%, метан (20%), оксиды азота (5%), озон и водяные пары. За 20 столетие средняя температура на планете повысилась на 0,3 – 0,6 °С, а самые теплые годы приходятся на 80-ые годы XX века. Причиной такого потепления является увеличение концентрации CO₂ на 25%, прирост которой сейчас идет со скоростью 0,3 – 0,5% в год. Сходными темпами увеличивается содержание других парниковых газов: метан - на 1% в год, окислов азота – на 0,2%. Основным источником CO₂ является сжигание органического топлива, которого ежегодно на планете сжигается более 2 млрд. т, что сопровождается выбросом 8 млн. т углекислого газа и 700 млн. т других веществ. С другой стороны, на планете со скоростью 44 га в минуту уничтожаются леса, которые являются естественными утилизаторами CO₂. До 50 % выбрасываемого CO₂ способен поглотить Мировой океан, но высокая загрязненность и слабая перемешиваемость глубинных вод снижает интенсивность этого процесса. Таким образом, одной из причин повышения средней температуры на планете, т.е. усиление парникового эффекта, является техногенное загрязнение атмосферы.

Прогнозируется дальнейшее увеличение содержания парниковых газов в атмосфере, что обусловит повышение среднегодовой температуры на 1 – 3,5 °С. Последующее за этим потеплением таяние вечных снегов и ледников на полюсах вызовет подъем уровня океана на 60 – 80 метров. Глобальное потепление климата и повышение уровня океана рассматривается как экологическая угроза планетарного масштаба, что вызовет:

- затопление около 5 млн. км² суши, где проживает приблизительно 1 млрд. человек и производится около трети урожая с.-х. культур. Под водой могут оказаться такие страны как Бангладеш, часть Египта, Голландии, Мальдивские острова в Индийском океане, Маршалловы острова, Индонезийские, многие острова Карибского моря;

- возможные географические и климатические изменения, т.к. изменит свое течение Гольфстрим, несущий тепло северу и северо-востоку Европы. В результате влажные области будут еще в большей степени насыщены влагой, увеличится частота и интенсивность тропических штормов. В высоких широтах зимы будут более короткими, влажными и теплыми, а лето более длительным, жарким и засушливым. При этом климатические зоны сдвинутся на несколько сотен километров в сторону полюсов, что приведет к гибели флоры и фауны, поскольку приспособиться к таким изменениям сразу невозможно;

- увеличение среднегодовой температуры приведет к снижению интенсивности земледелия, т.к. повышение температуры на 1°С снижает урожайность на 10%. Производство продуктов продовольствия вблизи экватора и тропиков быстро упадет, а ближе к полюсам урожай не сможет вызревать из-за длительного вегетационного периода у растений. Кроме того, с повышением температуры появятся новые виды насекомых-вредителей, сорных растений и болезней с.-х. культур;

- из-за высокой температуры в атмосфере будет возрастать количество водяных паров, которые обрушатся на землю в виде проливных дождей и не только в тропиках. Воздушные массы, сталкиваясь между собой, приведут к образованию торнадо, ураганных ветров, вихрей, частота и мощь которых усилятся;

- вследствие поднятия уровня Мирового океана произойдет засоление источников грунтовых вод.

Анализ стихийных бедствий в Европе и на юге России, начавшихся в 2002 году, показывает, что ливневые дожди, приведшие к потопам в умеренной полосе северного полушария – события небывалые. Причина заключается в том, что температура повысилась на Земле неравномерно: ближе к полюсам она возросла больше, чем на 1 °С, на экваторе – осталась практически прежней. Из-за уменьшения разницы температур между высокими и низкими широтами ухудшилось перемешивание воздуха в верхних слоях атмосферы, т.е. ветры с Атлантики стали слабее. И если раньше сильные ветры проносили облака вглубь Европы, рассеивая их энергию постепенно и на большой территории вплоть до Сибири, то теперь облака выливаются над Европой. В итоге летом в густонаселенной Европе, где климат морской, влажный с мягкой зимой и нежарким летом, стоит душающая жара, а зимой – сильные морозы с редкими оттепелями. Над западной, южной и центральной частями Европы стали возникать ураганы, где ранее они были явлением исключительным.

Прогноз и характеристика погодных условий XXI века: ливневые дожди в Латинской Америке, Вьетнаме; невиданные снегопады в Америке и Скандинавии; засуха и лесные пожары в Европе, Сибири, Мексике, Австралии; ураганы в Европе и Индии; торнадо и цунами.

Проблема озонового экрана. Антропогенное загрязнение атмосферы приводит, с одной стороны, к разрушению озона в верхних слоях (озоновые дыры), с другой стороны - к увеличению его концентрации в нижних слоях атмосферы, где озон является загрязнителем 2-го класса опасности.

Важнейшей составной частью атмосферы, влияющей на климат и защищающей живые организмы на Земле от коротковолнового ультрафиолетового излучения Солнца, является озоновый слой. Озон располагается в атмосфере повсеместно, но основная его масса сосредоточена на высоте 20 – 25 км, образуя своеобразный защитный озоновый экран планеты. В норме концентрация озона в нем равна 0,01 – 0,06 мг/м³ и если бы его можно было выделить в чистом виде, то толщина слоя составила 3 – 5 мм. Содержание озона выражается либо в сантиметрах (0,3 – 0,5), либо в единицах Допсона (миллиметры, умноженные на 100, т.е. 300 – 500 единиц).

Количество озона в атмосфере определяется балансом реакций его образования и разложения. В среднем в атмосфере Земли ежесекундно образуется и исчезает около 100 т озона. Механизм образования и разрушения озона в верхних слоях атмосферы следующий. В результате реакции диссоциации молекула кислорода под действием УФ-излучения Солнца распадается на 2 атома кислорода. Образовавшиеся радикалы либо соединяются между собой снова в молекулярный кислород, либо взаимодействуют с молекулой кислорода, образуя молекулу озона. Одновременно идет противоположный процесс распада молекул озона и образования O₂.

Важной особенностью озона является его способность поглощать жесткое ультрафиолетовое излучение Солнца в интервале длин волн 200 – 320 нм. До поверхности Земли доходит солнечное излучение с длиной волны более 320 нм, а область спектра с длиной волны 200 – 400 нм называется биологически активным ультрафиолетом (БАУ).

В последние годы наблюдается тенденция снижения количества озона в верхних слоях атмосферы. В средних и высоких широтах северного полушария планеты такое снижение составило в среднем 3%. Ученые-медики установили, что уменьшение концентрации озона на 1% приводит к увеличению заболеваемости раком кожи и меланомой на 5 – 7% (для Европейского континента это 6-6,5 тыс. человек в год). Кроме того, уменьшение содержания озона вызывает заболевание глаз - катаракту, что приводит к слепоте. На молекулярном уровне УФ-лучи способны разрушать нуклеиновые кислоты, т.е. повреждать генетическую

информацию организма. Общебиологическое действие ультрафиолетовой радиации выражается в гибели клеток, мутациях, и, в конечном счете – стерилизации планеты.

Наиболее значительное уменьшение количества озона зарегистрировано над Антарктидой. Здесь его содержание за последние 30 лет снизилось в среднем на 45%. Пространство, в пределах которого регистрируется уменьшение концентрации озона, получило название озоновой дыры. Размер дыры увеличивается ежегодно примерно на 4% и в настоящее время ее площадь превышает площадь США. Меньших размеров озоновая дыра фиксируется и над Арктикой. Все чаще отмечается появление так называемых “блуждающих” дыр площадью от 10 до 100 тыс.км² в других регионах, где потери озона достигают 20– 40% от нормального уровня.

Существенное влияние на состояние озона оказывает наличие в атмосфере таких загрязнителей как оксиды азота, двуокиси углерода, метана, соединений хлора. Источниками веществ-разрушителей озонового слоя являются химическое производство, авиация, применение азотных удобрений в сельском хозяйстве, хлорирование питьевой воды, широкое использование фреонов в холодильных установках и огнетушителях, в качестве растворителей и газов-носителей в аэрозолях, выхлопные газы автотранспорта. Существуют разные варианты объяснений причины появления озоновых дыр, но большинство ученых считают главным виновником хлорфторуглероды ХФУ (фреоны или хладоны). Молекулы этого газа называют “убийцами”. По данным американских ученых фреоны в 20 000 раз превосходят углекислый газ в создании парникового эффекта. Каждый атом хлора, высвобождающийся из фреонов в агрессивной среде озонового слоя, способен разрушить до 100 тысяч молекул озона. Осложняющим моментом является высокая устойчивость фреонов, т.к. попадая в атмосферу, они могут существовать в ней от 70 до 100 лет.

Наиболее интенсивно озон разрушается весной. Ученые объясняют это тем, что низкие температуры и повышенная облачность зимой способствуют высвобождению хлора из фреонов, а весеннее повышение температуры активизирует его действие на озон. Из других причин разрушения озонового экрана планеты называют интенсивное уничтожение лесов, которые являются основным источником молекулярного кислорода в атмосфере.

Второй аспект проблемы озона заключается в увеличении его количества в нижних слоях атмосферы. Здесь озон проявляет себя как сильный яд - окислитель. У людей отмечается затрудненное дыхание, раздражение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей. У растений озон вызывает разрушение хлорофилла, что влечет за собой нарушение процесса фотосинтеза и синтеза биомассы.

По оценкам специалистов количество озона в приземном слое возросло в 2 раза по сравнению с началом индустриальной эпохи и ежегодно увеличивается на 1-1,5%, причиной чего является, в основном, фотохимический смог.

Фотохимический смог. В крупных городах в среднем 70% выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух приходится на автотранспорт. В состав выхлопных газов входят окислы азота, угарный и углекислый газ, двуокись серы, бенз(а)пирен, соединения свинца, углеводороды, металлическая и резиновая пыль. В среднем каждый автомобиль за год выбрасывает в окружающую среду до 200 кг окиси углерода, 60 кг окислов азота, 40 кг углеводородов, 3 кг металлической и резиновой пыли, 2 кг двуокиси серы, около 2 кг бенз(а)пирена. Из перечисленных загрязнителей наиболее опасными для здоровья человека являются окислы азота, угарный газ, свинец и бенз(а)пирен. Последний относится к группе сильных канцерогенов и способен длительное время сохраняться в почве, не теряя своих токсических свойств. Известно, что отдельно взятые загрязняющие вещества, присутствующие в атмосфере, менее опасны, чем их смеси. Химические реакции, протекающие между этими загрязнителями непосредственно в воздухе, приводят к возникновению дымных туманов – смогов. Смог бывает нескольких типов:

- влажный или лондонский в виде ядовитого густого грязно-желтого тумана, представляющий собой смесь из пылевых частиц (зола, сажи) и таких химических соединений как сернистый ангидрид и окись углерода. Такой тип смога обычен для стран с морским климатом, т.е. частыми туманами и высокой влажностью;

- ледяной или аляскинский. Он возникает, как правило, в Арктике и Субарктике, где низкие температуры и малое количество солнечной радиации. Представляет собой такой смог густой туман из смеси кристаллов льда, твердых и газообразных веществ (в основном SO_2).

- лос-анджелесский или фотохимический - типичен для субтропиков и стран умеренного пояса и, поскольку воздух здесь сухой, смог образует не туман, а синеватую дымку. Основными компонентами для его образования являются выхлопные газы автотранспорта и, прежде всего, окислы азота и углеводороды, вступающие между собой в фотохимическую реакцию. Непременным условием протекания этой реакции является температурная инверсия – состояние, возникающее при большом количестве солнечной радиации и безветрии, что чаще всего бывает в летние месяцы. Результатом фотохимической реакции является образование пероксиацетилнитрата (ПАН), озона и формальдегида. ПАН обладает слезоточивым действием, раздражая слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей. Озон, как отмечалось, в нижних слоях атмосферы ведет себя как токсичное вещество по отношению к живым организмам. Формальдегид обладает слабым тератогенным действием.

Меры борьбы с фотохимическим смогом заключаются в уменьшении количества выхлопов от двигателей внутреннего сгорания, более полном сжигании топлива, установке каталитических преобразователей на автомобилях и проведении комплекса мероприятий, стимулирующих окисление углеводородов до углекислого газа и воды.

Кислотные осадки. Одной из экологических проблем, вытекающих из загрязнения атмосферы, является повышение кислотности окружающей среды в результате выпадения кислотных осадков. Кислотные осадки могут выпадать в виде дождя, снега или града. Причиной кислотных дождей является превращение оксидов серы, азота, углерода (кислотных остатков неорганических кислот) в присутствии паров воды в серную, азотную и угольную кислоты соответственно. Основными источниками образования кислотных дождей являются, прежде всего, соединения серы и азота, т.к. ежегодный выброс этих веществ в атмосферу оценивается в 200 млн. т для SO_2 и 150 млн. т для NO_x . Вследствие постоянного присутствия в воздухе CO_2 , нормальным значением pH осадков считается 5,6.

Кислые осадки типичны для Скандинавии, Европы, Канады, северных районов США. В Российской Федерации очаги образования кислых осадков приходятся на крупные промышленные центры - Норильск, Челябинск, Красноярск и др., где значения pH осадков изменяются от 4,8 до 3,3.

Источниками кислотных остатков являются сжигание таких полезных ископаемых, как уголь, нефть, переработка железных и медных руд на предприятиях химической и металлургической промышленности, производство и использование цемента, гипса, минеральных удобрений. Однако, 70-90% загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу в городах и приводящих к образованию кислотных осадков, приходится на автотранспорт.

Отрицательным результатом выпадения кислотных осадков является нарушение равновесия в экосистемах, ухудшение продуктивности с.-х. культур и плодородия почв, коррозия металлических конструкций, разрушение зданий, сооружений, памятников архитектуры. Кислотные осадки растворяют сооружения из мрамора и известняка, приводя к гибели исторические памятники Греции, Рима, Лондона, Санкт-Петербурга. В ближайшие 20 лет существует опасность утраты многих мировых шедевров.

Диоксид серы адсорбируется на листьях и хвое, проникает внутрь и вызывает их некрозы (ожоги), что влечет за собой нарушение процесса фотосинтеза. Самыми чувствительными к изменениям кислотности среды являются хвойные породы: ель, сосна, лиственница, пихта, в меньшей степени – лиственные породы - бук, граб, которые на больших площадях сохнут на Европейском и Североамериканском континентах.

С повышением кислотности почв снижается активность микроорганизмов, перерабатывающих растительную подстилку (гумусовый слой), ухудшается структура почвы, становятся подвижными токсические ионы алюминия, свинца, других тяжелых металлов.

Снижение рН до 6,5-6,0 в водной среде приводит к гибели многих моллюсков, ракообразных, сиговых рыб, форели, лосося, плотвы, окуня, щуки, поскольку у вышеуказанных видов нарушаются репродуктивные функции. При значении рН ниже 4,5 в поверхностных водоемах вымирают микроорганизмы, развиваются анаэробные (бескислородные) процессы с выделением метана и сероводорода, т.е. идет процесс заболачивания.

Охрана атмосферного воздуха. Следует различать локальные (местные), региональные и глобальные загрязнения атмосферы. Анализ распределения загрязнения в воздухе указывает на его крайнюю неравномерность: 86% загрязнения атмосферы происходит над промышленными районами, 12,9% - над городами, 1% - над сельской местностью и 0,1% - над Мировым океаном. Отсюда следует, что последствия загрязнения сказываются, в первую очередь в городах, поскольку основная масса вредных веществ образуется здесь при сжигании твердого или жидкого топлива на ТЭЦ и промышленных предприятиях, химических и биологических производствах, при эксплуатации дизельного и карбюраторного транспорта. Выбросы от этих источников содержат оксид и диоксид углерода, оксиды серы и азота, хлор и фтор, а также особо вредные для здоровья человека ароматические углеводороды (например бенз(а)пирен), соединения свинца, кадмия, ртути и других тяжелых металлов, диоксины, асбест и ряд других веществ с канцерогенным действием.

В последние годы доля основных промышленных групп в загрязнении атмосферы изменилась. Промышленно-экономический кризис в Российской Федерации и ряде других стран СНГ привел к спаду работы промышленных предприятий и возрастанию роли энергетики и автотранспорта.

Основными направлениями охраны атмосферного воздуха являются:

- грамотное применение экономических санкций, которые предусматривают кратное повышение выплат при превышении предельно допустимых выбросов (ПДВ) или несанкционированных выбросах;
- строгий контроль выбросов вредных веществ, используя государственные и общественные экспертизы;
- обоснованное регулярное финансирование природоохранных мероприятий.

Кроме общих мероприятий существуют и специфические, проводимые в зависимости от вида источника загрязнения:

1. Энергетическая промышленность. Важнейшими способами снижения выбросов являются энергосбережение, перевод ТЭЦ на газ, повышение роли альтернативных источников

энергии (ветровые, солнечные, приливные). Очистка выбросов от взвешенных твердых частиц и от газообразных веществ разного класса опасности.

2. Промышленные предприятия. Основные мероприятия заключаются в снижении образования выбросов за счет совершенствования технологий, замене токсичных исходных материалов на нетоксичные, переходе на замкнутые и частично-замкнутые технологические циклы, очистке выбросов. Немаловажными мероприятиями являются оптимальное размещение предприятия и соблюдение размера санитарно-защитной зоны.

3. Автотранспорт. Одним из основных путей снижения вредного воздействия является отказ от использования этилированного бензина, что исключит выбросы соединений свинца и снизит долю непредельных углеводородов. Это возможно при переводе автомобилей на газ или неэтилированный бензин (токсичность выбросов при этом снижается почти в 20 раз). Дальнейшие мероприятия связаны с углублением полноты сгорания бензина посредством автоматического управления процессом и разработки специальных систем и регулировок, что положительно отразится и на расходе бензина. Перспективным кажется решение вопроса по замене карбюраторных двигателей дизельными, дающими менее токсичные выбросы, и перевод общественного транспорта на электрическую тягу или биогаз.

Значительную роль в работе по снижению количества вредных выбросов промышленно-энергетическими комплексами и автотранспортом играют архитектурно-планировочные мероприятия. Они предполагают строительство специальных развязок и объездов, улучшение качества покрытия дорог, сокращение участков ненужного торможения. Эти мероприятия позволят увеличить среднюю скорость движения транспорта с 20 до 60 км/ч, а общее количество выбросов при этом снизить, в среднем, в 2 раза. Для снижения уровня загазованности практикуется вынос дорог с интенсивным (транзитным) движением за пределы жилых и рекреационных зон и высадка зеленых насаждений вдоль автострад.

9. ГИДРОСФЕРА

Гидросферой называют водную оболочку Земли, представляющую собой совокупность океанов, морей, рек, озер, водохранилищ, прудов, болот, подземных и почвенных вод, ледников. 70% земной поверхности покрыто водой. Общее количество воды на Земле оценивается в 1386 млн. км³. Максимальный объем воды - 95% от общих запасов – приходится на долю Мирового океана. Средняя соленость океанической воды составляет 35 г/л, пресная вода должна содержать не более 1 г/л солей. По этой причине океаническая вода не используется на хозяйственные нужды. Запасы пресной воды на планете составляют всего 2,5% мировых ресурсов (около 35 млн. км³) и представлены они водами рек, озер и подземными (грунтовыми) водами. 70% запасов пресной воды сосредоточено в ледниках и вечных снегах. Естественными «кладовыми» пресной воды являются озеро Байкал (Российская Федерация), на долю которого приходится 1/5 мирового объема питьевой воды, Великие озера Северной Америки, финское Озерное плато, насчитывающее 60 тыс. озер и подземное озеро Лост-Си в пещере Крэгхед (США).

Вода – единственное вещество на Земле, существующее в природе одновременно в трех агрегатных состояниях, благодаря чему происходит большой круговорот воды (гидрологический цикл). Он связывает воедино все части самой гидросферы и обеспечивает ее взаимодействие с атмосферой, литосферой и биосферой. Ежегодно с поверхности Земли испаряется около 525 тыс. км³ воды, 86% из которой – это соленая вода Мирового океана. Конденсируясь, атмосферный пар дает начало и подпитку пресной воде рек, озер, ледников, а также почвенной влаге и подземным водам. Таков механизм непрерывного естественного опреснения воды в процессе ее круговорота.

Вода является одним из важнейших неисчерпаемых природных ресурсов, обеспечивая существование живых организмов на Земле. Без нее невозможно развитие процессов жизнедеятельности, поскольку она входит в состав всех клеток и тканей любого животного или растительного организма, осуществляя транспорт веществ и протекание окислительно-восстановительных реакций.

Вода формирует земную кору Земли, рельеф и береговую линию, благодаря ей осуществляется дрейф континентов, деятельность вулканов и т.д. Климат и погода на Земле определяются наличием водных просторов и количеством водяного пара в атмосфере. Океаны и моря, благодаря большой теплоемкости, способны формировать циклоны и антициклоны, влияя на погоду. Кроме того, растворяя газы атмосферы, океан является регулятором состава воздуха.

Отличительной чертой 20 века стал быстрый *рост водопотребления*, который в 2,5 раза превышал рост народонаселения. Огромное количество воды расходуется и сегодня. Насе-

ление планеты ежедневно потребляет 7-8 км³ пресной воды – это столько, сколько всех ископаемых природных ресурсов используется за целый год.

На первом месте по объему потребления стоит мировое сельское хозяйство, которое забирает около 60% от общего объема на орошение земель и нужды животноводства. Так, для производства 1 кг мяса необходимо затратить 25 т воды, для получения 1 кг молока – 4 тонны.

Около 30% воды потребляется промышленностью, где она используется для растворения, смешивания, очищения, охлаждения оборудования и т.п. Об объемах потребления пресной воды на производстве говорят следующие цифры: для выплавки 1 т чугуна расходуется от 50 до 150 м³, 1 т пластмасс – от 500 до 1000 м³, 1 т бумаги – свыше 1000 м³, а получение 1 т искусственных тканей требует до 6000 м³ воды.

Предприятиям теплоэнергетики требуются значительные объемы воды - для ТЭЦ мощностью в 2,5 МВт необходимо 1,5x10³ м³ воды, а развитие гидроэнергетики идет по пути сооружения каскадов ГЭС.

Активными потребителями водных ресурсов являются такие отрасли народного хозяйства как водный транспорт и рыбное хозяйство.

На коммунально-бытовые нужды в разных странах мира уходит от 10 до 30% общего потребления воды. В развивающихся странах обеспеченность водой в расчете на 1 человека в сутки не превышает 150-200л, в высокоразвитых странах – в 2-3 раза больше. Анализ структуры потребления воды жителями городов показывает, что основной процент расхода воды приходится на ватерклозеты (до 50%), 30-35% - гигиенические процедуры, мытье посуды – 6%, приготовление пищи – 5%, стирка – 4%, уборка – 3%.

Изучение состояния водных ресурсов в связи с неуклонным ростом их потребления в мире, показало, что во многих странах с развитой экономикой возникла проблема дефицита пресной воды. Проблема *нехватки водных ресурсов* возникла по следующим причинам:

- интенсивное водопотребление, связанное с высоким ростом народонаселения планеты;
- развитие отраслей народного хозяйства, требующих значительных затрат водных ресурсов;
- потеря воды вследствие сокращения водоносности рек;
- загрязнение водных объектов промышленными, бытовыми и с.-х. сточными водами.

Эксперты ООН говорят о том, что более половины крупнейших рек мира серьезно истощены и загрязнены, в результате чего подвергается опасности здоровье и жизнь, по крайней мере, 3 млрд. жителей Земли. Самыми загрязненными реками являются Хуанхэ,

Амударья, Сырдарья, Колорадо, Нил, Ганг и Волга. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) отмечает, что на планете от потребления воды низкого качества ежегодно умирает около 5 млн. человек и это, в основном, дети, а получают разной степени отравления или заболевания свыше 500 миллионов.

Источники загрязнения гидросферы. Основными источниками загрязнения природных вод являются:

1. Атмосферные воды, несущие массу вымываемых из атмосферы загрязнителей промышленного и бытового происхождения. Кроме того, стекая по склонам, атмосферные и талые воды дополнительно увлекают за собой с городских улиц, авто- и железных дорог, промышленных территорий мусор, нефтепродукты, фенолы, соли, тяжелые металлы.
2. Городские сточные воды – канализация и бытовые стоки. Особая опасность заключается в том, что с такими водами передается ряд тяжелых инфекционных заболеваний, таких как дизентерия, гепатит, холера, паратиф.
3. Промышленные сточные воды, образующиеся в таких отраслях производства, как черная металлургия, машиностроение, химическая и лесохимическая, нефтеперерабатывающая и т.д.
4. Смыв пестицидов и удобрений с сельскохозяйственных и лесных угодий.

Основным источником загрязнения поверхностных вод в Республике Беларусь являются бытовые сточные воды, на долю которых приходится более 60% от объема всех образующихся сточных вод. Затем стоят промышленные сточные воды и сельское хозяйство.

Особую озабоченность вызывает загрязненность грунтовых вод, которые в Беларуси характеризуются неглубоким залеганием и наличием повышенного количества ионов марганца и железа природного происхождения. В зонах городов и пригородов, свалок, животноводческих комплексов и полей фильтрации отмечается увеличение минерализации, фиксируется наличие содержания тяжелых металлов, в том числе свинца, фенолов, нефтепродуктов. Особая опасность заключается в накоплении в воде нитратов, нередко содержание которых превышает норму в 5-10 раз.

Из перечисленных выше источников в природные водоемы поступают различные химические соединения и элементы. К числу наиболее опасных и распространенных загрязняющих веществ относится нефть и нефтепродукты. Так, ежегодно в Мировой океан попадает 13-14 млн. т нефти, 97% из которых приходится на сброс береговых и плавучих объектов (прежде всего за счет аварий танкеров и работы судовых дизелей). Каждая тонна нефти, растекаясь по водной поверхности, образует пленку из масел на площади 12 км². В резуль-

тате затрудняется газообмен с атмосферой, гибнут растения и животные вследствие токсического отравления продуктами разложения нефти и нехваткой кислорода.

Не менее опасно для живых водных обитателей смывание с полей химических средств, применяемых в сельском хозяйстве. С талыми и паводковыми водами в ближайших водоемах оказываются не только минеральные удобрения, но и пестициды, буквально уничтожающие биоценозы рек и озер. Ученые считают, что именно пестициды привели к сокращению поголовья тюленей в Балтийском море и промысловой рыбы в Атлантическом океане. Сточные воды животноводства, содержащие большое количество азота, приводят к «цветению» воды вследствие бурного роста сине-зеленых водорослей. Этот процесс называется автрофикацией (эвтрофикацией). Автрофикация сопровождается интенсивным потреблением кислорода, недостаток которого влечет за собой гибель остальных обитателей водоемов.

В последнее время в воде все чаще встречаются тяжелые металлы - свинец, ртуть, цинк, медь, олово и многие другие. Накапливаясь в организме водных обитателей, они по пищевым цепочкам попадают в продукты питания человека. Токсиканты класса тяжелых металлов, как правило, вызывают у человека серьезные заболевания, а также изменение процессов жизнедеятельности водных организмов.

Тепловые и атомные электростанции, используя воду в качестве охлаждающего агента, приводят к тепловому загрязнению вод. Сбросовые воды на 8-10 °С выше естественной температуры водоемов, что приводит к интенсивному развитию планктона. В результате вода «цветет», ухудшаются ее санитарно-гигиенические показатели (цвет, вкус, запах).

Источниками радиоактивных веществ в водных объектах являются заводы по очистке урановой руды, переработке ядерного горючего для атомных реакторов, АЭС, захоронение радиоактивных отходов и, конечно, атомный морской флот.

Одно из проблемных загрязнений рек связано с заготовкой, обработкой и сплавом леса. Перед сплавом древесина обрабатывается ядохимикатами, плывущий лес ранит рыбу, кора, сучья, ветки засоряют дно, из древесины в воду выделяются смола и вредные вещества. В результате гниения и разложения древесины поглощается кислород из воды, размножаются микроорганизмы, вызывая болезни и гибель многих видов рыб.

Охрана гидросферы:

1. Организация прибрежных защитных и водоохранных зон в соответствии с Водным кодексом, в соответствии с которым в водоохраных зонах запрещены любые работы (распашка земли, выпас скота), а также вырубка насаждений, применение пестицидов, размещение жилых домов, предприятий и ферм.
2. Запрет на применение высокотоксичных пестицидов, и, прежде всего, хлорсодержащих.

3. Уменьшение сбросов промышленных предприятий за счет снижения водоемкости производства и применения оборотных (замкнутых или полужамкнутых) систем водоснабжения.
4. Разделение и очистка перед сбросами в водоемы промышленных и хозяйственно-бытовых стоков.
5. Снижение опасности загрязнения водоемов нефтью и нефтепродуктами за счет повышения надежности добычи с морского дна и транспортировки морским путем.
6. Совершенствование организационно-правовых мер.

Методы очистки сточных вод.

Инженерные мероприятия включают различные методы очистки сточных вод - механические, физико-химические, биологические и комбинированные.

Механические методы - удаление из сточных вод нерастворенных примесей путем их отстаивания и фильтрации. Отстаивание является наиболее распространенным способом, для чего используются специальные емкости - отстойники. Грубые примеси задерживаются на решетках, более мелкие улавливаются ситами. Для удаления поверхностных загрязнителей используют различные специальные ловушки (нефтеловушки, жироловки и т. д.).

При *физико-химических методах* из сточных вод удаляют тонкодисперсные и растворенные неорганические загрязнители, а также частично органические. Для этих целей используют добавление специальных химических реактивов, которые вступают в реакцию с загрязнителями и способствуют их осаждению (например, хлорирование). Также применяют электролитический метод и озонирование воды.

Биологические методы, как правило, используют на заключительном этапе очистки. Среди биологических устройств различают биофильтры, биологические пруды и аэротенки. Биофильтры основаны на пропускании сточных вод через слой крупнозернистого материала, покрытого биологической пленкой, которая способствует биохимической фильтрации. Биологические пруды являются самым распространенным методом очистки сточных вод на предприятиях РБ. Биологические пруды используют для очистки в естественных условиях. Они представляют собой неглубокие (до 1 м) резервуары, которые устраивают сериями на местности, имеющей уклон, и через которые самотеком медленно проходит вода, подвергаясь процессу отстаивания и воздействию естественных факторов очищения (солнечный свет, кислород, температура, биологические организмы). Их действие основано на способности воды к самоочищению под влиянием физических и биологических факторов.

Аэротенки представляют собой специальные резервуары с принудительной аэрацией. В аэротенках сточные воды смешиваются со специальным бактериальным илом. Бактерии выделяют ферменты, способствующие осаждению загрязнителей, прежде всего органических, и

выпадению их на дно в виде нерастворимых комплексов. Таким образом осуществляется очистка воды.

Для проведения качественной очистки сточных вод необходима многоступенчатая система. На первом этапе – это фильтрация и отстаивание, на втором - химическая очистка, на третьем – биологическая очистка. Как правило, в Республике Беларусь используется двух-ступенчатая очистка. При таких методах на заключительном этапе необходимо 7-10-кратное разбавление воды, которая сбрасывается в природные пруды-приемники.

Одной из серьезных проблем является утилизация осадка сточных вод. Для этой цели используют различные методы химического обеззараживания, высушивание, компостирование, брикетирование, термическое сжигание (инсинерация), в зависимости от класса опасности содержащихся в осадке вредных веществ.

10. ЛИТОСФЕРА

Под литосферой понимают верхнюю твердую оболочку Земли толщиной около 200 км, включающую земную кору и верхнюю мантию. Она состоит из осадочных пород, под которыми располагается гранитный слой, а еще ниже – базальтовый.

Жизнедеятельность человека тесно связана с литосферой, которая является источником минеральных и органических ресурсов, ее верхняя часть используется для строительства зданий, сооружений, искусственных водоемов, инфраструктуры дорог. От колебаний литосферных плит зависит наступление стихийных бедствий – землетрясений, цунами, извержений вулканов, селей, оползней.

Верхний рыхлый слой литосферы (толщиной 20см) представлен почвой, которая является основным компонентом наземной экосистемы (эдафотопом). Почва характеризуется плодородием, т.е. способностью формировать урожай и первичную биологическую продукцию, обеспечивая растительные организмы необходимым количеством питательных элементов, воды и воздуха. Это свойство резко отличает почву от любой горной породы. Плодородие почвы определяется наличием в ее верхней части темноокрашенного гумусового горизонта, богатого органическими веществами. Формируется почва в результате преобразования материнских горных пород под воздействием климата, рельефа и растений и животных, разложение останков которых приводит к образованию гумуса.

Почва – это важный природный ресурс, обеспечивающий человека продуктами питания, животных – кормами, промышленность – сырьем.

Земельный фонд планеты состоит из различных категорий земель. Общая площадь суши составляет 14,9 млрд. га. Из них 20% земель расположено в слишком холодном климате (полярные и приполярные зоны), 20% - в слишком засушливом (пустыни), 20% представлено горными склонами, 20% земель заняты лесами, лугами и пастбищами, 10% земель имеют маломощный почвенный слой и 10% - это пахотные земли площадью в 1,5 млрд.га. Обеспеченность пахотными землями на душу населения в 1950г. равнялась 0,24 га, в 1985г. – 0,15 га. Быстрыми темпами продолжается уменьшение плодородных земель и сегодня. Учеными подсчитано, что ежегодно в мире площадь пашни сокращается на 5-8 млн. га. При этом половина из них теряется в результате эрозии, четверть подвергается опустыниванию и четверть исключается из севооборота из-за антропогенного загрязнения.

К факторам, способствующим разрушению почв, относятся:

- открытые и подземные разработки полезных ископаемых. Особенно ощутимый урон наносит добыча угля, железной руды и строительных материалов, годовой объем извлечения которых оценивается в сотни миллиардов тонн;

- отведение пахотных земель под жилые застройки, строительство автомобильных и железных дорог, водохранилищ;
- загрязнение промышленными отходами и сточными водами (тяжелые металлы, радионуклиды), строительным мусором и городскими свалками;
- накопление в почве пестицидов и солей;
- опустынивание почв при неумеренном выпасе скота и вырубке леса;
- усиление аридизации (снижение увлажненности) земель, угрожающей увеличением площадей пустынь;
- образование индустриальных пустырей вследствие завалов терриконами пустой породы при шахтах и рудниках, металлургическими шлаками, золой;
- выработанные карьеры, забрасываемые всевозможными отходами;
- перераспределение геостатических нагрузок в результате интенсивной добычи газа, воды, нефти, проведения подземных ядерных испытаний, сооружения крупных инженерных сооружений, что приводит к учащению землетрясений и проседанию поверхности Земли.

К особо опасным последствиям влияния человеческой деятельности на почвы является ускоренная (разрушительная) эрозия. Под эрозией почвы понимается процесс ее разрушения под воздействием природных факторов – воды и ветра. Эрозия – это естественный процесс, протекающий в природе очень медленно, в течение десятков тысяч лет. Естественное разрушение и потеря почвы от смыва водой и выдувания ветром уравниваются процессами почвообразования. Но естественная эрозия ускоряется под влиянием антропогенной деятельности. Уничтожая растительный покров, вырубая леса и переосушая почву, человек способствует ее разрушения и сносу. Потери почвы не успевают компенсироваться естественными почвообразовательными процессами, и она теряет свое плодородие. По вине человека из-за эрозии на Земле потеряно 5 млн. км² окультуренных земель.

Помимо эрозии серьезной проблемой почвенных ресурсов является их антропогенное засоление - в мире насчитывается 50 – 60 млн. га засоленных почв. Засоление почв - это процесс накопления в верхних слоях почвы вредных для растений солей Na_2CO_3 , MgCO_3 , CaCO_3 , Na_2SO_4 , NaCl в результате ненормированного полива полей, применения антигололедных материалов на дорожных покрытиях, ветровой эрозии солей с промышленных терриконов. В итоге изменяется кислотность почвы и нарушается ее нормальное функционирование.

Почвенные и минеральные ресурсы Республики Беларусь.

Земельный фонд Республики Беларусь составляет 20,8 млн. га, в т.ч. с.-х. фонд – 9,2 млн. га (или 44%), лесной фонд – 8,2 млн. га (или 40%), заняты кустарниковой растительно-

стью, болотами и под водой – 2,9 млн. га (или 16%). Около 71 тыс. га относится к категории нарушенных земель по причине добычи полезных ископаемых, особенно торфа, строительных и геологоразведочных работ.

Площадь мелиорированных земель составляет 3,4 млн. га (около 30% от с.-х. земель). Как показало время, многие земли в регионе Полесья нельзя было осушать, т.к. они требовали специальных агротехнических приемов возделывания с.-х. культур. Например, выращивание пропашных культур (картофеля, овощных культур) на торфяниках в течение десятилетий привело к тому, что торфяной слой стал разрушаться со скоростью 20 мм/год. В результате на сегодняшний день 223 тыс. га мелиорированных земель деградировало, нарушился водный баланс, на поверхность выходят подстилающие породы – пески. Эти земли подвержены ветровой эрозии. Для борьбы с ней за последние 10 лет высажено 4,2 тыс. га защитных полос, засажено лесом 125 тыс. га торфяно-минеральных почв. Эффективным приемом борьбы с ветровой эрозией является выращивание многолетних бобовых культур (люцерны, клевера), которые улучшают структуру и повышают плодородие почв.

Минеральные ресурсы Республики Беларусь представлены 5 тысячами месторождений, на которых производится добыча 30 видов полезных ископаемых. В республике имеются 3 крупных месторождения калийных солей (разведанные запасы составляют 9,7 млрд. т): Старобинское (ПО «Беларуськалий»), Петриковское, Любанское. Эксплуатируются 3 месторождения поваренной соли: Давыдовское, Мозырское, Старобинское.

Горючие полезные ископаемые представлены нефтью – учтено свыше 60 месторождений, из них 30 эксплуатируются, остальные относятся к категории разведываемых или законсервированных. Общие извлекаемые запасы нефти оцениваются в 74 млн. т, годовая добыча – 1,8 – 2,0 млн.т. Растворенный в нефти газ добывают попутно в годовом объеме 300 млн.м³.

Годовые объемы добычи торфа составляют 3 млн.т. На территории Республики Беларусь разведано 2 месторождения бурого угля – Житковичское и Бриневское с общими запасами 99 млн. т. Вследствие глубокого залегания и низких экологических показателей этого вида топлива в настоящее время месторождения находятся в стадии разработки.

Запасы горючих сланцев Любанского и Туровского месторождений оцениваются в 11 млрд. т, из которых получают сланцевое масло, используемое в дальнейшем в качестве топлива, химического сырья и синтетической нефти. Перспективна добыча природного газа, содержащегося в сланцах.

В Республике Беларусь выявлены 2 месторождения железных руд с общим запасом 700 млн.т. В настоящее время они не имеют промышленного значения вследствие низкой концентрации железа и высоких затрат на обогащение.

Объемы годовой добычи строительного камня оцениваются в 350 млн.м³. Около 300 месторождений глинистого сырья позволяют добывать его в объеме 3 млн. т в год. Имеется в республике 80 месторождений строительных песков, 3 месторождения формовочных, 2 – стекольных песков. Из 70 месторождений карбонатного сырья добывают мел, мергель, доломит, мрамор, известняк.

11. БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Растительность - исчерпаемый, но возобновляемый природный ресурс. На планете существует около 500 тыс. видов растений. Их разнообразие в значительной степени зависит от человека. В результате непродуманной хозяйственной деятельности уже уничтожено около 30 тыс. видов растений и 25 тыс. находится под угрозой исчезновения.

Растения являются биоэнергетической основой для существования животных и человека. Главная функция растений заключается в способности образовывать органическое вещество из неорганических веществ, используя лучистую энергию Солнца в процессе фотосинтеза, благодаря чему человек и животные получают первичную биологическую продукцию. За один год растения океана и суши усваивают 5×10^{10} т углерода, разлагают $1,3 \times 10^{11}$ т воды, выделяют $1,2 \times 10^{10}$ т молекулярного кислорода, синтезируя около 177 млрд. т органических веществ, в которых запасено 3×10^{18} кДж солнечной энергии в виде химических связей продуктов фотосинтеза.

Растения играют определяющую *роль в жизни человека*:

- являются источником пищевых продуктов, лекарственного, химического сырья, строительного материала;
- формируют состав атмосферы, обогащая атмосферу кислородом и поглощая избыток углекислого газа;
- выполняют санитарно-гигиеническую (защитную) роль, поглощая до 72% атмосферной пыли, загрязнители различного происхождения и снижая уровень шума на 8-10 дБ;
- их используют в селекции новых сортов с.-х. растений в качестве доноров полезных признаков;
- определяют климат планеты и микроклимат местности;
- участвуют в образовании естественных фитоценозов (лугов, пастбищ);
- служат средой обитания для животных;
- обеспечивают защиту почв и вод от загрязнения и эрозии;
- имеют гигиеническое (оздоровительное), рекреационное, эстетическое значение.

Полезными свойствами для использования в народном хозяйстве обладают более 500 видов растений. Общий биологический запас сырья этих растений в Республике Беларусь составляет около 1 млн. т, однако реально используется всего 1-2 % видов растений.

В настоящее время на территории Беларуси известно около 12 тыс. видов растений и грибов. Наиболее многочисленные классы – это грибы (более 7000 видов) и водоросли (2232 вида). К наиболее изученным систематическим группам растений относятся сосудистые растения - 1680 видов, мохообразные – 442 вида и лишайники – 477 видов.

Естественная растительность в Беларуси занимает 67 % территории страны и представлена лесами (7,8 млн. га, или 37,8 %), лугами (3,3 млн. га, или 15,8 %), болотами (2,4 млн. га, или 11,5 %) и кустарниками (0,4 млн. га, или 1,9 %). Развитие производительных сил, приводящее к увеличению нагрузки на окружающую среду, является основной причиной исчезновения отдельных видов растений. За последние 100 лет из состава флоры Беларуси выпало 46 видов сосудистых растений, 214 видов находятся под угрозой исчезновения и включены в Красную книгу.

Инвазийные (заносные или виды-интервенты) и интродуцированные виды являются объектами повышенной опасности для природной флоры. Сейчас инвазийных видов растений во флоре страны насчитывается более 300. Число их постоянно увеличивается в связи с ведущей тенденцией современного развития флоры, связанной с деятельностью человека - синантропизацией. Наибольшее разнообразие инвазийных видов растений наблюдается в рудеральных зонах крупных промышленных городов. В настоящее время эти виды играют ограниченную роль в изменении растительных сообществ, хотя некоторые из них (например, борщевик Сосновского) доминируют в отдельных сообществах, активно вытесняя аборигенные виды природной флоры Беларуси.

Особая роль *животных* в биосфере определяется их большой подвижностью и исключительным разнообразием. Известно более 2 млн. видов животных (в то время как растений около 500 тыс.), что важно для устойчивого функционирования основного процесса биосферы - биотического круговорота веществ и распределения энергии. Животные в этом процессе выполняют функции консументов – потребителей 1-го порядка (растительноядные виды), консументы 2-го порядка (хищные виды).

В процессе эволюции каждый вид животных адаптировался к определенным экологическим факторам среды обитания, важнейшим из которых является поиск источника пищи. В результате один вид использует лишь часть растений, а остаток употребляют другие виды. Так складываются сложнейшие трофические цепи, последовательно извлекающие вещества и энергию из фотосинтезирующих растений. Утрата хотя бы одного звена из этой цепи приводит к нарушению экологического баланса.

Большее значение в биогеоценозах имеет самый разнообразный и многочисленный класс животных - насекомые (или членистоногие). Они опыляют растения, служат кормом для рыб, птиц и зверей, участвуют в формировании почв, разложении отмершего органического вещества и т. д. Комары служат кормом для рыб, птиц и даже растений. Установлено, что с площади 100 га тундрового болота комары ежегодно выносят и возвращают в биотический круговорот 15 кг азота, 9 кг фосфора и 6 кг кальция, т.е. обеспечивают обмен микроэlemen-

тов. Значительна роль и других беспозвоночных. Дождевые черви, нематоды способствуют аэрации почвы, клещи, повышая ее плодородие.

Очевидно значение рыб, птиц, млекопитающих. Все биологические виды, возникшие в процессе эволюции, важны и незаменимы для устойчивого функционирования биосферы. Так полное уничтожение грызунов может вызвать исчезновение хищников. Хищническая охота на леопардов в Кении обусловила появление такого количества диких кабанов и обезьян, что вред, причиняемый ими, многократно превысил ущерб для домашнего скота от нападения хищников.

В фауне Республики Беларусь насчитывается более 30 тыс. животных, из них 453 вида позвоночных. Всего известно около 300 видов птиц, 72 вида млекопитающих, 53 - рыб (из них 45 местных видов), 1 вид черепах, 3 вида ящериц и 3 вида змей. Из млекопитающих к основным представителям фауны относятся лось, олень, кабан, косуля, волк, заяц; из птиц - тетерев, рябчик, глухарь, куропатка, водоплавающие виды.

Всего, начиная с 1600 г., на Земле вымерло 94 вида (1,9%) птиц и 63 вида (1,48 %) млекопитающих. Еще больше исчезло подвидов. Гибель 75 % видов млекопитающих и 86 % птиц связана с человеком. Воздействие человека было как прямым, так и косвенным. И если в XVII в. прямое преследование стало причиной гибели 86 % животных, то в 20 веке - только 28 %.

За последние 80 лет с территории Республики Беларусь исчезло 60 видов, а всего с 1600 года - 238 видов животных. Среди них - тарпан, соболь, лань, дрофа, россомаха, песец, стрепет, черный гриф, белуга, осетр, лосось.

Основной причиной вымирания является косвенное влияние, которое может принимать следующие формы:

- изменение мест обитания (осушение болот, распашка степей, постройка дорог, плотин);
- интродукция (акклиматизация) чуждых видов. В Беларуси интродуцировано 4 вида животных (американская норка, енотовидная собака, енот-полоскун, ондатра) и 14 видов рыб в результате неконтролируемого расселения;
- загрязнение природной среды (так, пестицид ДДТ стал причиной вымирания американского дрозда);
- браконьерство.

Основная форма охраны животных - это охрана в процессе их эксплуатации. В Беларуси принят закон «Об охране и использовании животного мира». Закон регламентирует охотничий промысел, применение химических средств защиты растений, предотвращение гибели животных при строительстве и эксплуатации производственных объектов.

Эксплуатация охотничьих животных должна проводиться по принципу расширенного воспроизводства. В Республике Беларусь к охотничье-промысловым видам относятся 22 вида млекопитающих, 31 вид птиц, 1 вид рептилий, а из беспозвоночных - виноградная улитка. Организовано 212 охотничьих хозяйств. Наиболее массовый объекты охоты – это водоплавающие птицы. Кроме того, ежегодно добывается до 80 тыс. зайцев, 5 тыс. белок, 1 тыс. кабанов.

Ведение охотничьего хозяйства включает не только добычу животных, но и ряд биотехнических мероприятий (подкормки, помощь животным, реакклиматизация, борьба с браконьерством, болезнями, паразитами).

Большая роль в белковом питании человека принадлежит рыбоводству. В Республике Беларусь создано 11 крупных рыбохозяйств. Всего рыбохозяйственный фонд включает более 1 тыс. озер (общая площадь -130 тыс. га), 115 водохранилищ (45 тыс. га) и 40 тыс. км рек. Среднегодовой вылов составляет 1,5-2 тыс. т, однако наблюдается тенденция к уменьшению этого количества. Около 75 % улова дают озера, 8 % - водохранилища, 17 % - реки.

Основные принципы рационального использования промысловых рыб те же, что и для животных. Организуется охрана нерестилищ, зимовальных ям, спасение молоди, обеспечение прохода на нерестилища, борьба с загрязнением гидросферы, сезонный запрет рыбной ловли. Предположительно, уловы любителей и браконьеров превышают промысловые в 2 раза, поэтому предусматриваются жесткие меры борьбы с незаконным выловом рыбы.

12. КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

В 80-х годах прошлого столетия общество столкнулось с проблемой, обозначенной как «экологический кризис». Основными проявлениями этого процесса являются истощение природных ресурсов, в первую очередь, невозобновимых, рост населения планеты и промышленного производства, а также связанного с этим загрязнение окружающей среды, изменение климата, влекущего за собой истощение биологических ресурсов. Дальнейшее неприятие соответствующих мер может привести к необратимому глобальному кризису, одной из опасных сторон которого является обострение борьбы за исчезающие ресурсы через военные конфликты.

Решение этих проблем возможно только через надлежащие модели управления, эффективной законодательной системы, действенных технологических решений, изменения структуры потребления человеческого общества. Очевидно, что для этого потребуются радикальные изменения, базирующиеся на экономических и социальных реформах и, прежде всего, на новых принципах управления природными ресурсами.

В 1987 году на конференции ООН прозвучал доклад Комиссии по окружающей среде и развитию «Наше общее будущее», где впервые было предложено и озвучено понятие устойчивого развития. Согласно этому определению, *устойчивое развитие – это такое развитие, которое позволяет удовлетворять потребности современных поколений, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять их собственные потребности*. Реализация концепции устойчивого развития возможна только при одновременном решении экономических, экологических и социальных проблем человеческого общества.

Следующий этап пути выхода из кризиса отмечен принятием Повестки Дня на 21 век (Повестка 21) в 1992 году на конференции ООН в Рио-де-Жанейро, в работе которой приняли участие представители 179 стран мира. Этот документ является Программой действий для руководителей всех стран планеты и состоит из четырех основных блоков:

1. *Мировая экономика* – основные требования: стабильность, эффективность, опережающий рост.
2. *Социальная сфера* – искоренение нищеты и неравенства, право на принятие решений, поддержание, развитие национальных культур.
3. *Окружающая среда* – самосохранение и саморазвитие природных комплексов, сохранение биологического разнообразия.
4. *Финансирование устойчивого развития* - через специально созданные фонды за счет экономически развитых стран.

Согласно предложенной Программе, каждая страна-участник конференции в Рио должна была в пятилетний срок разработать свою национальную программу действий и сформулировать основные принципы ее реализации.

Однако на Всемирном саммите в г. Йоханнесбург в 2002г. при подведении итогов выполнения Программы было отмечено, что мировое сообщество продолжает идти прежним техногенным путем развития, загрязняя и истощая природную среду. Положительным моментом, отмеченном на Саммите, была разработка национальных принципов устойчивого развития (Местные Повестки Дня на 21 век) отдельных стран, которые могут быть действенным механизмом в реализации стратегии устойчивого развития.

Реализация Повестки Дня на 21 век в Республике Беларусь состояла в разработке *Национальной стратегии устойчивого развития (НСУР)* в 1997 году. Этот документ отражал, в основном, стратегию социально-экономического развития республики на период до 2005 года, но практически не касался вопросов снижения антропогенного воздействия на окружающую среду. В связи с этим в 2004 году была проведена коррекция НСУР на период до 2020 года.

Основные положения НСУР - 2020:

- включение экологического императива в политические решения, переход производства к стратегии качественного роста под экологическим контролем, последовательная экологизация производства, основанная на *предотвращении загрязнения окружающей среды*, а не на ликвидацию последствий загрязнения;

- совершенствование хозяйственного механизма природопользования через отказ от затратного подхода, расширение системы платности использования природных ресурсов и загрязнения окружающей среды;

- экологически обоснованное размещение и развитие производительных сил с учетом возможностей природно-ресурсного потенциала;

- создание условий для формирования рынка экотехники, экотехнологий, экоуслуг;

- усиление правовой ответственности и экономических санкций за природоохранные нарушения;

- повышение уровня экологического образования и воспитания населения.

Для практической реализации основных положений НСУР - 2020 необходимо:

- снижение одновременного выброса SO_2 и NO_x за счет преимущественного сжигания природного газа и совершенствования технологии сжигания топлива;

- разработка и внедрение альтернативных источников энергии;

- разработка и внедрение безопасных, экологически чистых и эффективных технологий в промышленности;

- оснащение стационарных источников выбросов газоочистным оборудованием;
- выполнение международных соглашений по прекращению использования озоноразрушающих веществ;
- создание автоматизированной системы мониторинга загрязнений атмосферы;
- проведение мероприятий по более глубокой очистке сточных вод.

Для реализации основных положений концепции устойчивого развития необходима объективная оценка уровня антропогенного воздействия на окружающую среду, связанная с количеством потребленных природных ресурсов и энергии.

Физические условия для обеспечения устойчивого развития:

1. Производительный потенциал экосферы не должен систематически ухудшаться.
2. Вещества из литосферы не должны систематически накапливаться в экосфере.
3. Антропогенные вещества не должны систематически накапливаться в экосфере.
4. Использование ресурсов должно быть эффективным и правильным в соотношении с человеческими потребностями.

Биологические условия для обеспечения устойчивого развития:

1. Захоронение отходов и пополнение питательных веществ должно быть выполнено через утилизацию всех биогенных элементов.
2. Конечным источником энергии должен стать солнечный свет.
3. Потребление населения не должно превышать несущей способности планеты.
4. Биологическое разнообразие должно быть сохранено.

13. ИЗМЕРЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ

Существует давняя традиция по разработке методов измерения использования ресурсов. Эти данные использовались для различных целей, и только недавно они стали применяться для измерения устойчивости. Они связаны с движением энергии, материальных потоков и использованием поверхности. В конце 1980-х и начале 1990-х годов, в основном в США, Японии, Германии и Швеции были инициированы и организованы исследования материальных потоков. В институте г. Вуппеталь (Германия) под руководством ученого Ф. Шмидта-Блика, была разработана методика по *анализу материальных потоков* (АМП), что стало подходящим инструментом для измерения устойчивости. Среднее потребление в Западной Европе составляет около 60 тонн на человека в год, причем цифра включает только твёрдые материалы, не учитывая воду и газообразные вещества. Значительная часть этих материалов - это невозобновимые ресурсы, в особенности, ископаемое топливо, а также материалы, полученные при добыче металлов. Данные для Польши составляют около 50 тонн, для США – 80 тонн.

В последнее время все более широкое распространение получает метод оценки устойчивости по *экологическому следу*. Ученые Ридс и Вакернагель (1990) понимают под экологическим следом территорию, которая необходима, чтобы обеспечить энергией и материей поддерживаемую систему и впитывать её отходы и загрязнения. Экологический след может ассоциироваться с индивидами, популяционными группами, промышленными предприятиями и обществами. Эта территория не обязательно совпадает с территорией заселённого региона, но она формирует индикатор экологической нагрузки или, лучше, использованных экологических услуг. След зависит от материальных стандартов и техники утилизации, качества и количества производства и потребления, экологической сознательности - социальных привычек и культурных предпочтений населения.

Экологический след имеет преимущество перед другими показателями, поскольку известно, сколько территории доступно населению планеты. За вычетом океанов, ледников и других бесплодных земель, на сегодня на планете имеется около 2 га на человека. Посчитанный след может, таким образом, мгновенно быть соотнесён с доступной территорией, чтобы выявить переиспользование природных систем через экстенсивное использование земли и воды, так же как и материальный дефицит как результат продолжающейся деятельности. Он обеспечивает условия для практической оценки условий устойчивости. Очевидным примером является то, что экологический след на человека в богатых частях мира значительно больше, чем в неиндустриальных странах. Экономическая система не считает это чем-то важным, но в любом экологическом контексте это проблема первостепенной важности.

14. УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ

Материальное потребление может быть уменьшено путём *дематериализации* и *трансматериализации*. Дематериализация достигается путём сокращения потребления, повышения эффективности процесса потребления или прекращения потребления путём увеличения переработки. Технологический прогресс на протяжении многих лет создавал потенциал для более эффективного использования ресурсов и энергии. Более прочные материалы и более высокое качество объединены с более лёгким весом. Миниатюризация замечательно продемонстрирована в электронике, мы видим микроэлектронные компоненты в самых разных видах оборудования.

Переработка - это ключевая задача в устойчивом обществе. Вещи можно использовать заново и материалы могут перерабатываться и возвращаться в новое производство. Уже скоро газообразные, жидкие или твёрдые отходы будут потенциальным источником элементов для химических соединений. Все виды отходов могут быть существенно сокращены, как от бытовых потребителей, так и от компаний, путём отдельного сбора бумаги, картона, изделий из стекла, металла, пластмассы и резины и т.д. Металлы могут и далее быть разделены на составляющие элементы. Биотические материалы должны компостироваться.

Трансматериализация - это замена одних материалов другими. Если даже материал полезен для какой-нибудь услуги, он может быть нежелательным по причине окружающей среды. Трансматериализация означает переключение на другие материалы, которые доступны для того же вида услуг. Существует много примеров. Во-первых, опасный для окружающей среды материал может быть заменён менее опасным. Ртуть - пример элемента, который больше нам не нужен для повседневной деятельности. Органические растворители, которые раньше применялись для окраски, успешно были заменены водой как растворителем. Фреоны, использовавшиеся в охлаждающих установках, убраны, и заменены на другие химические вещества. Возможно, нам придётся платить немного больше за вещества, которые немного хуже по качеству с технико-экономической точки зрения, чтобы заботиться об эко-сфере. Редкие материалы могут быть заменены менее редкими. Медь в телекоммуникациях практически излишняя сегодня, потому что есть качественные и эффективные оптические волокна.

Другая причина для замены - это невозобновляемость ресурса. Сюда входят материалы, производимые из нефти и угля. Например, 95% нефти используется как топливо, и только 5% - для производства пластика. Другие материалы, которые редки и невозобновимы - это некоторые металлы и фосфорные питательные элементы.

Новое отношение к промышленному производству. Основным изменением в последние годы стало то, что промышленные предприятия и общественные организации перешли к управлению процессом и принятию ответственности за всеобщность промышленной деятельности в системной перспективе. Превентивные меры, применённые на самом раннем этапе, благоприятны тем, что таким образом некоторых экологических проблем можно избежать полностью. К новым идеям можно отнести чистое производство, де- и трансматериализацию, как упоминалось выше, и - в конце концов- холистическую (целостную, всестороннюю) стратегию индустриальной (промышленной) экологии. Кроме таких инноваций большая надежда возлагается на силу свободного рынка и широкое сотрудничество с общественными организациями и потребителями. Возрастающий статус экологической осведомлённости подтверждает, что конкурентная борьба может помочь усилиям по сохранению окружающей среды.

Идея схем предотвращения загрязнения включает любое средство, от оборудования до технологий, с целью исключения попадания загрязняющих веществ в окружающую среду и обеспечения эффективного использования материалов и методов для их замены, восстановления и переработки. Обычно такой подход называют термином чистое производство. Большинство деталей в сложной промышленной структуре могут быть изменены - включая сам процесс производства и дизайн производимой продукции. Изменения могут быть внесены в промышленную инфраструктуру, в операционные схемы организации, чтобы улучшить, например, политику подготовки кадров, установить систему оперативной поставки сырья и способствовать надлежащим расчётам и оценке жизненного цикла произведенного продукта. Все эти средства включены в концепцию систем управления окружающей средой.

Идея устойчивого потребления полезна для развития экологической осведомлённости в обществе. За много лет разработаны различные формы «зеленой» маркировки товаров в качестве конкретной помощи потребителям в их усилиях изменить свои привычки и модели потребления. Идея расширенной ответственности производителя касается товаров и услуг в течение всего жизненного цикла. Особое внимание уделяют обязанностям в связи с отходами. Одной из возможных сфер ответственности производителя является возврат продукта (например, отработавшей свой ресурс бытовой и оргтехнике) для его утилизации. Такие схемы обращают внимание на альтернативу целесообразного дизайна продукта и общепринятую практику разборки, повторного использования и замкнутого цикла использования материалов.

15. ПРИРОДООХРАННОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В настоящее время экологическая политика стала неотъемлемой частью государственной политики нашего государства, которая базируется на экологическом законодательстве. Уже в 1992 году основные природоохранные мероприятия были закреплены в Законе «Об охране окружающей среды». Охрану природных объектов, создание национальных парков, заповедников и заказников гарантирует Закон «Об особо охраняемых природных территориях». Закон «Об экологической экспертизе» осуществляет контроль и оценку воздействия на окружающую среду. Ряд других законов гарантирует обеспечение благоприятной для человека окружающей среды, предотвращение дальнейшего загрязнения, предусматривают санкции за нарушение этих законов.

Осуществляя международное сотрудничество в области охраны окружающей среды, Р.Беларусь заключила ряд международных договоров, подписала Конвенции и Протоколы, направленные на сохранение природной среды и рациональное использование природных ресурсов:

- Протокол к Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния 1979г., касающийся финансирования совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязнителей воздуха на большие расстояния в Европе (ЕМЕП) (28 сентября 1984г.);
- Протокол о сокращении выбросов серы и их трансграничных потоков по меньшей мере на 30 % к Конвенции 1979г. о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (8 июля 1985г.);
- Протокол об ограничении выбросов оксидов азота или их трансграничных потоков к Конвенции 1979г. о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (1 ноября 1988г.);
- Венская конвенция об охране озонового слоя (22 марта 1985г.);
- Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой (22 января 1988г.);
- Рамочная конвенция ООН об изменении климата (14 июня 1992г.);
- Конвенция ООН о биологическом разнообразии (11 июня 1992г.);
- Рамсарская конвенция о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение, главным образом, в качестве местобитания водоплавающих птиц (25 мая 1999г.);
- Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их

удалением (16 сентября 1999г.);

- Орхусская конвенция о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (16 декабря 1998г.);
- Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание, особенно в Африке (17 июля 2001г.);
- Картахенский протокол по биобезопасности к Конвенции по биоразнообразию (6 мая 2002г.);
- Конвенция о сохранении мигрирующих видов диких животных (12 марта 2003г.);
- Конвенция о стойких органических загрязнителях (26 декабря 2003г.).

Являясь одним из учредителей ООН, Р. Беларусь на постоянной основе поддерживает контакты с межправительственными организациями ООН: ЮНЕП, ЮНЕСКО, ВМО (Всемирной метеорологической организацией), ВОЗ, ЕЭК по проблемам окружающей среды и водным ресурсам, Международной справочной системой источников информации по окружающей среде (ИНФОТЕРРА), ОЭСР и др.

Расширяется взаимодействие Беларуси с такими крупными международными организациями, как Совет Европы, МАГАТЭ, Межгосударственный экологический совет (МЭС), Программа ТАСИС Европейского сообщества, Всемирный Банк, Европейский банк реконструкции и развития, а также органами, созданными для имплементации международных природоохранных Конвенций и Протоколов к ним.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрэкология / В. А. Черников [и др.]; под. ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. - М.: Колос, 2000. - 536 с.
2. Банников, А. Г. Охрана природы / А. Г. Банников, А. К. Рустамов. - М.: Высшая школа, 2000.
3. Бродский, А. К. Краткий курс общей экологии: учеб. пособие / А. К. Бродский-СПб., 1992.
4. Воронков, Н. А. Экология / Н. А. Воронков. - М.: Рандеву - АМ, 1999.
5. Горелов, А. А. Экология / Горелов, А. А. - М.: Юрайт, 2001.
6. Донской, Н.П. Основы экологии и экономика природопользования / Н. П. Донской, С. А. Донская. - Минск: Экономик, 2000.
7. Киселев, В. Н. Основы экологии: учеб. пособие / В. Н. Киселев. - Минск, 1998.
8. Коммонер, Б. Технология прибыли / Б. Коммонер. - М.: Мысль, 1976.
9. Корбкин, В. И. Передельский Л.В. Экология - Ростов на Дону: Феникс, 2005.
10. Корбкин, В. И. Передельский Л.В. Экология в вопросах и ответах. - Ростов на Дону: Феникс, 2006.
11. Медведский В.А., Медведская Т.В. Сельскохозяйственная экология. – М.: «ИВЦ Минфина», 2010 – 416с.
12. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь за период 2005-2020 гг. - Минск, 2004.
13. Одум, Ю. Экология: в 2 т. / Ю. Одум. - М.: Мир, 1986.
14. Реймерс, Н. Ф. Природопользование. Словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. - М.: Мысль, 1990.
15. Состояние природной среды Беларуси: экологич. бюллетень, 2010 г. - Минск: Юнипак, 2011.
16. Справочно-статистические материалы о состоянии окружающей среды и природоохранной деятельности в Республике Беларусь. - Минск: Юнипак, 2010.
17. Стожаров А.Н. Медицинская экология – Мн.: Выш.школа, 2007. -368с.
18. Шимова, О. С. Управление природопользованием и природоохранной деятельностью / О. С. Шимова, А. М. Кабушко. — Минск: Юнипак, 2005.
19. Шимова, О. С., Соколовский Н.К. Экономика природопользования – М.- Минск: Инфра, 2005.
20. Ryden L., Migula P., Andersson M. Environmental Science, Uppsala, 2003 – 824p.