МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет
имени К.И. Сатпаева

Кафедра промышленной экологии и безопасности

С.С. Нуркеев, У.Ш. Мусина

ЭКОЛОГИЯ

Утверждено Научно-методическим советом университета
в качестве учебного пособия

Алматы 2005

С.С. Нуркеев, У.Ш. Мусина

ЭКОЛОГИЯ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет
имени К.И. Сатпаева

Кафедра промышленной экологии и безопасности

С.С. Нуркеев, У.Ш. Мусина

ЭКОЛОГИЯ

Рекомендовано Республиканским учебно-методическим объединением
в качестве учебного пособия

Алматы 2005

УДК 50216(075)
ББК 20. 1Я 73

Нуркеев С.С., Мусина У.Ш. Экология: Учеб. пособие. - Алматы:
Н 90 КазНТУ, 2005. 485 с.
ISBN 9965 – 758 – 19 -0

Учебное пособие посвящено наиболее значимым вопросам классической экологии, рассматривающей основные законы, принципы и особенности функционирования природных систем. Материал излагается, исходя от простого к сложному: организм - сообщество - популяция - экосистема - биосфера - ноосфера. Раскрыты значение биосферы для всей планеты, ее строение, состав, функции, свойства; рассмотрены большой и малый круговороты веществ в природе, антропогенный круговорот и его влияние на биосферу; раскрыта геологическая роль органического мира; изучены составляющие биосферы: атмосфера, гидросфера, литосфера, их структуры, критерии качества, источники загрязнения и глобальные экологические проблемы современности; место и роль человека в биосфере; мероприятия и методы инженерной защиты окружающей среды; экологические принципы, экономика и нормативно-правовая основа рационального природопользования; глобальные модели будущего; международное сотрудничество в области охраны окружающей среды.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 1703 -«Прикладная экология», 1704 - «Инженерная защита окружающей среды» и студентов всех специальностей, изучающих курс «Экология».

Ил.82. Табл. 21. Библиогр.- 45 назв.

ББК 20. 1Я 73

Рецензент Е.Т.Тогобаев, канд.техн.наук, проф.

Печатается по плану издания Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2005 г.

$$\text{Н}\,\frac{1305060000}{00(05)-05}$$

ISBN 9965 – 758 – 19 -0

© КазНТУ, 2005 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предмет «Экология» – новая дисциплина, изучение которой необходимо для формирования экологической культуры граждан, независимо от профиля учебных заведений, обеспечивается обязательным преподаванием основ экологических знаний. Экология не должна подменяться чтением курсов по охране окружающей среды и рациональному природопользованию, которые входят в программу профессиональных дисциплин в соответствии с профилем их специальности.

Предметом изучения экологии являются экосистемы: состав, структура, свойства, функции, развитие, закономерности, методы изучения экосистем, проблемы, нормирование, экологические принципы охраны экосистем, управление и стратегия взаимодействия общества и природы.

Целью преподавания курса «Экология» является формирование у студентов экологического мышления и основополагающих инженерно-экологических знаний, необходимых для работы на промышленных предприятиях.

Задачи изучения дисциплины вытекают из требований к знаниям и умениям будущих специалистов в соответствии с государственным стандартом по основному высшему образованию.

Они должны:

- иметь целостное представление о процессах и явлениях, происходящих в природе и обществе;
- знать глобальные экологические проблемы во взаимосвязи с экономическим развитием человеческого общества, основные принципы управления природопользованием РК;
- уметь оценить воздействие промышленного объекта на окружающую среду;
- иметь представление о методах инженерной защиты окружающей среды;
- иметь опыт по оценке экологической эффективности, принимаемых природоохранных технических решений.

Методы изучения курса включают чтение курса лекций; проведение практических занятий, включающих методы расчетов нормирования, мониторинга, общие вопросы инженерной защиты окружающей среды и ведения природоохранных мероприятий; выполнение самостоятельных работ.

ВВЕДЕНИЕ

Жизнь на нашей планете представлена огромным разнообразием ее форм – свыше миллиона различных видов; эти виды обитают в разных местах, но иногда в одном и том же месте живет одновременно несколько разных видов. Причем жизнь ограничена по вертикали, а по горизонтали почти нет участков, где жизнь отсутствует,– живых организмов нельзя встретить только в кратерах действующих вулканов, на свежих лавовых потоках, в Мертвом море и на дне Черного моря. Жизнь очень скудно представлена у полюсов, а по мере приближения к экватору увеличивается как многообразие форм, так и численность каждой из них. Ни один вид не существует в одиночку. Наконец, население любого места различно в разное время (зимой и летом, ночью и днем, ныне и в прошлом), а численность любого вида никогда не остается постоянной. Все эти явления изучает ***экология***, которая стремится понять их и дать возможность предсказывать будущие изменения. Сегодня экология представляет собой науку на стыке многих дисциплин: биологии, географии, физики, химии и др.

В наш век особое значение приобретают знания о жизненных процессах в целом, происходящих на планете. Увеличение народонаселения на Земле требует изыскания новых пищевых ресурсов. Вредные отходы промышленности и транспорта ставят проблему охраны не только живых организмов, но и чистоты воды и воздуха. В этой связи необходимо понять роль живой природы в круговороте веществ на Земле. Главное – определить значимость живой природы как носителя и трансформатора энергии. Необходимо знать структуру жизни на всей планете и основы ее устойчивости, включая все уровни ее организации: молекулярного, клеточного, организменного, популяционно-видового, популяционного, биогеоценотического, вплоть до самого высшего уровня организации жизни на нашей планете – биосферы.

Порядок в земной природе не случаен, он необходим для существования и развития человека, для продолжения человеческого рода. Потому человечество стоит перед необходимостью *реализации безопасного экологического развития – устойчивого развития*, а для этого необходимы новые знания об окружающей среде, новые технологии, новые нормы поведения.

Фундаментом для понимания проблем развития и охраны окружающей среды является базовое экологическое образование.

Достижение этой цели затруднено кризисными явлениями во всех сферах жизни нашего общества. Экологический кризис является, по сути, кризисом культуры.

Основой успешного решения экологических проблем и предотвращения экологических катастроф является экологизация социально-экономической системы любого государства мира, в том числе нашей страны, одним из шагов которой является ликвидация пробела в фундаментальном образовании.

1. ЭКОЛОГИЯ В СИСТЕМЕ НАУК О БИОСФЕРЕ

- *Краткий исторический очерк развития экологии;*
- *Структура современной экологии;*
- *Взаимосвязь экологии с другими науками.*

1.1. Краткий исторический очерк развития экологии

Развитие экологии можно представить схематично (рис.1.1.).



Рис.1.1 Схема развития экологии

В общем виде развитие экологии можно представить в три этапа.

Первый этап – зарождение и становление экологии как науки (до 60-х годов XIX века), в котором на основании накопленных данных о взаимосвязи живых организмов со средой их обитания делались первые научные заключения. Так, Гиппократ (460–377 гг. до н.э.) выдвинул идеи о влиянии факторов среды на здоровье людей, Аристотель классифицировал более 500 животных по способу питания. Шведский естествоиспытатель Карл Линней (1707–1778) дал основы

научной системы животных и растений, обобщив свои наблюдения в работе «Система природы». Французский натуралист Жан Батист Ламарк (1744–1829) изучал влияние среды на организмы, описанное в работе «Философия зоологии». Ламарк и Мальтус (английский священник) впервые предполагают о возможных негативных последствиях воздействия человечества на природу.

Второй этап – экология формируется как самостоятельная наука (после 60-х годов XIX века. Так, немецкий ученый Гумбольдт и российский зоолог Рулье (1814–1858) указывали о необходимости синтеза наук при изучении природных комплексов, о единстве среды и организмов, живых и неживых компонентов природных комплексов. В работах русских ученых А.Т.Болотова (1738–1833), И.И.Лепехина (1740–1802), П.С.Паллас (1741–1811), Н.А.Северцова (1827–1885), А.Н.Бекетова (1825–1902), В.В.Докучаева (1846–1903) обосновывается ряд принципов и понятий экологии, актуальных до настоящего времени. На основании учения Чарльза Дарвина об эволюции видов, описанного в книге «Происхождение видов путем естественного отбора», 1859), немецкий биолог Эрнст Геккель выделил как самостоятельную науку из состава биологии – экологию. В 1866 г. он ввел в науку термин экология (от греч. *ойкос* – дом, жилище, родина и *логос* – наука). Геккель назвал словом экология новый раздел биологии – ***науки о взаимоотношениях живых организмов с окружающей средой***, т.е. изучающей условия существования живых организмов, их взаимосвязь между собой и средой, в которой они обитают.

В 1877 г появилось новое экологическое понятие – биоценоз, определение которому дал немецкий гидробиолог К.Мебиус. Понятие – биотоп – совокупность условий среды, в которых обитает биоценоз – ввел Ф.Даль в 1903 г.

Создателем учения о лесе является русский ученый Г.Ф.Морозов. В этот период появляются научные публикации Ч.Адамса (1913), В.Шелфорда (1913, 1929), Ч.Элтона (1927), Р.Гессе (1924) и др.

В этот период выдающийся русский ученый В.И.Вернадский создает фундаментальное ученое о биосфере. До учения Вернадского представления о целостности природных комплексов, сформулированных разрозненными трудами ученых, не стали системой господствующих взглядов в научных кругах конца X1X – начла XX века. Интегрированная система изучения биоценоза и биотопа возникла в экологии позже.

Экология окончательно сформировалась как самостоятельная наука в начале 20-го столетия.

В 30–40-е годы экология поднялась на более высокую ступень: А.Тенсли дает определение экосистемы, В.Н.Сукачев о близком понятии – биогеоценозе. Публикуются работы В.В.Станчинского, Э.С.Бауера, Г.Г.Гаузе, А.Н.Формозова, Д.Н.Кашкарева, В.Н.Беклемишева и др.

Третий этап начинается в 50-е годы XX века и продолжается до настоящего времени. Экология превращается в комплексную науку – науку об окружающей природной среде и ее охране, включающей знания разделов географии, геологии, химии, физики, экономики, социологии, культуры, технологий и др. Современный период развития экологии связан с именами крупных зарубежных ученых: Ю.Одума, Д.Андерсена, Э.Пианка, Р.Риклефс, М.Бигона, А.Швейцера, Д.Харпера, Н.Борлауга, Т.Миллера, Б.Небела, Р.Уиттекера и др. Большой вклад в развитие экологии внесли советские и российские ученые: И.П.Герасимов, А.М.Гиляров, В.Г.Горшкова, Ю.А.Израэль, Ю.Н. Куражсковский, К.С.Лосев, Н.Н.Моисеев, Н.П.Наумов, Н.Ф.Реймерс, В.В.Розанов, Ю.М.Свирижев, В.Е.Соколов, В.Д.Федоров, С.С.Шварц, А.В.Яблоков, А.Л.Яншин и др.

Таким образом, фундаментом к изучению современной экологии является биологическая экология.

В современной экологии этот раздел биологии входит в состав общей экологии. ***Задачей экологии как биологической науки*** является изучение закономерностей размещения живых организмов, изменения их численности, потока энергии и круговорота веществ при участии живых организмов.

Современная экология перестала быть составной частью биологии, а охватывает широкий круг вопросов и тесно переплетается с рядом смежных наук, прежде всего биологией, географией, геологией, физикой, химией, математикой, медициной, агрономией, архитектурой и др., она приобрела универсальный смысл, превратившись в науку, интегрирующую естественные, технические и общественные дисциплины для выявления общих закономерностей, справедливых как для природы, так и для современного общества.

Основой современной экологии является экосистемная концепция: главным объектом изучения являются экосистемы. Современная экология не только изучает законы развития и функционирования систем (природных и антропогенных), но и ищет оптимальные пути управления экосистемами в соответствии с законами природы, гармонично сочетающими экономические и экологические интересы человека, осознавая опасность экологического кризиса, катастрофических преобразований планетарной системы.

Началом природоохранной деятельности бывших государств СССР является 1917 г. – первый «Декрет о земле». В 50-е г. была создана важная форма регулирования взаимодействия общества и природы – охрана среды обитания человека.

В 1910 г. на III Ботаническом конгрессе в Брюсселе экология растений официально разделилась на разделы экологии – аутоэкологию – экологию особей, синэкологию – экологию сообществ.

Сегодня экология подразделяется в соответствии:

– с размерами объектов изучения:
– *аутоэкология* (организм и его среда),
– *демэкология* (популяция и ее среда),
– *синэкология* (экосистема и ее среда),
– *ландшафтная* экология (крупные геосистемы с участием живого и их среда),
– *глобальная экология*, или *мегаэкология* (учение о биосфере Земли);
– отношением к предметам изучения: экология микроорганизмов, экология грибов, экология растений, экология животных, экология человека, сельскохозяйственная экология, промышленная экология, общая экология;
– средами и компонентами: экология суши, экология пресных водоемов, экология морская, экология Крайнего Севера, экология высокогорий, экология химическая;
– подходом к предмету: аналитическая, динамическая;
– фактором времени: историческая, эволюционная.

В основе всех направлений современной экологии – фундаментальные биологические идеи об отношениях живых организмов с окружающей их средой: влияние не только среды на организм, но и организма на среду, т.к. именно организмы сформировали современную среду. От прогресса этой науки будущего будет зависеть существование человека.

1.2. Структура современной экологии

Структура современной экологии по Н.Ф.Реймерсу (1994) с изменениями представлена на рис.1.2.



Рис. 1.2. Структура современной экологии

Так, *биологическая экология* изучает условия существования живых организмов и взаимосвязи между организмами и средой, в которой они обитают.

Инженерная экология исследует взаимосвязь общества и природной среды с процессами общественного производства.

Глобальная экология – влияние на биосферу антропогенных, космических, геофизических и других воздействий.

Предметом исследования *экологии человека* являются вопросы сохранения и развития здоровья людей с учетом связей человека с окружающей его природной и социальной средой.

Социальная экология изучает систему «природа – общество» – это наука о радикальных изменениях структуры и качества технологии, приоритетов в экономике, в системе ценностей, культуре современной цивилизации, направленных на безопасную стратегию и тактику природопреобразующей деятельности людей.

Совершенно новое направление экологии человека – *космическая экология* – исследует пилотируемые спутники Земли как искусственные экосистемы и влияние космических факторов на человеческий организм, являющийся ядром этой системы. В данном случае тесно переплетаются интересы космической и медицинской экологий.

Экологические вопросы целесообразно изучать посредством аналитического подхода, т.е. способа мысленного расчленения изучаемого объекта на составные части для получения новых знаний путем представления целого как совокупности частей и проявление его внешних, поведенческих свойств.

Биосфера как система планетарного уровня организации состоит из отдельных взаимосвязанных структурных образований – *экосистем*, или *биогеоценозов*, представляющих собой природные комплексы, которые образованы живыми организмами и средой их обитания. *Объектом изучения экологии являются комплексы различной степени сложности и организованности, связанные общим потоком вещества и энергии* (рис.1.3).

Исходя из концепции об уровнях организации живой материи и степени сложности биологических систем, удобно определить ***предмет экологии***.

Биосистемы разных уровней являются предметом изучения различных дисциплин: генетические системы изучает генетика, органы – физиология, отдельные разделы медицины. Более высокоорганизованные системы уже не укладываются в рамки одной дисциплины. Организмы, например, рассматривают разнообразные разделы ботаники и зоологии: альгология, микробиология, микология, ихтиология, орнитология, антропология и т.п.

Системы, которые расположены выше уровня организмов: *сообщества – популяционные системы, экосистемы, биосферу – изучает экология*.

В такой же последовательности рассмотрим экологические закономерно-сти развития от *особи* (например, зайца), *популяции* (зайцев), *биоценоза* (сообщества различных живых организмов: растений, животных, микроорганизмов, т.е. заяц – растения – хищник); *биогеоценоза* (сообщества живых организмов и их среду обитания, например, заяц – волк – лес); *экосистемы* (крупной природной зоны, например: сообщества живых организмов, живущих в лесу на территории Казахстана); до *биосферы* (жизни от элементарного биогеоценоза до планеты в целом).

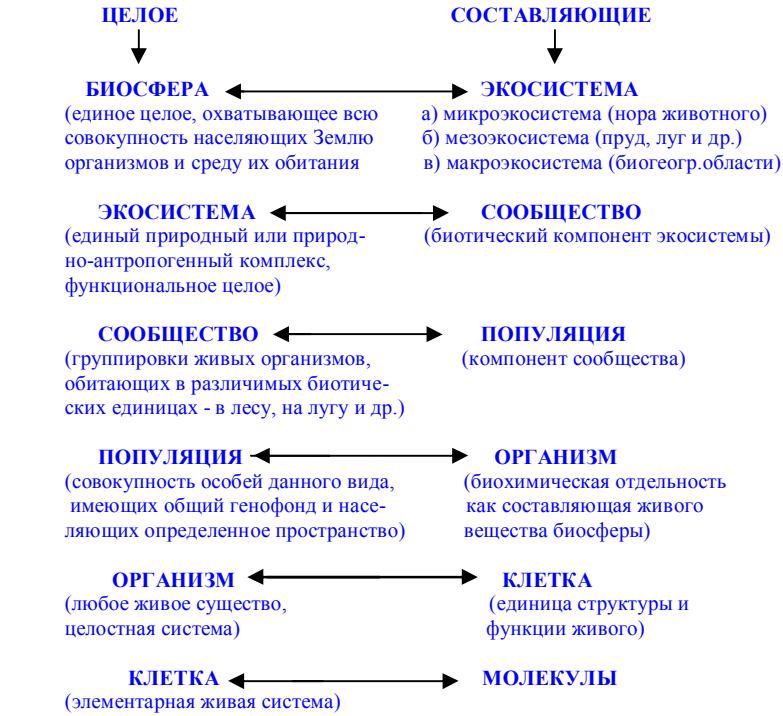


Рис.1.3. Характер взаимосвязи составляющих элементов и целого в биологических системах

1.3. Взаимосвязь экологии с другими науками

Специфичность экологии заключается в охвате исследованием большого разнообразия явлений в природе и обществе.

Дисциплина “Экология” находится в тесной связи с фундаментальными дисциплинами: биологией, химией, математикой, физикой, технологией добычи нефти, минералогией, геологией, экологией и др.



Для разработки мер по охране окружающей среды необходимы

знания технологических процессов и аппаратов, являющихся источниками загрязнения окружающей природной среды. Необходимы знания для проектирования не только экологически чистых прогрессивных технологий, но и технологий, требующих усовершенствования старых существующих технологий и способов надежной инженерной защиты окружающей среды.

Экологизация технологий (производств) включает мероприятия по предотвращению отрицательного воздействия производственных процессов на природную среду. Она осуществляется путем разработки малоотходных (ресурсосберегающих) технологий, аппаратов и оборудования, дающих на выходе минимум вредных выбросов.

Экология – является научной базой для развития охраны окружающей среды (или охраны природы), защиты биосферы, инженерной экологии, промышленной экологии, экологической безопасности и других самостоятельных подразделений, составляющих многоплановую дисциплину экологии.

Прикладная экология – дисциплина, изучающая механизмы разрушения биосферы человеком, способы предотвращения этого процесса и разрабатывающая принципы рационального использования природных ресурсов без деградации среды жизни.

Инженерная экология – дисциплина, изучающая общие и локальные закономерности формирования техносферы и способы управления ею в целях защиты и безопасности природной среды, или система инженерно-технических мероприятий, направленных на сохранение качества среды в условиях растущего промышленного производства.

Промышленная экология – дисциплина, рассматривающая воздействие промышленности – от отдельных предприятий до техносферы – на природу и, наоборот, – влияние условий природной среды на функционирование предприятий и их комплексов.

Поскольку предметом изучения экологии являются экосистемы (состав, структура, свойства, функции, развитие, закономерности, методы изучения экосистем, проблемы, нормирование, экологические принципы охраны экосистем, управление и стратегия взаимодействия общества и природы), эти знания позволяют освоить основные принципы охраны окружающей среды всех отраслей промышленности, где необходимы соблюдения нормативных требований не только в целях охраны здоровья человека, но и экосистемы в целом.

Сегодня идея экологизации, которую выдвинули В.И.Вернадский и В.В.Докучаев, охватила не только естественные науки, но и социальные, политические и экономические, использующие статистические

данные о процессах, протекающих на нашей планете. Все они имеют одну надежную статистическую платформу.

Так, *экологометрия* изучает явления на стыке двух наук – *экологии и математики*. Она превращает экологию из описательной в точную науку, основанную на измерениях, на применении количественных оценок при решении экологических задач.

В настоящее время экологические модели разрабатываются с использованием экологометрии – части экологической науки, занимающейся разработкой и применением математических и, прежде всего, эколого-статистических методов анализа экологических процессов, обработки статистической экологической информации с целью выявления закономерностей в развитии массовых явлений.

Предметом экологометрии является любой экологический объект, если проводимые над ним наблюдения получают количественное выражение.

Основу экологометрии заложили многие ученые, начиная с XYI в: П. Ферма (1601 – 1665), Б.Паскаль (1623 – 1662), Гюйгенс (1629 – 1695), Бернулли, Гаусс, Лаплас, Пуассон и др. Значительный вклад в развитие вероятностно-статистических методов внес Р.Фишер (1890 – 1962). Он разработал метод комплексной оценки действия факторов и их возможных комбинаций на результативный признак-метод, основанный на разложении дисперсии. Дисперсионный метод доказал, что планирование исследований и обработка результатов – две неразрывно связанные задачи статистического анализа. Все эти методы нашли широкое применение в экологических исследованиях и сегодня широко используются.

В развитие экологометрии большой вклад внесли: Чебышев П.Л., (1821-1894), Бронштейн (1880-1948), Хинчин А.Я. (1894 – 1959), Колмогоров А.Н. (1903 – 1989) и др.

Среди современников большой вклад в экологометрику внесли ученые “Римского клуба”: Д. Медоуз (доклад “За пределами роста”).

Большой интерес к изучению экологических процессов, вызванный ухудшающимся состоянием окружающей среды, побудил исследователей к применению *математического моделирования*. По мере усложнения экологических явлений моделирование все чаще производится с помощью современных вычислительных систем, реализуемых на базе компьютерных технологий, построенных с применением математики и логических умозаключений.

Применяется построение и анализ экологических моделей, например, с использованием регрессионного анализа, статистического оценивания уравнения регрессии и парной корреляции, нелинейного

регрессионного анализа, динамических статистических моделей, многофакторных эколого-математических моделей.

Широко применяются *математические методы планирования* экспериментов и методы *оптимизации* в экологии. Оптимизация играет важную роль при экологических исследованиях и поиске наилучших характеристик объекта или наименьших затрат ресурсов.

Прогрессивными являются информационные технологии в экологии. *ГИС-технологии* – это системы хранения, обработки, преобразования, передачи и обновления информации с использованием компьютерной и другой техники. Исследование и использование природных ресурсов, рациональное ведение хозяйственной деятельности, охрана природы и мониторинг, принятие важных практических решений, связанных с окружающей средой, невозможны без прочного информационного обеспечения. Поэтому создание географических информационных систем (ГИС) – одна из актуальных задач, решением которой в настоящее время занимаются многие научные и производственные организации.

ГИС – представляют собой совокупность технологических средств, информационных ресурсов и персонала, позволяющих на единой географической основе поддерживать в оперативном состоянии информационную модель территории, моделировать протекающие региональные процессы и решать задачи регионального управления.

Разработка ГИС – это та сфера научно-технического прогресса, развитие которой невозможно без опоры на картографирование и аэрокосмическое зондирование.

Изучение дисциплины «Охрана окружающей среды при добыче нефти» невозможно без знаний *физики. К механическим связям* относятся: перенос одного элемента природы другим (вода – взвеси, ветер – частицы почвы, ледник – камни), давление одного тела на другое (вышележащие горные породы – на нижележащие, вода – на организмы ее толщи, воздух – на организмы и поверхность планеты), разрушение одного тела другим (водный поток – ложе и берега, ветер с песком – скалы). *Физические связи* выражаются во взаимном притяжении, температурных влияниях, электрических взаимодействиях, воздействии излучений и звуковых колебаний.

Особое место занимает *радиационная экология*, которая основывается на физике радиоактивного излучения. Известно, что многие месторождения нефти на территории Казахстана контролируются на радиоактивность. *Химические связи* выражаются в химических взаимодействиях элементов природы, нередко приобретающих характер местного и планетарного круговорота веществ, где включены и орга-

низмы как активная геохимическая сила. Химия окружающей среды позволяет понять физико-химические превращения, протекающие в окружающей среде. Знание физических и химических процессов и явлений позволяют проводить мониторинг компонентов биосферы: воздуха, воды, почвы; выявить причины глобальных изменений на планете. Знания химии и минералогии необходимы для изучения химического и фазово-минералогического составов руд, отходов производств, некондиционного сырья.

Связь дисциплины «Охрана окружающей среды при добыче нефти» с географией заключается в том, что географические знания лежат в основе ландшафтной экологии. Для восстановления нарушенных земель и восстановления природных ландшафтов необходимы надежные рекультивационные работы.

Современные природоохранные мероприятия невозможны без *экономических знаний*, т.к. любые проектные инженерные решения сопровождаются экономическим расчетом эффективности технологий. Для определения ущерба от загрязнения и расчета предотвращенного ущерба от антропогенного воздействия, от снижения загрязнения отходами производства и потребления, необходимы знания экономики природопользования. Эколого-экономический механизм охраны природной среды и природопользования включает обязательную стандартизацию объектов охраны окружающей среды, экологическую аттестацию и паспортизацию, экологическую экспертизу, экологическую сертификацию, экологический аудит, экологический менеджмент.

2. АУТОЭКОЛОГИЯ – ЭКОЛОГИЯ ОСОБЕЙ (факторальная экология)

- Организмы и среды их обитания;

- Факторы среды;

- Закономерности действия факторов среды на организмы: закон минимума Либиха, 1840; закон толерантности (оптимума) Шелфорда, 1913; обобщающая концепция лимитирующих факторов Одума; адаптация к природным явлениям.

Для того, чтобы понять закономерности, происходящие в природе, рассмотрим сначала поведение в ней организма.

Аутоэкология изучает взаимоотношения представителей вида с окружающей его природной средой, влияние совокупности экологических факторов на изолированную особь (организм) и ответные реакции особи на их действие.

2.1. Организмы и среды их обитания

Основной источник разнообразия биосферы (внешней оболочки Земли, населенной живыми организмами) – это деятельность живых организмов. Между организмами и окружающей их неживой природой происходит непрерывный обмен веществ. В биосфере представлено более 2 миллионов видов живых организмов. Многие виды включают в себя миллионы особей, определенным образом распределенных в пространстве. Каждый вид по-своему взаимодействует с окружающей природной средой. Деятельность живых организмов создает удивительное *разнообразие* окружающей нас природы. Оно и *служит гарантией сохранения жизни на Земле*.

В пределах биосферы выделяются четыре основные среды обитания:

1) водная;
2) наземно-воздушная;
3) почвенная;
4) среда, образуемая самими живыми организмами.

В каждой из этих сред своя *биота* (набор живых организмов), ведущая свой образ жизни.

Сравнительная характеристика сред обитания и адаптаций к ним живых организмов (по С.И.Колесникову) показана в табл. 2.1.

Любой живой организм реагирует на экологические факторы среды, в которых он проживает.

Таблица 2.1

Сравнительная характеристика сред обитания и адаптаций к ним живых организмов (по С.И.Колесникову)

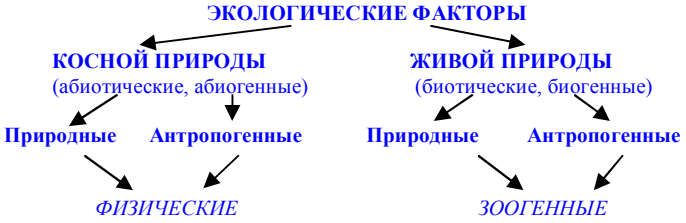
Среда	Характеристика	Адаптации организма к среде
Водная	Самая древняя. Освещенность убывает с глубиной. При погружении на каждые 10 м давление возрастает на 1 атмосферу. Дефицит кислорода. Степень солености возрастает при переходе от пресных вод к морским и океаническим. Относительно однородная (гомогенная) в пространстве и стабильная во времени.	Обтекаемая форма тела, плавучесть, слизистые покровы, развитие воздухоносных полостей, осморегуляции.
Почвенная	Создана живыми организмами. Осваивалась одновременно с наземно-воздушной средой. Дефицит или пол-	Форма тела вальковатая, слизистые покровы или гладкая поверхность, у

	ное отсутствие света. Высокая плотность. Четырехфазная (фазы: твердая, жидкая, газообразная, живые организмы). Неоднородная (гетерогенная) в пространстве. Во времени условия более постоянны, чем в наземно-воздушной среде обитания, но более динамичны, чем в водной и организменной.	некоторых имеется копательный аппарата, развитая мускулатура. Для многих групп характерны микроскопические или мелкие размеры как приспособление к жизни в пленочной воде или в воздухоносных порах.
Наземно-воздушная	Разреженная. Обилие света и кислорода. Гетерогенная в пространстве. Очень динамичная во времени.	Выработка опорного скелета, механизмов регуляции гидротермического режима. Освобождение полового процесса от жидкой среды.
Организменная	Очень древняя. Жидкая (кровь, лимфа). Или твердая, плотная (ткани). Наибольшее постоянство среды во времени из всех сред обитания.	Коадаптация паразита и хозяина, симбионтов друг к другу, выработка у паразитов защиты от переваривания хозяином и системы заякоривания в среде, усиление полового размножения, редукция зрения, пищеварительной системы, синхронизация биоритмов.

2.2. Факторы среды

В понятие ***природной среды*** входят все условия живой и неживой природы, в которых существуют организм, популяция, природное сообщество. Природная среда прямо или косвенно влияет на их состояние и свойства.

Компоненты природной среды, влияющие на состояние и свойства организма, популяции, природного сообщества, называют ***экологическими факторами*** – любое условие среды, на которое живой организм реагирует приспособительными реакциями. Среди них различают три разные по своей природе группы факторов: *абиотические, биотические, антропогенные* (рис.2.1).



(климатические, космические, почвенные и др.)
ХИМИЧЕСКИЕ
(компоненты воды, воздуха, почвы, кислотность, примеси и др.)

(воздействия животных)
ФИТОГЕННЫЕ
(воздействия растений)
МИКРОБОГЕННЫЕ
(воздействия микробов)

Рис.2.1. Классификация экологических факторов

Абиотические факторы – это факторы неживой природы (прежде всего климатические: солнечный свет, температура, влажность воздуха, ветер, давление) и местные (рельеф, свойства почвы, соленость, течения, ветер, радиация и т.д.).

Часто абиотические факторы классифицируют на:

1. *геологические* (землетрясения, извержения вулканов, движение ледников, радиоактивное излучение и др.);
2. *орографические* (рельеф местности);
3. эдафические или почвенно-грунтовые (плотность, структура, pH, гранулометрический состав, химический состав и др.);
4. *гидрологические* (вода, течение, соленость, давление и др.).

Удобно абиотические факторы делить на *физические, химические и эдафические*.

Эти факторы могут влиять на организм прямо, т. е. непосредственно, например, свет и тепло; либо косвенно, например, рельеф, что обусловливает действие прямых факторов: освещенности, увлажнения, ветра и прочих. Затем идут эдафические (почвенные), важные для обитающих в почве животных, и, наконец, гидрографические, или факторы водной среды.

Для жизни растений и животных наибольшее значение имеют такие компоненты среды, как свет, температура, влажность. Важная особенность этих факторов заключается в их закономерном изменении как в течение года и суток, так и в связи с географической зональностью. Поэтому и приспособления к ним имеют зональный и сезонный характер.

Свет. Солнце служит основным источником энергии для всех земных процессов. В спектре солнечного излучения выделяются три области, различные по биологическому действию: ультрафиолетовая, видимая и инфракрасная.

Ультрафиолетовые лучи с длиной волны менее 0,290 мкм губительны для всего живого. Жизнь на Земле возможна лишь потому, что это коротковолновое излучение задерживается озоновым слоем атмосферы. Более длинные волны (0,300 – 0,400 мкм) доходят до поверхно-

сти Земли и в большой дозе могут повреждать живые клетки. В небольших дозах лучи необходимы человеку и животным.

Видимые лучи с длиной волны от 0,400 до 0,750 мкм, на долю которых приходится большая часть энергии солнечного излучения, имеют особенно большое значение для организмов. Зеленые растения синтезируют органическое вещество – пищу для всех остальных организмов за счет энергии именно этой части спектра.

Инфракрасные лучи с длиной волны более 0,750 мкм не воспринимаются глазом человека, но они являются важным источником внутренней энергии. Ими особенно богат прямой солнечный свет.

Для растений свет необходим как источник энергии для фотосинтеза. Так, растения делят на:

- светолюбивые – гелиофиты (имеют мелкие листья, сильно ветвящиеся побеги, большое количество пигментов в листьях);
- тенелюбивые – сциофиты (имеют крупные, тонкие листья, расположенные горизонтально, с меньшим количеством устьиц);
- теневыносливые – факультативные гелиофиты (могут обитать как в условиях хорошего освещения, так и в условиях затемнения, имеют переходные черты).

Поскольку свет имеет суточную и сезонную периодичность, у животных возникли приспособления к дневному и ночному образу жизни. Животные бывают с дневным, ночным и сумеречным образом жизни.

По отношению к продолжительности дня организмы бывают короткодневные (обитают в низких широтах) и длиннодневные (обитают в умеренных и высоких широтах). Реакция организмов на продолжительность дня называется *фотопериодизмом* (смотри 2.3.4 «Адаптации к природным явлениям»).

Температура. Все химические процессы, протекающие в организме, зависят от температуры – внешней и внутренней. Особенно зависимы от внешней температуры организмы, неспособные поддерживать постоянную температуру тела (все растения и большинство животных, кроме птиц и млекопитающих), которые при отрицательной температуре погибают, а верхний температурный предел не превышает 40 – 45 ºС, что связано со свойствами цитоплазмы клеток (за исключением некоторых видов). Верхним температурным пределом жизни является плюс 120 – 140 ºС (споры, бактерии). Нижним – минус 190 – 273 ºС (переносят споры, семена, сперматозоиды). Организмы, обитающие при низких температурах называют криофилами, в условиях высоких температур – термофилами.

Влажность. Недостаток влажности является причиной, ограничивающей жизнедеятельность и распространение большинства растений и животных. Среднее содержание воды в клетках большинства живых организмов составляет около 70 %. Вода в клетке присутствует в двух формах: свободной (95 % всей воды клетки) и связанной (4–5 % связаны с белками).

Вода выполняет важные функции и имеет следующие свойства: является растворителем; участвует в химических реакциях (полимеризации, фотосинтезе, гидролизе и др.); является термостабилизатором и терморегулятором (выравнивает температуру тела теплоотдачей, охлаждает организм потением; осуществляет транспортировку веществ в организме и др. По отношению к воде живые организмы делятся на: гигрофилы (влаголюбивые), ксерофилы (сухолюбивые), мезофиллы (промежуточная группа).

Растения также делятся, называясь:

- *гигрофитами* (растения влажных мест обитаний, не переносящих дефицит воды: кувшинки, тростник);

- *ксерофитами* (растений сухих мест обитания, способные переносить обезвоживание). Среди которых, например, алоэ – ксерофитовое растение с сочными мясистыми листьями и кактус – с сочными мясистыми стеблями, их называют суккулентами; или ксерофитовые растения с жесткими побегами, благодаря которым они не увядают (ковыль, саксаул), называемые склерофитами;

- *мезофитами* (растения умеренно увлажненных местообитаний – промежуточная группа между гидрофитами и ксерофитами).

Как видим, все организмы, несмотря на различия в образе жизни, приспособлены к главным особенностям своей среды. Этот процесс называется ***адаптацией*** (смотри 2.3.4 «Адаптации к природным явлениям»).

Биотические факторы – влияние живых организмов друг на друга. При этом взаимоотношения оказывают большое влияние на развитие и существование как особей между собой в популяции, так и между различными популяциями в сообществах. Взаимоотношения при этом могут быть внутривидовыми (между особями одного вида) и межвидовыми (между особями разных видов). По типу взаимодействия различают: протокооперацию (симбиоз), мутуализм, комменсализм, внутривидовую и межвидовую конкуренцию, паразитизм, хищничество, аменсализм, нейтрализм. Эти взаимодействия рассмотрены в 3 разделе «Демэкология».

Антропогенные факторы. Человек настолько воздействует на окружающую природную среду, что жизнедеятельность, разнообразие и существование живых организмов зависит от его деятельности. Современные экологические проблемы и возрастающий интерес к экологии связан с действием антропогенных факторов.

2.3. Закономерности действия факторов среды на организмы

К закономерным действиям относятся**:** *правило минимума Либиха, закон толерантности (правило оптимума) Шелфорда, обобщающая концепция лимитирующих факторов Одума, адаптация к природным явлениям, фотопериодизм.*

Разные экологические факторы, такие как температура, влажность, пища, действуют на каждую особь. В ответ на это у организмов через *естественный отбор* вырабатываются различные приспособления к ним. Интенсивность факторов, наиболее благоприятную для жизнедеятельности, называют оптимальной или ***оптимумом.*** Если количественное значение хотя бы одного из факторов выходит за пределы выносливости, то существование вида становится не-возможным, как бы ни были благоприятны остальные условия. Такие факторы, выходящие за границы оптимальных значений – ***минимума*** или ***максимума***, – называются ***ограничивающими (лимитирующими)***. Например, рост и развитие культурных растений постоянно зависят то от недостатка влаги или минеральных удобрений, то от недостатка или избытка температуры и т.п.

2.3.1. Закон минимума Либиха, 1840

Выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей. В качестве *лимитирующего* (ограничивающего) *фактора* может быть любой *экологический фактор*, количественные и качественные показатели которого как-либо ограничивают жизнедеятельность организма. Так, рост растения зависит от того элемента питания, который присутствует в минимальном количестве.

Другими словами: *если организму (экосистеме) не будет хватать того минимума фактора (тепло, свет, вода и т.д), ниже которого или прекратится развитие экосистемы, или наступает смерть.* Следует помнить, что высокая концентрация или доступность некоторого вещества может изменять потребление минимального питатель-

ного вещества. Организм иногда заменяет одно, дефицитное, вещество другим, имеющимся в избытке.

2.3.2. Закон толерантности (оптимума) Шелфорда, 1913

Закон экологического оптимума В.Шелфорда гласит: отсутствие или невозможность развития экосистемы определяется не только недостатком, но и избытком любого из факторов (тепло, свет, вода). Слишком много хорошего – тоже плохо (закон максимума). Живым организмам свойственна ***толерантность (экологическая валентность, устойчивость, пластичность)*** – (выносливость) – способность выносить отклонения факторов среды от оптимальных для них значений. Диапазон между двумя величинами составляет пределы толерантности, в которых организм нормально реагирует на влияние среды (рис.2.2).



Рис.2.2. Амплитуда экологических факторов для живого организма

Диапазон между экологическим минимумом и максимумом фактора составляет предел толерантности (лат. «терпение»).

Закон толерантности впоследствии был дополнен Ю.Одумом (1975) следующими положениями:

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

Организмы с широким диапазоном толерантности обозначаются приставкой «эври-», а с узким диапазоном толерантности – приставкой «стено-».

Эврибионт – организм, способный жить в различных, порой *резко отличающихся друг от друга условиях среды.* Например, волк живет во всех географических зонах.

Стенобионт – организм, требующий *строго определенных условий* среды. Например, форель не может переносить большие колебания температур.

Кроме того, принято обозначать отношения организмов к конкретному фактору, например, по отношению к температуре: стенотермные (банановое дерево) и эвритермные (растения умеренного пояса); по отношению к солености - стеногалинные (карась, камбала) и эвригалинные (колюшка); по отношению к свету – стенофотные (ель) и эврифотные (шиповник) и т.д.

2. Организмы с широким диапазоном толерантности в отношении всех экологических факторов обычно наиболее распространены.

3. Если условия по одному экологическому фактору не оптимальны для вида, то диапазон толерантности может сузиться и в отношении других экологических факторов и т.д.

4. В природе организмы очень часто оказываются в условиях, не соответствующих оптимальному значению того или иного фактора, определенному в лаборатории.

5. Период размножения обычно является критическим; в этот период многие факторы среды часто оказываются лимитирующимися.

На рис. 2.2 *кривая*, характеризующая скорость того или иного процесса (дыхания, движения, питания и др.) в зависимости от одного из факторов внешней среды *имеет форму колокола, почти всегда*. Такая кривая и аналогичные ей называются ***кривыми толерантности***. Положение вершин кривых указывает на оптимальные условия для данного процесса.

Для некоторых особей и видов характерны кривые с очень острыми пиками. Это означает, что диапазон условий, при которых скорость процесса достигает максимума, очень узок. Плавные кривые соответствуют широкому диапазону толерантности, или устойчивости.

Для человека наиболее благоприятные условия обитания при температуре воздуха 18 – 20 ºС, относительной влажности 40 – 60 %.

2.3.3. Обобщающая концепция лимитирующих факторов Одума

К закону минимума Либиха Ю.Одум добавляет два вспомогательных принципа:

– ограничительный (может применяться лишь в условиях стационарного состояния, т.е. когда приток и отток энергии и веществ сбалансированы);

– взаимодействия различных факторов.

Например, некоторым растениям нужно меньше цинка, если они растут не на ярком солнечном свету, а в тени; значит, концентрация

цинка в почве с меньшей вероятностью может быть лимитирующей для растений в тени, чем на свету.

Способность человека мыслить и изготавливать орудия труда позволили ему временно преодолеть действие обычных лимитирующих факторов:

– пища, вода, хищники и паразиты, подходящее место обитания, конкуренция с другими видами в результате производства в изобилии продовольствия;

– создание водохранилищ и подвода воды в населенные пункты;

– создание средств борьбы с хищниками и многими болезнетворными организмами;

– строительство жилищ;

– победа в конкурентной борьбе с другими видами.

Избавление от природных лимитирующих факторов позволило человеческой экосистеме вырасти и распространиться по всему свету. Процесс этот идет и сейчас. Мы продолжаем вырубать, распахивать естественные экосистемы, чтобы занять все большее пространство.

Однако мы забываем, что если даже единственный фактор не соответствует зоне оптимума, то это уже приводит к стрессу и угрозе для живого организма. Кроме того, изменение любого биотического или абиотического фактора вызывает цепную реакцию с далеко идущими последствиями.

Сейчас человеческая экосистема находится в состоянии быстрого роста. Тем не менее мы не можем ни изменить закона лимитирующих факторов, ни избежать их воздействия. Люди достигли выдающихся успехов в создании и расширении пищевых цепей, позволивших им процветать в течение относительно короткого периода времени. Однако условие долговременной устойчивости существования экосистем при этом явно недоучитывалось. Современные экологические проблемы обусловлены именно недостаточным вниманием основным принципам функционирования экосистем.

2.3.4. Адаптация к природным явлениям

Адаптации – различные приспособления к среде обитания, выработавшиеся у организмов (от наипростейших до высших) в процессе эволюции. Способность к адаптации – одно из основных свойств живых, обеспечивающих возможность своего существования.

К основным факторам, развивающим процесс адаптации относятся: *наследственность, изменчивость, естественный (и искусственный) отбор.*

Толерантность может измениться (соответственно, и положение кривой), если организм попадает в иные внешние условия. Попадая в такие условия, он через некоторое время как бы привыкает, *адаптируется* к ним (от лат. адаптацио – приспособлять). Следствием этого является изменение положений физиологического оптимума, что изображается на графике как сдвиг купола кривой толерантности. Свойство организмов адаптироваться к существованию в том или ином диапазоне экологического фактора называется *экологической пластичностью*.

Чем шире диапазон экологического фактора, в пределах которого данный организм может жить, тем больше его экологическая пластичность. По степени пластичности выделяют два типа организмов: стенобионтные (стеноэки) и эврибионтные (эвриэки). Таким образом, стенобионты экологически непластичны (например, камбала живет только в соленой воде, а карась только в пресной), т.е. маловыносливы, а эврибионты экологически пластичны, т.е. более выносливы (например, трехиглая колюшка может жить как в пресных, так и в соленых водах).

Адаптации многомерны, так как организм должен одновременно соответствовать многим различным факторам окружающей среды.

Существует три основных пути приспособления организмов к условиям окружающей среды: *активный; пассивный; избегание неблагоприятных воздействий.*

Активный путь адаптации – усиление сопротивляемости, развитие регуляторных процессов, позволяющих осуществлять все жизненные функции организма, несмотря на отклонения фактора от оптимума. Например, теплокровные животные поддерживают постоянную температуру тела – оптимальную для биохимических процессов, протекающих в нем.

Пассивный путь адаптации – подчинение жизненных функций организмов изменению факторов среды. Например, при неблагоприятных условиях среды многие организмы переходят в состояние *анабиоза* (скрытой жизни), при котором практически останавливается обмен веществ в организме (состояние зимнего покоя, оцепенение насекомых, спячка, сохранение спор в почве в виде спор и семян).

Избегание неблагоприятных воздействий – выработка приспособлений, поведения организмов (адаптации), которые помогают избежать неблагоприятные условия. При этом адаптации могут быть:

морфологические (изменяется строение организма: видоизменение листьев у кактуса), физиологические (верблюд обеспечивает себя влагой за счет окисления запасов жира), этологические (изменения поведения: сезонные миграции птиц, спячка зимой).

Живые организмы хорошо адаптированы к периодическим факторам. Непериодические факторы могут вызвать болезни и даже смерть организма (например, лекарственные препараты, ядохимикаты). Однако при длительном их воздействии также может возникнуть адаптация к ним.

Организмы адаптировались к суточной, сезонной, приливно-отливной ритмикам, ритмам солнечной активности, лунным фазам и другим строго периодичным явлениям. Так, сезонную адаптацию различают как сезонность в природе и состояние зимнего покоя.

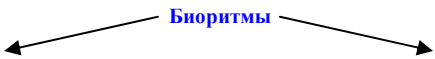
Сезонность в природе. Ведущим значением для растений и животных при приспособлении организмов является годовой ход температуры. Период, благоприятный для жизни, в среднем для нашей страны, продолжается около шести месяцев (весна, лето). Еще до прихода устойчивых морозов в природе наступает период зимнего покоя.

Состояние зимнего покоя. Зимний покой не просто остановка развития в результате низких температур, а сложное физиологическое приспособление, причем наступающего лишь на определенной стадии развития. Например, малярийный комар и бабочка-крапивница зимуют в стадии взрослого насекомого, бабочка-капустница – в стадии куколки, непарный шелкопряд – в стадии яйца.

Биоритмы. У каждого вида в процессе эволюции выработался характерный годичный цикл интенсивного роста и развития, размножения, подготовки к зиме и зимовки. Это явление получило название биологического ритма. Совпадение каждого периода жизненного цикла с соответствующим временем года имеет решающее значение для существования вида. Примерами биологических ритмов являются: ритмичность в делении клеток, синтез ДНК и РНК, секреции гормонов, суточное движение листьев и лепестков в сторону Солнца, осенние листопады, сезонное одревеснение зимующих побегов, сезонные миграции птиц и млекопитающих и т.д.

Главным фактором регуляции сезонных циклов у большинства растений и животных является изменение продолжительности дня.

На рис. 2.3 показаны виды биоритмов.



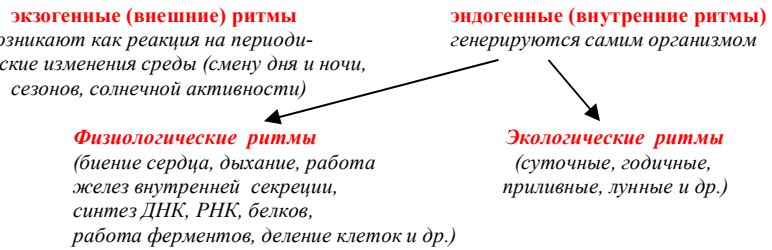


Рис. 2.3. Виды биоритмов живых организмов

Ритмичность имеют процессы синтеза ДНК, РНК, белков, деление клеток, биение сердца, дыхание и т.д. Внешние воздействия могут сдвигать фазы этих ритмов и менять их амплитуду.

Физиологические ритмы варьируют в зависимости от состояния организма, экологические – более стабильны и соответствуют внешним ритмам. При эндогенных ритмах организм может ориентироваться во времени и заранее готовиться к предстоящим изменениям среды – это биологические часы организма. Многим живым организмам свойственны *циркадные и цирканные ритмы*.

Циркадные ритмы (околосуточные) – повторяющиеся интенсивности и характера биологических процессов и явлений с периодом от 20 до 28 часов. Циркадные ритмы связаны с активностью животных и растений в течение суток и, как правило, зависят от температуры и интенсивности света. Например, летучие мыши летают в сумерки и отдыхают днем, многие планктонные организмы ночью держатся у поверхности воды, а днем спускаются в глубину.

С влиянием света – фотопериодом – связаны *сезонные биологические ритмы*. Реакция организмов на продолжительность дня получила название ***фотопериодизма***. Фотопериодизм – это общее важное приспособление, регулирующее сезонные явления у самых разных организмов. Изучение фотопериодизма растений и животных показало, что реакция организмов на свет основана на чередовании в течение суток периодов света и темноты определенной длительности. Реакция организмов (от одноклеточных до человека) на продолжительность дня и ночи показывает, что они способны измерять время, т.е. обладают какими-то *“биологическими часами”*. “Биологические часы”, кроме сезонных циклов, управляют многими другими биологическими явлениями, определяют правильный суточный ритм как активности целых организмов, так и процессов, происходящих даже на уровне клеток, в частности, клеточных делений.

Универсальным свойством всего живого, от вирусов и микроорганизмов до высших растений и животных, является способность давать мутации – внезапные, естественные и вызываемые искусственно, наследуемые изменения генетического материала, приводящие к изменению тех или иных признаков организма. Мутационная изменчивость не отвечает условиям окружающей среды и, как правило, нарушает существующие адаптации.

Впадают в *диапаузу* (продолжительная остановка в развитии) многие насекомые на определенной стадии развития, которую не надо путать с состоянием покоя в неблагоприятных условиях. На размножение многих морских животных влияют *лунные ритмы*.

Цирканные (окологодичные) ритмы – повторяющиеся изменения интенсивности и характера биологических процессов и явлений с периодом от 10 до 13 месяцев.

Физическое и психологическое состояние человека также имеет ритмический характер. Нарушенный ритм труда и отдыха снижает работоспособность и оказывает неблагоприятное влияние на здоровье человека. Состояние человека в экстремальных условиях будет зависеть от степени подготовленности его к этим условиям, поскольку времени на адаптацию и восстановление практически нет.

3. ДЕМЭКОЛОГИЯ – ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ И СООБЩЕСТВ



- Популяция – структурная единица вида, единица эволюции;
- Классификация популяций;

- Количественные показатели (характеристики, свойства) популяции: статические показатели популяции; динамические показатели популяции;

- Действие экологических факторов на популяции: действие экологических факторов; закон квантитативной компенсации Чижевского, 1936;

- Действие биотических факторов в популяциях.

Демэкология (или динамика популяций, как назвал ее немецкий эколог Шверт Фегер в 1903 г.) занимается структурой и динамикой отдельных групп особей какого-либо вида (популяции) или видов (популяций).

3.1. Популяция – структурная единица вида, единица эволюции

Для понимания процессов, происходящих в окружающей нас природе необходимы знания строения и свойств не только отдельных организмов, но их групп – популяций, необходимы знания о том, с какой скоростью и как происходят изменения биологических видов, отчего численность некоторых животных или растений снижается, а других – возрастает, как влияет хозяйственная деятельность человека на окружающую его природу. Необходимы знания о свойствах не только отдельных организмов, но и их групп – популяций.

Вид – экологическая единица – совокупность особей, сходных по строению, имеющих общее происхождение, свободно скрещивающихся между собой, дающих плодовитое потомство. Общее число видов на Земле по разным оценкам от 1,5 до 5 млрд. Существование внутри вида генетически разнообразных популяций обеспечивает эволюционную устойчивость вида.

Виды различаются между собой целым рядом признаков: размером, окраской особей, протекающими у них физиологическими процессами, средой обитания, поведением и др. Характерные для вида признаки и свойства называют *критериями*. Различают несколько критериев вида: морфологический (сходство внутреннего и внешнего строения); физиологический (сходство всех процессов жизнедеятельности у особей одного вида, сходство размножения); географический (определенный ареал, занимаемый видом в природе); *генетический - самый главный видовой признак* (характерный для каждого вида набор хромосом, строго определенное их число, размеры и форма. Особи

разных видов имеют разные наборы хромосом, поэтому они не могут скрещиваться и ограничены друг от друга в естественных условиях.

Популяцией называют группу особей одного вида, находящихся во взаимодействии между собой (свободно скрещивающихся) и совместно населяющих общую территорию. Что же объединяет особей в одну популяцию. Главный объединяющий фактор – это свободное скрещивание особей друг с другом. Возможности встречи особей разного пола и их скрещивания внутри популяции значительно выше, чем между особями соседних популяций. Уровень *панмиксии* (свободного скрещивания) внутри популяции выше, чем между особями разных популяций.

Ареал – область распространения, пространство, на котором популяция или вид в целом встречается в течение всей своей жизнедеятельности. Ареал может быть *сплошным* или *разорванным* (*дизъюнктивным* – если между его частями возникают различные преграды (водные, орографические и др.), пространства, не заселенные представителями данного вида).

В зависимости от характера распространения живых организмов и величины ареала различают: космополитов, убиквистов, эндемиков.

Космополиты – виды растений и животных, представители которых встречаются на большей части обитаемых областей Земли (например, серая крыса, комнатная муха и др.).

Убиквисты – виды растений и животных с широкой экологической валентностью, способны существовать в разнообразных условиях среды, имеют широкие ареалы (например, волк).

Эндемики – виды растений и животных, которые имеют небольшие ограниченные ареалы (часто встречаются в изолированных водоемах, на океанских островах, в горных районах).

3.2. Классификация популяций

Популяции классифицируют:

1. *по размерам* (локальные, экологические, географические популяции);

Элементарная (локальная) популяция – элементарная группировка особей, характеризующаяся практически полной панмиксией.

Экологическая популяция – совокупность пространственно смежных элементарных популяций.

Географическая популяция – совокупность групп пространственно смежных элементарных популяций.

2. *по способности к самовоспроизведению* и самостоятельной эволюции: перманентные (постоянные) и темпоральные (временные);

Перманентные (постоянные) – популяции, относительно устойчивые в пространстве и во времени, способные к неограниченно длительному самовоспроизведению, являются элементарными единицами эволюции.

Темпоральные (временные) – популяции, неустойчивые в пространстве и во времени, неспособные к длительному самовоспроизведению, с течением времени либо преобразуются в перманентные, либо исчезают.

3. *по способу размножения* (панмиктические, клональные и клонально-панмиктические) и др.;

Панмиктические – состоят из особей, размножающихся половым путем, для которых характерно перекрестное оплодотворение.

Клональные – состоят из особей, для которых характерно только бесполое размножение.

Клонально-панмиктические популяции – образованы особями с чередованием полового и бесполого размножения.

4. *длительности существования*;

5. *способу размножения* и т.д.

Популяции обладают рядом специфических свойств, которые присущи каждой отдельной особи: численность, плотность, рождаемость, смертность, скорость роста и др. Популяциям характерна определенная организация: половая, возрастная, генетическая, пространственно-этологическая и др. структуры.

3.3. Количественные показатели (характеристики, свойства) популяции

Количественные показатели (характеристики) популяции делятся на:

- статические;
- динамические.

Статические показатели (численность, плотность, показатели структуры) характеризуют состояние популяции на данный момент времени.

Динамические показатели популяции (рождаемость, смертность, скорость роста популяции) отражают процессы, протекающие в популяции за определенный промежуток времени.

3.3.1. Статические показатели популяции

Численность – число особей в популяции. Численность популяции может значительно изменяться во времени Она зависит от биотического потенциала вида и внешних условий.

Плотность – число особей или биомасса популяции, приходящаяся на единицу площади или объема.

Популяция характеризуется ***структурной организацией*** – соотношением групп особей по полу, возрасту, размеру, генотипу, распределением особей по территории и т.д. Поэтому структуры популяции делят на: половую, возрастную, размерную, генетическую, пространственно-этологическую и т.д.

Половая структура – соотношение особей мужского и женского пола в популяции.

Возрастная структура – соотношение в популяции особей разных возрастных групп.

Пространственно-этологическая структура – характер распределения особей (равномерное, неравномерное, случайное) в пределах ареала. Она зависит от особенностей окружающей среды и *этологии* (особенностей поведения) вида.

3.3.2 Динамические показатели популяции

Жизнь популяции проявляется в ее динамике. Популяция не может существовать без постоянных изменений, за счет которых она как бы приспосабливается к постоянно происходящим изменениям внешних условий.

Динамические показатели популяции отражают процессы, протекающие в популяции за определенный промежуток времени.

Основные из них: рождаемость, смертность, скорость роста популяции.

Рождаемость *(скорость рождаемости)* – число новых особей, появившихся в популяции за единицу времени в результате размножения.

Различают *максимальную и фактическую (экологическую)* рождаемость.

Когда жизнь популяции протекает в благоприятных условиях, рождаемость повышается, достигая максимума. Величина *максимальной рождаемости* определяется лишь числом самок в популяции и их способностью производить определенное число детенышей в единицу времени при идеальных условиях, когда нет ограничивающих факторов.

Обычно рождаемость ниже максимальной и соответствует сложившимся экологическим условиям и называется *фактической*, или *экологической*.

Экологическая рождаемость дает представление о скорости размножения популяции при фактически сложившихся условиях жизни. Например, взрослая самка трески выметывает миллионы икринок, из которых в среднем доживают до взрослого состояния лишь две особи.

Различают *абсолютную и удельную рождаемость*.

Абсолютная рождаемость или скорость рождаемости выражают соотношением

$$dN_n / dt,$$

где dN_n – число особей, родившихся за некоторый промежуток времени dt.

Удельная рождаемость (b) – отношение скорости рождаемости к исходной численности (N)

$$b = dN_n / (Ndt).$$

Эта величина зависит от интенсивности размножения особей: для бактерий – час, для фитопланктона – сутки, для насекомых – неделя или месяц, для крупных млекопитающих – год.

Смертность – это показатель, характеризующий скорость процесса снижения численности популяции. Смертность – число особей, гибнущих в течение определенного промежутка времени (от хищников, болезней, старости и др.). Существует теоретическая минимальная смертность, аналогично максимальной рождаемости и фактическая смертность.

Минимальная смертность – это смертность в популяции, находящейся в идеальных условиях, в которой гибнут только те особи, которые достигли старости. Эта величина также постоянна для данной популяции.

Фактическая смертность выше минимального уровня, так как под влиянием внешних факторов (хищничества, отсутствия достаточного количества пищи, загрязненности среды и других) создаются дополнительные причины гибели организмов. При одной и той же рождаемости чем выше смертность, тем ниже численность популяции, и наоборот.

Кроме того, смертность влияет на продолжительность жизни организмов в популяции и тем самым на ее возрастной состав. Этот процесс можно рассмотреть графически, получив *кривые выживания*, характеризующие возрастные изменения численности рассматриваемой группы. Кривые выживания подразделяются на три общих типа (рис.3.1; человек, гидра, рыба).

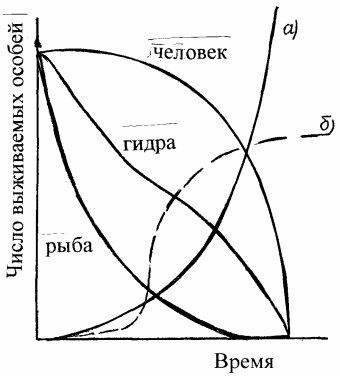


Рис. 3.1. Кривые выживания

Сильно выпуклая кривая характерна для видов, у которых смертность резко повышается лишь к концу жизни, а до этого она остается низкой. Этот тип кривой характерен для многих видов крупных животных, взрослых насекомых, которые погибают только после кладки яиц и, конечно, для человека.

Другой тип – сильно вогнутая кривая – при массовой гибели особей на ранних стадиях жизни. К этому типу относятся устрицы, рыбы, дубы, беспозвоночные, а также растения и другие организмы, не заботящиеся о своем потомстве, а выживающие за счет огромного количества личинок, икринок, семян и т.п. Смертность очень велика у свободно плавающих личинок моллюсков и прорастающих желудей, но как только особи хорошо приживаются на подходящем субстрате, их смертность резко снижается.

К промежуточному типу относятся кривые выживания таких видов, у которых смертность мало изменяется с возрастом и остается более или менее одинаковой в течение всей жизни, например, у птиц, пресмыкающихся. Форма кривой выживания связана со степенью заботы о потомстве и другими способами защиты молоди. Так, кривые выживания пчел и дроздов (которые заботятся о потомстве) значительно менее вогнуты, чем у кузнечиков или сардин (которые не заботятся о потомстве). Отсутствие заботы о потомстве у рыб или других животных компенсируется значительно большим числом.

Скорость роста популяции – изменение численности популяции в единицу времени. Скорость роста популяции может быть положительной, нулевой и отрицательной. Она зависит от показателей рождаемости, смертности и миграции.

Существует определенная закономерность, заключающаяся в том, что *небольшие популяции растут быстро, более крупные – медленнее, а у самых крупных рост прекращается.*

Всем популяциям присущи *волны жизни* – периодические (например, сезонные) и непериодические (случайные) изменения численности (подъемы и спады) особей в результате воздействия природных условий и биологических факторов. Волны жизни опасны для малочисленных популяций.

Популяция характеризуется разной степенью генетического разнообразия особей. Совокупность генов, которые имеются у особей конкретной популяции, называется ***генофондом.***

Особенность динамики популяций заключается в росте ее численности, например, после перенесенной катастрофы или при заселении организмами свободных экологических ниш.

Различают абсолютную и удельную скорость роста популяции.

Абсолютная скорость роста выражается отношением

$$dN / dt,$$

где dN – изменение численности популяции за промежуток времени dt.

Удельная скорость роста – отношение скорости роста к исходной численности (N)

$$dN / (Ndt).$$

Скорость роста может быть выражена в виде кривой роста популяции (рис.3.1, а и б).

По типу роста все популяции можно разделить на две большие группы. Различия между ними можно увидеть на кривых, показанных на рис. 3.1.

Первая *J-образная кривая* (а) показывает, что в ходе роста популяции ее численность увеличивается с возрастающей скоростью.

Вторая *S-образная кривая* (б) показывает, что скорость увеличения численности некоторое время нарастает, но вскоре этот процесс начинает замедляться и вскоре практически прекращается.

Популяции первого типа, например, одноклеточные организмы, стремительно размножаются, однако они довольно чувствительны к изменениям внешних условий, их последующая динамика имеет форму резких скачкообразных изменений: короткие периоды быстрого возрастания численности чередуются ее резкими падениями из-за нарушения условий жизни. Особенность таких популяций – способность почти мгновенно реагировать на улучшение экологических условий и максимально использовать свободные ресурсы.

Популяции второго типа более устойчивы к внешним воздействиям, хотя не могут быстро реагировать на улучшение условий жизни.

Колебания численности популяций могут быть вызваны различными факторами и проявляться по-разному. Они могут быть *регулярными*, то есть *циклическими* (повторяющимися через равные промежутки времени), или *нерегулярными*, то есть *хаотическими*. Причины колебания численности популяций заключаются во внутренних факторах популяционной динамики.

Жизнеспособна популяция с равномерным возрастным составом (рис.3.2).

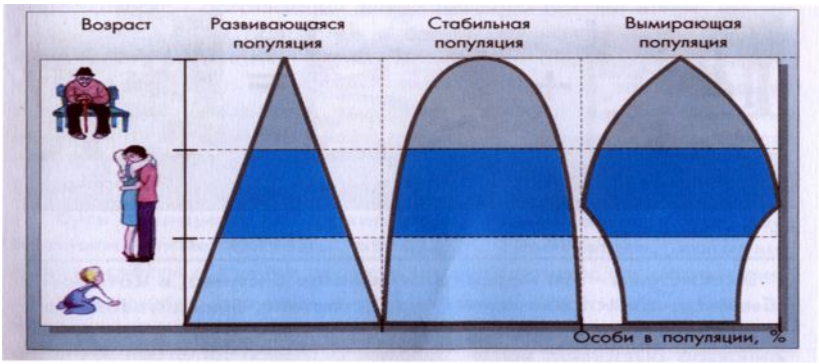


Рис. 3.2. Возрастная структура популяций

Ее называют нормальной, так как возраст влияет как на рождаемость, так и смертность; определяет способность к размножению в данный момент. Поэтому, если в популяциях большую долю составляют старые особи, такая популяция характеризуется снижающейся численностью.

Возрастная структура популяций характеризуется общим числом представленных в ней возрастных групп и соотношением их численности, или биомассы (возрастное распределение).

На рис. 3.3 показано возрастное распределение в популяциях млекопитающих и рыб.

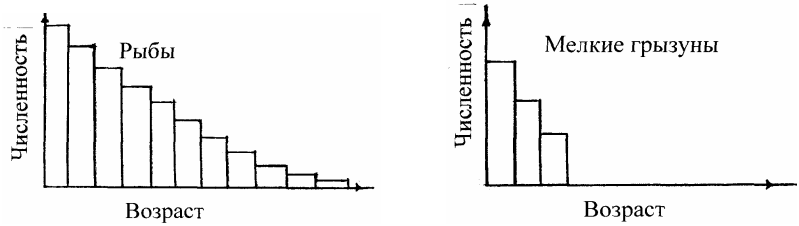


Рис. 3.3. Возрастное распределение в популяциях

Популяция может увеличивать численность экспоненциально (с возрастающей скоростью) при освоении новых мест обитания.

Общее число особей популяции, или общая масса особей на определенной территории – это обилие популяции.

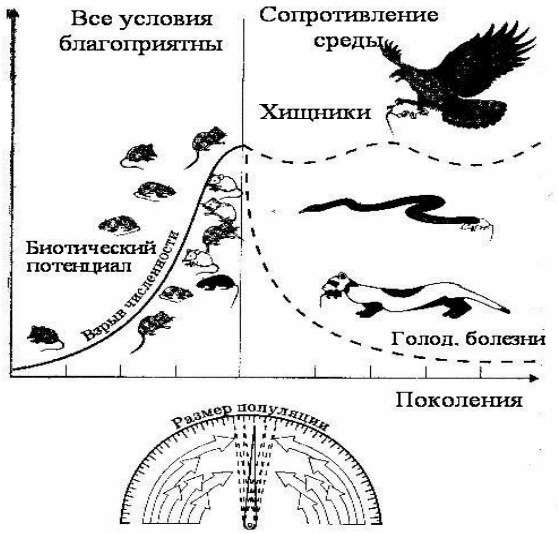
Если численность популяции из года в год остается примерно одинаковой, это значит, что смертность и рождаемость примерно одинаковы. Заяц-беляк и заяц-русак, обитающие в одном лесу, составляют две популяции двух видов. Наиболее устойчивыми являются популяции, состоящие из нескольких генераций и потомков каждой из них.

Популяции присуща способность к увеличению численности или области распространения при стабильном возрастном составе и оптимальных условиях среды, которую можно выразить через *биотический (репродуктивный) потенциал* (рис. 3.4**)**.

Численность популяции увеличивается до определенного предела. *Биотический потенциал сдерживается сопротивлением среды.*

Сумма физических и биологических факторов, не позволяющих данному виду достигнуть максимальной численности, называется ***сопротивлением среды*****,** т.е. размер популяций – результат динамического равновесия между их биологическим потенциалом и сопротивлением среды. Человеческая популяция подчиняется тем же законам, что и любая другая.

Когда сопротивление среды ослабевает, ее численность взрывоопасно растет. Но в отличие от других живых существ мы сами снизили сопротивление среды. Кроме того, воздействуя на уравновешивающие факторы, касающиеся нас самих, мы практически нарушили природные балансы.



Биотический потенциал	**Сопротивление среды**
Рождаемость	Нехватка питания
Способность к расселению	Нехватка воды
Способность к захвату	Нехватка подходящих местообитаний
новых мест обитаний	Неблагоприятные погодные условия
Защитные механизмы	Хищники
Способность выдерживать	Болезни

Рис. 3.4. Состояние популяции, определяемое соотношением факторов, увеличивающих или снижающих ее численность

С помощью техники и сельского хозяйства человек может эксплуатировать природные ресурсы вплоть до полного их истощения, приводя к исчезновению множества видов живых существ, например:

1) полное уничтожение природных экосистем ради собственных потребностей, например, сведение лесов для выращивания сельхозпродукции и строительства жилья;

2) строительство каналов, перенос русел рек, приводящее к осушению одних и затоплению других территорий;

3) загрязнение воды и воздуха отходами, уничтожающими водные и наземные экосистемы;

4) сброс богатых биогенами сточных вод в водоемы;

5) преднамеренное уничтожение хищников;

6) использование пестицидов с непредсказуемыми побочными эффектами;

7) чрезмерно интенсивная охота, рыболовство.

Все это приводит к сокращению популяций и вымиранию видов, а тем самым к снижению разнообразия биосферы. В значительной степени мы поддерживаем собственное существование за счет эксплуатации водных, почвенных и энергетических ресурсов. Когда их запасы истощатся, возникнут социальные конфликты, войны и голод, чреватые разрушением всей существующей цивилизации.

К счастью, есть альтернативный путь, ведущий к устойчивому развитию. Его важнейшей особенностью должно стать признание пределов нашего выбора, ограниченного такими природными факторами, как, например, истощение ресурсов или нарушение экосистем. Это не значит, что нужно сдерживать развитие технологий, творчества. Однако необходимо ограничивать собственную численность и степень нашего воздействия на естественные экосистемы. Сюда относятся планирование семьи, создание заповедных зон, строгие правила землепользования, охрана природы, контроль за загрязнением окружающей среды.

Для исследования взаимоотношений в экосистемах (природных сообществах – биогеоценозах) используют разнообразные методы: эксперимент, длительное наблюдение в природе, определение числа особей в популяциях, наблюдения за миграцией животных, моделирование (создание искусственных экосистем).

Важнейшее свойство популяций - *самовоспроизводство*. Популяции, обитающие на различных участках ареала не живут изолированно. Они взаимодействуют с популяциями других видов, образуя вместе с ними ***биотические сообщества*** – целостные системы еще более высокого уровня организации. В каждом сообществе какая-либо популяция играет отведенную ей роль, занимая определенную экологическую нишу и совместно с популяциями других видов обеспечивая его устойчивое функционирование.

3.4. Действие экологических факторов на популяции

На популяции, как и на организм, влияют известные нам экологические факторы: абиотические, биотические, антропогенные.

Абиотические факторы – совокупность условий неживой природы (свет, температура, влажность, воздух – климатические; почвенно-грунтовые, водные, ионизирующее излучение – эдафические). Биотические – факторы живых: популяционные межвидовые и внутривидовые отношения.

3.4.1. Действие экологических факторов

Не все экологические элементы являются экологическими факторами для конкретного организма или группы организмов. К экологическим факторам (абиотические, биотические, антропогенные) относятся только те элементы, изменение которых вызывает ответную реакцию данного организма вплоть до исчезновения его по каким-либо причинам из среды обитания.

Безразличные для одних организмов экологические элементы могут быть экологическими факторами для других. Например, накопление SO_3 в воздушной среде из экологического элемента может трансформироваться в экологический фактор, когда оно будет сказываться на здоровье человека.

Из закона о лимитирующих факторах среды известно, что оптимальное значение фактора определяет высокую численность организмов, при пессимальном значении фактора жизненная активность организма снижается. Экологический дискомфорт заставляет их избегать мест с неблагоприятными условиями и приспосабливаться к ним. Если изменение фактора превысит минимум или максимум, наступает массовая гибель организмов и популяция оказывается в экологической зоне смерти. Диапазон между минимумом и максимумом является оптимальным для существования организма (закон минимума Либиха, максимума Шелфорда). Этот оптимальный диапазон может быть очень узким или очень широким (закон Одума).

Виды с широким географическим распространением популяции, обитающие в климатически разных зонах, часто оказываются приспособленными наилучшим образом именно к тем условиям, которые характерны для данной местности. Это явление называют ***акклиматизацией***.

В биосфере также постоянно *закономерно* происходит процесс суммирования положительных и отрицательных отклонений от среднего уровня того или иного фактора.

3.4.2. Закон квантитативной компенсации Чижевского, 1936

Закон гласит, что биосфера стремится к поддержанию средних значений физических, химических и биологических явлений на больших территориях. Например, теплым зимам соответствует холодное лето; потепление климата в Северной Евразии сопровождается похолоданием в тропиках Африки, Южной Америки, Индии, востоке США

и Канады; засуха и дожди или неурожай и высокий урожай на разных территориях.

Закон квантитативной компенсации позволяет не опасаться гибели современной цивилизации по географическим и экологическим причинам. Энергетические колебания в деятельности Солнца могут вызывать возмущения на Земле. В конечном итоге биосфера уравновесит эти возмущения, поддерживая необходимые условия существования жизни на планете. Значительные изменения экологических факторов связаны с деятельностью человека (загрязнение атмосферы, вод, почв, уничтожение лесов, изменение водного режима территорий. Стремление биосферы «суммировать» положительные и отрицательные воздействия позволяет со значительным оптимизмом смотреть в экологическое будущее человечества, при одном условии – эти воздействия не должны быть только негативными, разрушающими природу до такой степени, что ее функция саморегуляции полностью подавляется.

3.4.3. Действие биотических факторов в популяциях

Биотические факторы – взаимодействия между различными особями в популяциях, между популяциями в природных сообществах. Иначе говоря, это всевозможные формы влияния живых организмов друг на друга: например, опыление растений насекомыми, поедание одних организмов другими, конкуренция между ними за те или иные виды ресурсов (пищу, пространство, свет и т. д., паразитизм и многое другое). Биотические взаимоотношения имеют чрезвычайно сложный и своеобразный характер и также могут быть прямыми и косвенными. Сосуществование различных видов и популяций в экосистеме приводит к образованию связей, в основе которых лежит питание и местообитание. Соответственно их называют *трофическими* и *топическими*. Они подразделяются на *внутривидовые* и *межвидовые*.

Межвидовые факторы: демографические, этологические (факторы поведения), конкуренция и др.

Все биотические связи можно разделить на шесть групп:

1) Ни одна из популяций не влияет на другую [00] – нейтрализм.

Если два вида не влияют друг на друга, то имеет место нейтрализм. В природе истинный нейтрализм очень редок, поскольку между всеми видами возможны опосредованные взаимодействия, эффекта которых мы не видим просто в силу неполноты наших знаний.

2) Один вид угнетается, другой не извлекает пользы [– 0] – аменсализм. Для одного из совместно обитающих видов влияние другого отрицательно, в то время как угнетающий не получает ни вреда, ни пользы, например, светолюбивые травы, растущие под елью и страдающие от сильного затенения.

3) Один вид получает пользу, другой ничего не испытывает [+ 0] – комменсализм (варианты: нахлебничество, сотрапезничество, квартирантство). Форма взаимоотношений, при которой один вид получает какое-либо преимущество, не принося другому ни вреда, ни пользы. Например, крупные млекопитающие (собаки, олени) служат разносчиками плодов и семян с зацепками (вроде репейника), не получая от этого ни вреда, ни пользы. Проявления комменсализма разнообразны, поэтому в нем выделяют ряд вариантов:

а) «нахлебничество» [+ 0] – потребление остатков пищи хозяина. Таковы, например, взаимоотношения львов и гиен, подбирающих остатки недоеденной пищи, или акул с рыбами–прилипалами;

б) «сотрапезничество» [+ 0] – потребление разных веществ или частей одной и той же пищи. Пример – взаимоотношения между различными видами почвенных бактерий-сапрофитов, перерабатывающих органические вещества перегнивших растительных остатков, и высшими растениями, которые потребляют образовавшиеся при этом минеральные соли; птицы и животные, питающиеся остатками пищи хищников;



в) «квартирантство» [+ 0] – использование одними видами других (их тел, их жилищ) в качестве своих убежищ или жилищ. Такой тип взаимоотношений широко распространен у растений – примером могут служить лианы и эпифиты (орхидеи, лишайники, мхи), поселяющиеся непосредственно на стволах и ветвях деревьев. Раковину моллюска, тело губки используют для укрытия различные более мелкие животные.

4) Взаимовыгодные полезные связи [++] – симбиоз (варианты: протокооперация, мутуализм) – взаимовыгодные связи видов, при которых организмы получают обоюдную пользу.

Обязательное условие симбиотических отношений – совместная жизнь, определенная степень сожительства организмов. Классиче-

ским примером симбиоза являются лишайники, представляющие собой тесное взаимовыгодное сожительство грибов и водорослей.



Например, сожительство рака-отшельника и актинии: актиния передвигается, прикрепляясь к спине рака, а тот получает с помощью актинии более богатую пищу и защиту.

Варианты симбиоза [+ +]:

а) «протокооперация» [+ +], то есть первичное сотрудничество. При этой форме совместное существование выгодно для обоих видов, но не обязательно для них, а значит, не является непременным условием выживания. Примером протокооперации можно назвать распространение муравьями семян некоторых растений леса, опыление пчелами разных луговых растений.



б) «мутуализм» [++] – более тесные взаимовыгодные отношения, при которых присутствие каждого из двух видов становится обязательным. Например, распространение насекомыми пыльцы растений.

5) Отношения, вредные для обоих видов [– –] – конкуренция (внутривидовая, межвидовая).



Если два и более вида обладают сходными экологическими требованиями и обитают совместно, между ними могут возникнуть взаимоотношения отрицательного типа, которые называются ***конкуренцией***.

Конкурентное взаимодействие может касаться пространства, пищи, света, убежищ и всех иных экологических ресурсов. Различают конкуренцию внутривидовую и межвидовую.

Внутривидовая конкуренция – это борьба за одни и те же ресурсы, происходящая между особями одного и того же вида; это важный фактор саморегуляции численности популяций, регулирующий рост популяций. Межвидовая конкуренция широко распространена в природе: от жестокой борьбы до почти мирного сосуществования. Но, как правило, из двух видов с одинаковыми экологическими потребностями один обязательно вытесняет другой. Закон конкурентного исключения Гаузе гласит: длительное совместное существование видов с

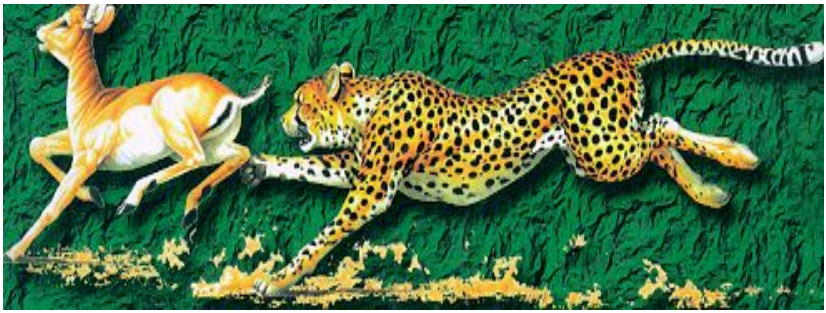
близкими экологическими требованиями невозможно. В природе совместно уживаются только те конкурирующие виды, которые сумели хотя бы немного разойтись в экологических требованиях. Например, насекомоядные птицы, благодаря разному характеру поиска пищи на разных частях дерева или растения.

Суровая конкуренция обнаруживается только между видами, занимающими сходные экологические ниши. Как правило, это родственные виды. Организмы, ведущие сходный образ жизни, обладающие сходным строением, обитают в разных местах, а если и живут рядом, то используют разные ресурсы и активны в разное время. Их экологические ниши как бы расходятся во времени или в пространстве. Экологическое разобщение близкородственных видов закрепляется в ходе эволюции.

6) Один из видов получает выгоду, другой испытывает угнетение [+ –] (паразитизм, хищничество).

Связь выгода–угнетение [+ –]:

а) хищничество [+ –] – широко распространенный тип взаимоотношений организмов, при котором представители одного вида убивают и поедают представителей другого.



Хищничество – одна из форм пищевых отношений. Зависимость хищник – жертва действует подобно регулятору, предотвращая слишком резкие колебания численности или препятствуя накоплению в популяциях ослабленных или больных особей.

Установлено, что при длительном совместном существовании взаимодействующих видов животных и растений их изменения протекают согласованно – то есть эволюция одного вида частично зависит

от эволюции другого. Такая согласованность в процессах совместного развития организмов разных видов называется коэволюцией.

Коэволюция – параллельная, взаимосвязанная эволюция биосферы и человеческого общества. Несовпадение скоростей природного эволюционного процесса, происходящего очень медленно (тысячи лет) и социально-экономического развития человечества, происходящего намного быстрее (десятилетия), ведет при неуправляемой форме взаимоотношений к деградации природы, поскольку антропогенный фактор оказывается слишком мощным, приводящим не столько к изменению видов**,** сколько к их вымиранию, и, в конечном итоге, может привести к глобальной экологической катастрофе. Выход заключается в регулируемом, сознательно ограниченном воздействии человека на природу, в построении *ноосферы*.

Каково же значение популяций хищников в природе? Убивая более слабых, хищник действует подобно селекционеру, ведущему отбор семян, дающих наилучшие всходы. Выживают только сильные и выносливые. Воздействие хищников увеличивает поток энергии в экосистеме, т.к. количество энергии, заключенной в пище и проходящей через популяцию быстрорастущих организмов, также возрастает.

б) паразитизм [+ –] – такие биотические отношения, при которых организмы одного вида (паразита) живут за счет питательных веществ или тканей организма другого вида (хозяина).



Паразит изнуряет, медленно губит хозяина, который обеспечивает ему существование.

В отличие от хищничества паразитизм характеризуется следующими основными особенностями: паразит в течение всей своей жизни нападает всего на одну особь (редко – на многих) и поедает только часть своей жертвы (хозяина); паразит причинят хозяину вред, но очень редко приводит в его быстрой гибели; паразит обязательно живет (постоянно или временно) в теле или на поверхности тела своего хозяина – поэтому паразиты обычно намного мельче хозяев; паразит гораздо теснее связан со своим хозяином, чем хищник с жертвой. Это результат естественного отбора и узкой специализации видов.

Ленточные черви, печеночная двуустка, вирус кори, туберкулезная палочка – все это обычные примеры паразитов, которые поражают многих животных.

В общем виде межвидовые связи можно сгруппировать на три типа:

1) Нейтрализм [0 0];

2) Симбиоз (варианты: мутуализм [+ +]; протокооперацию [+ +]; комменсализм [+ 0]: квартирантство, сотрапезничество, нахлебничество);

3) Антибиоз (варианты: аменсализм [– 0], хищничество [+ –], паразитизм [+ –], конкуренция [– –]: внутривидовая, межвидовая).

4. БИОГЕОЦЕНОЛОГИЯ: ЭКОЛОГИЯ ЭКОСИСТЕМ

- Типы экосистем;

- Структура биогеоценозов (экосистем);

- Экологические взаимодействия в экосистеме: цепи питания; энергия в экосистемах: закон пирамиды энергий (правило 10 % Линдемана); экологические пирамиды; Закон убывающей отдачи Тюрго – Мальтуса;

- Свойства экосистем. Закон конкурентного исключения Гаузе. «Золотой» закон экологии; закон (принцип) конкурентного исключения Гаузе.

Основоположник биогеоценологии – науки о биогеоценозах – академик В.Н.Сукачев и его ученики в своих работах дали детальное представление о структуре, характере взаимосвязи и взаимодействия компонентов и их роли в функциональной организации биогеоценозов.

В природе популяции всех организмов составляют системы более высокого ранга – ***сообщества живых организмов***, или, как их принято называть, ***биоценозы***. Они – продукт естественного отбора. ***Биоценоз (биота)*** – это организованная группа популяций растений, животных и микроорганизмов, живущих во взаимодействии в одних и тех же условиях среды. Для изучения биоценоза его условно делят на компоненты: фитоценоз – растительное сообщество, зооценоз – животный мир, микробоценоз – микроорганизмы.

Пространство с однородными условиями, заселенное сообществом организ-мов (биоценозом), называется ***биотопом***. Биотоп – это место существования, место обитания биоценоза. Биоценоз образует с биотопом (экотопом) биологическую макросистему еще более высокого ранга ***- биогеоценоз***.

Термин *«биогеоценоз»*, обозначающий совокупность биоценоза и его места обитания, предложил в 1940 г. Сукачев, этот термин практически тождествен термину «экосистема». Но экосистема (термин введен А.Тенсли в 1935 г.) – понятие безразмерное.

Биотоп и биоценоз функционируют как единое целое, составляя экосистему (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Составляющие экосистемы (Л.Цветкова)

Экосистема – также сообщество живых организмов и среды их обитания, составляющее единое целое на основе устойчивого взаимодействия между элементами живой и неживой природы. Болото, нора, аквариум, лужа, биосфера в целом, кабина космического корабля – все это экосистемы. *Каждый биогеоценоз можно назвать экосистемой, но не каждую экосистему – биогеоценозом.* Например, труп животного или гниющий ствол дерева относятся к экосистеме, но не биогеоценозу. Биогеоценоз – экосистема, ограниченная только фитоценозом (растительным сообществом), дающим жизнь животным, например, лес, луг, степь. То есть *биогеоценоз – это часть экосистемы.* Биогеоценоз – результат длительной адаптации среды и живых организмов и в нем может осуществляться круговорот веществ. С энергетической точки зрения *любой биогеоценоз практически бессмертен*, т.к. присутствующие в нем, как в системе, организмы постоянно поставляют необходимую для круговорота веществ энергию в результате фотосинтеза. Экосистема, если она не включает растительное звено, существует только до тех пор, пока организмы, ее составляющие, не израсходуют всю энергию, содержащуюся в мертвом органическом теле (труп животного, мертвый ствол дерева и пр.).

Биогеоценоз – составная часть природного ландшафта и ***элементарная структурная единица биосферы***. Биогеоценоз – не замкнутая система, она имеет энергетические «входы» и «выходы», связывающие соседние биогеоценозы. Обмен веществ между соседними биогеоценозами может осуществляться в газообразной, жидкой и твердой фазах, а также в виде «живого вещества» миграции животных. Итак, биогеоценозы – это те «кирпичики», из которых сложена биосфера.

Если биогеоценозами (растительной частью экосистем) занимается биогео-ценология, то экосистемами (ландшафтами) занимается геоэкология (географическая или ландшафтная экология).

4.1. Типы экосистем

Каждый природный комплекс представляет собой уникальную экосистему. Для сравнения и описания экосистем необходимо их классифицировать и выделить определенные типы экосистем.

Наиболее крупные основные типы комплексов экосистем (макросистемы), характеризующие облик крупных регионов и природных зон (арктическая тундра, хвойные леса, прерия и т.д.), называют ***биомами***. В каждый биом входят более мелкие экосистемы (например, буковый лес). Важнейшие типы биомов: тундра, тайга, лиственная леса, влажный тропический лес, степные биомы (лесостепи или саванны, высокотравные прерии), полупустыни, пустыни.

Различают следующие виды экосистем: микросистемы (например, ствол гниющего дерева), мезоэкосистемы (лес, пруд, озеро и др.), макроэкосистемы (компонент, океан) и, наконец, глобальная экосистема (биосфера Земли).

Ю.Одум (1986) выделяет три группы природных экосистем (биомы): наземные, пресноводные и морские (рис.4.2).



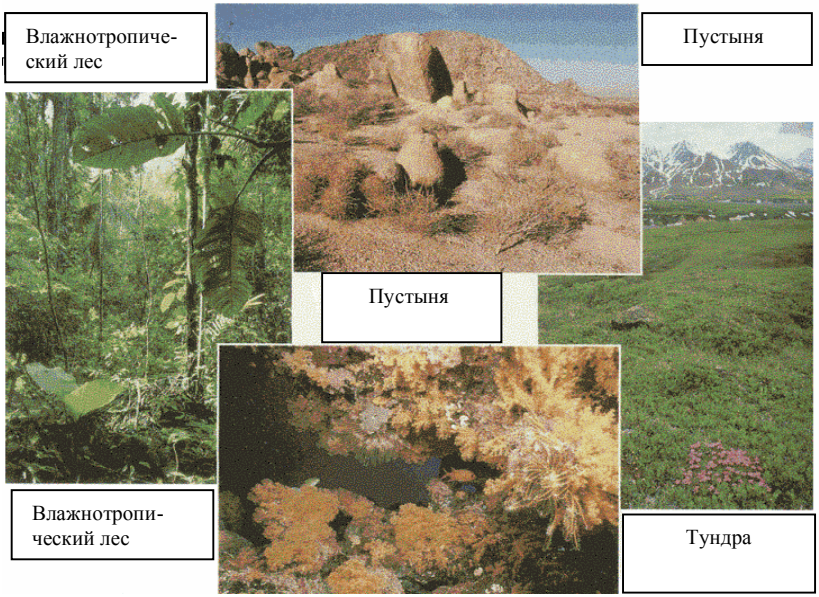


Рис. 4.2. Основные типы природных экосистем (биомов)

В основе классификации лежат определенные признаки: для наземных – тип растительности, для пресноводных – физические свойства воды и др.

Наземные экосистемы – это тундра, тайга, степи, пустыни и т.п., определяются, в основном, растительностью, так как растения *зависят от климата* и именно они образуют подавляющую часть биомассы.

Водные экосистемы делятся на *пресноводные и морские* и имеют свои особенности. Водные организмы объединяют следующие экологические группы: *планктон, нектон, бентос, перифитон.*

Планктон – организмы, в основном пассивно перемещающиеся за счет течения. Различают фитопланктон (одноклеточные водоросли) и зоопланктон (одноклеточные животные, рачки, медузы и др.).

Нектон – активно передвигающиеся в воде животные (рыбы, амфибии, головоногие моллюски, черепахи, китообразные и др.).

Бентос – организмы, живущие на дне и в грунте. Его делят на фитобентос (прикрепленные водоросли и высшие растения) и зообентос (ракообразные, морские звезды, моллюски и др.).

Перифитон – организмы, прикрепленные к листьям и стеблям водных растений или другим выступам над дном водоема.

Организмы распределяются в водной экосистеме в зависимости

от степени освещенности, поэтому можно выделить следующие зоны водной экосистемы:

- *литоральная зона* (толща воды, где солнечный свет доходит до дна);
- *лимническая зона* (толща воды до глубины, куда проникает всего 1 % от солнечного света и где затухает фотосинтез);
- *эвфотическая зона* (вся освещенная толща воды – включает литоральную и лимническую зоны);
- *профундальная зона* (дно и толща воды, куда не проникает солнечный свет).

В проточных водоемах выделяют:

- *перекаты* (мелководные участки с быстрым течением: дно без ила, встречаются преимущественно прикрепленные формы перифитона и бентоса);
- *плесы* (глубоководные участки: течение медленное, на дне мягкий илистый субстрат и роющие животные).

К пресноводным экосистемам относятся лентические (стоячие воды): озера, пруды, водохранилища, лужи и др. (рис.4.3); лотические, или текущие воды: реки (рис.4.4), ручьи, и заболоченные угодья: болота и марши. Чем крупнее биом, тем он более стабилен.

Лентические экосистемы. Литоральная зона населена двумя группами растений:

- укрепившиеся в дне (камыш, рогоз, кувшинки и др.);
- плавающие (водоросли, рдесты и др.).

Самые глубокие озера образовались в результате тектонических сдвигов земной коры

Болотистая дельта

Впадающая в озеро река

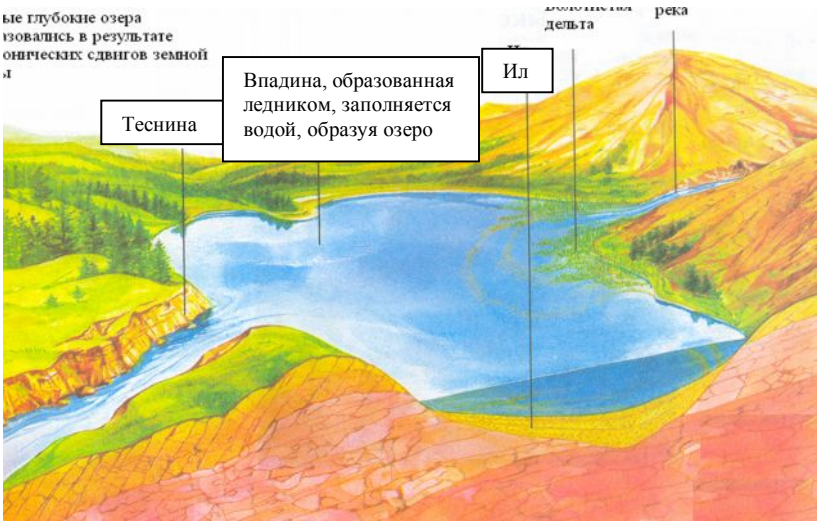


Рис.4.3. Лентическая экосистема – озеро (сточное со временем)

Животные в литорали более разнообразны, чем в других зонах водоема: коловратки, моллюски, личинки насекомых, лягушки, черепахи, саламандры, дафнии и др. Рыбы большую часть живут в литорали и здесь же размножаются.

Лимническая зона менее богата. Продуценты представлены фитопланктоном, диатомовыми, азотфиксирующими сине-зелеными водорослями, которыми питаются ракообразные и коловратки. Нектон лимнической зоны – только рыбы. *Профундальная зона* около дна представлена бентосными формами – личинками насекомых, моллюсками, кольчатыми червями, грибами и бактериями.

Лотические экосистемы имеют свои особенности:

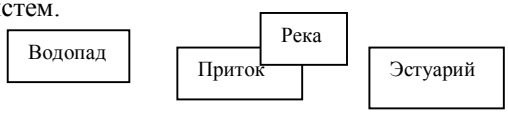
1) наличие течения;

2) более активный обмен между водой и сушей;

3) более высокое содержание кислорода и более равномерное его распределение;

4) преобладание детритных цепей питания (более 60 % энергии консументы получают от привнесенного материала). На перекатах поселяются прикрепляемые организмы (нитчатые водоросли), хорошие пловцы (форель). В плесах сообщества подобны прудовым.

На рисунке 4.4 показаны примеры изменения речных (лотических) экосистем.



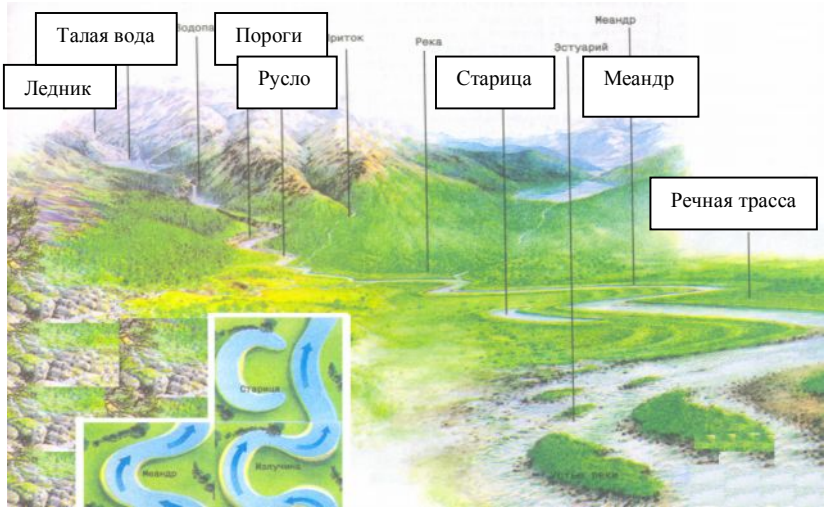


Рисунок 4.4. Примеры изменения лотической экосистемы – реки

Морские экосистемы (биомы) – открытый океан, воды континентального шельфа, районы апвеллинга (с продуктивным рыболовством), эстуарии (бухты, устья рек, лиманы). К морским экосистемам относится недавно открытая экосистема глубоководных рифтовых зон Мирового океана, характеризующаяся высокой биомассой живых организмов.

Распределение морских биомов показано на рис. 4.5.

Прибрежное океаническое мелководье, ограниченное с одной стороны берегом, а с другой – гребнем континентального склона (до 600 м) называется *континентальным шельфом* (англ.shell – полка). Шельф занимает около 8 % от общей площади Мирового океана. В области шельфа расположена *литоральная зона* (лат.litoralis – прибрежный) (рис.4.6), которая также делится на: супралитораль, собственно литораль и сублитораль.

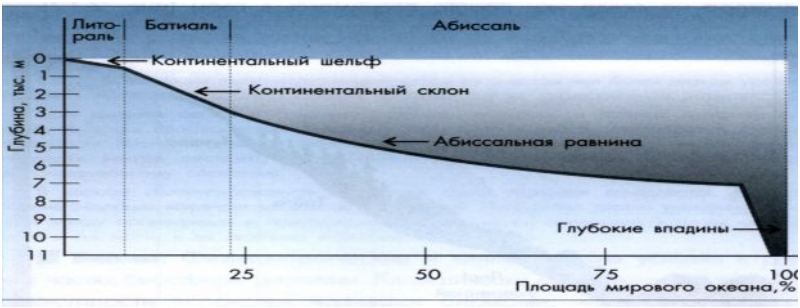


Рис. 4.5. Распределение биомов мирового океана в зависимости от глубины



Рис. 4.6. Поверхность илистой литорали после отлива

Здесь появляется краевой эффект на стыке различных фаз (атмосфера, гидросфера, литосфера): небольшие глубины, близость к материкам, приливы и отливы способствуют подпитке и обогащению питательными веществами, высокой продуктивности и разнообразию организмов. Именно здесь производится около 80 % всей массы океана и сконцентрирован мировой океанический промысел.

Поверхность илистой литорали, показанной на рисунке 4.6, может показаться пустой во время отлива. Однако о богатстве жизни здесь свидетельствует огромное количество болотных птиц, например, кулики, заполоняющие собой берег, богатый обилием пищи после отлива. Литоральные животные после отлива зарываются глубоко в иле, прячутся и выходят кормиться только после очередного подъема воды в периоды полнолуния и новолуния: двустворчатые моллюски, такие, как сердцевидка и черепок, черви, например, нереис, пескожил, мелкие амфиподы и крабы.

От нижнего края шельфа над континентальным склоном до глубины 2 – 3 тыс. м простирается *батиальная зона* (греч. Bathus – глубокий). Она занимает более 15 % от всей площади океана. Флора и фауна батиали гораздо беднее чем в литорали. Общая биомасса здесь составляет не более 10 % биомассы Мирового океана, исчисляется лишь десятками и сотнями г/м^2.

Далее от подножия континентального склона до глубин 6 – 7 тыс.м находится *абиссальная область* (греч. abussos – бездна) океана, занимающая более 70 % площади дна океана.

Для абиссали характерно полное отсутствие солнечного света у дна, слабая подвижность водных масс, ограниченность питательных веществ, бедность животного мира, низкое видовое разнообразие, биомасса всего 0,5 – 7,0 г/м^2. В абиссальной области встречаются глубокие впадины – до 11 тыс. м, площадью 2 % от общей площади дна океана. Открытую часть океана называют «пустыней». Только в конце 1970-х годов была обнаружена жизнь на дне глубоководных разломов (в нескольких местах океана) с необычными сообществами животных. На карте показаны основные из них (точечные скопления) (рис.4.7).



Рис. 4.7. Глубоководные разломы в океане с необычными сообществами животных

Ученые установили, что в полной тьме, где невозможен фотосинтез, где выделяется большое количество токсичного сероводорода – есть жизнь. Животные получают энергию из глубин Земли. Здесь в изобилии обнаружены моллюски, трубчатые черви. А в Марианской впадине восточнее Японии на глубине 2500 метров обнаружены волосатые улитки, крабы-привидения.

Естественные и искусственные экосистемы. Различают естественные и искусственные экосистемы.

К искусственным антропогенным экосистемам относятся:

- *агроценозы;*
- *урбосистемы.*

Агроценозы. Человек преобразует природные богатства (леса, степи, озера). На смену им приходит посев, посадки культурных растений. Так формируются новые экосистемы – *агробиогеоценозы или агроценозы* – искусственные экосистемы.

Агроценозами являются не только сельскохозяйственные поля, но лесные посадки, пастбища, пруды, водохранилища, каналы и осушенные болота. Хотя в структуре и энергетике естественных и искусственных биоценозов есть много специфических черт, принципиальных различий между ними не существует. Значительно сложнее дело обстоит с экосистемами, возникающими в зонах влияния промышленных предприятий, городов, плотин и других крупных инженерных сооружений. Здесь в результате активного воздействия людей на окружающую среду формируются качественно новые экосистемы, функционирование которых обеспечивается в результате естественных природных процессов и постоянного воздействия промышленного предприятия на абиотическую (неживую) и биотическую (живую) составляющие природы.

Отличия агроценозов от естественных биоценозов:

- незначительное видовое разнообразие (агроценоз состоит из небольшого числа видов, имеющих высокую численность);
- неполный круговорот веществ (часть питательных элементов выносится с урожаем;
- короткие цепи питания;
- источником энергии является не только Солнце, но и деятельность человека (мелиорация, орошение, применение удобрений);
- естественный отбор отсутствует, а искусственный отбор осуществляет человек;
- отсутствие саморегуляции, регуляция проводится искусственно человеком;
- агроценозы не могут существовать самостоятельно, являются неустойчивыми, а поддерживаются человеком.

Урбосистемы. К антропогенным экосистемам относятся урбосистемы – искусственные экосистемы, возникающие в результате развития городов, в которых сосредоточены население, жилые, промышленные, бытовые, культурные объекты. В состав урбосистем входят:

- промышленные зоны (в них сосредоточены промышленные объекты, являющиеся основными источниками загрязнения окружающей среды);

- селитебные зоны (жилые или спальные районы, состоящие из жилых домов, административных зданий, объектов быта, культуры и т.п.);

- рекреационные зоны (зоны отдыха людей: базы отдыха, лесопарки и др.);

- транспортные системы и сооружения (автомобильные и железные дороги, метро, гаражи, АЗС, аэродромы и др.).

Урбосистемы самостоятельно также не могут существовать, а поддерживаются агроэкосистемами, энергией атома и горючих ископаемых.

4.2. Структура биогеоценозов (экосистем)

Биогеоценоз, а значит и биосфера состоит из двух составляющих:

– абиотической (биотоп, косной);

– биотической (биоценоз) – сообщества живых организмов, обитающих в пределах выделенного биотопа (выделенной экосистемы) (рис. 4.8).

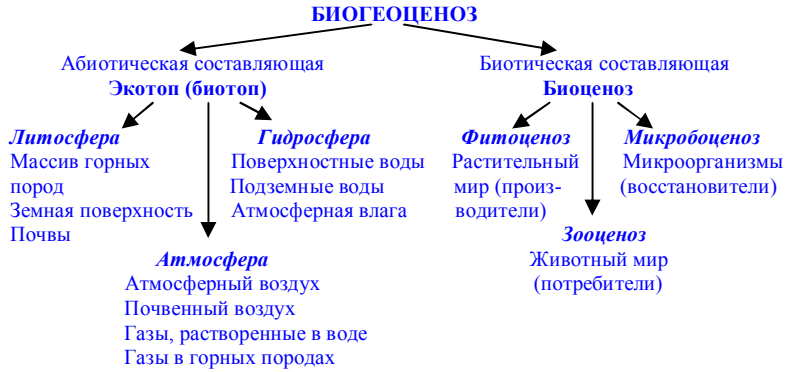


Рис.4.8. Структура материально-энергетической единицы биосферы

Абиотическая составляющая включает в себя компоненты: *литосфера, гидросфера, атмосфера.*

Биотическая составляющая (биоценоз) включает: ***фитоценоз*** – растения, ***зооценоз*** – животные, ***микробоценоз*** – микроорганизмы, которые характеризуются особенностями в структуре, функционировании и развитии.

4.3. Экологические взаимодействия в экосистеме

В любой экосистеме происходят взаимодействия, под которыми понимают ***пищевые (трофические) связи*** и соотношения компонентов: фитоценоза – *продуцента* (производителя) первичной продукции, аккумулирующего энергию солнца (продуценты делят на: фотоавтотрофы и хемоавтотрофы); зооценоза – *консументов*, производителей вторичной продукции, использующих для своей жизнедеятельности энергию**,** заключенную в органическом веществе фитоценоза (консументы делят на: фаготрофы и сапротрофы); микробоценоза – *редуцентов (деструкторов)* – организмов, живущих за счет энергии мертвого органического вещества и обеспечивающих его разрушение (минерализацию) с получением исходных минеральных элементов в виде, удобном для использования растениями для воспроизводства первичной органической продукции.

Фотоавтотрофы (растения и некоторые бактерии) используют в качестве источника энергии солнечный свет, а в качестве питательного материала – неорганические вещества, в основном углекислый газ и воду. В процессе жизнедеятельности в присутствии света они синтезируют органические вещества – углеводы, или сахара $(CH_2O)_n + O_2$.

Хемоавтотрофы используют энергию, выделяющуюся при химических реакциях. К этой группе, например, принадлежат нитрифицирующие бактерии, окисляющие аммиак до азотистой и затем азотной кислоты:

$$NH_3 + 3O_2 = 2HNO_2 + 2H_2O + Q_1,$$
$$2HNO_2 + O_2 = 2HNO_3 + Q_2$$

Выделенная химическая энергия Q используется бактериями для восстановления CO_2 до углеводов.

Главными продуцентами – поставщиками органического вещества на Земле, являются растения. Растения создают около 150 млрд.т органического вещества, аккумулирующего солнечную энергию. Хемосинтетики вносят незначительный вклад.

Фаготрофы питаются непосредственно растительными или животными организмами. К ним относятся в основном крупные животные – макроконсументы.

Сапротрофы используют для питания органические вещества мертвых остатков.

4.3.1. Цепи питания

В экосистемах перенос энергии пищи от ее источника – растений через ряд организмов, происходящий путем поедания одних организмов другими, и называется ***пищевой (трофической) цепью.***

По способу питания организмы делят на автотрофные и гетеротрофные.

Автотрофные организмы способны создавать органические вещества из неорганических, используя энергию Солнца или энергию, освобождающуюся при химических реакциях. К ним относятся растения – единственные живые вещества, связывающие жизнь с космосом (продуценты).

Гетеротрофные организмы используют в качестве пищи органическое вещество. В качестве пищи используются живые растения или их плоды, мертвые остатки растений и животных.

В результате последовательного перехода органического вещества с одного трофического уровня на другой происходят круговорот вещества и передача энергии в природе.

Как видно из рис. 4.9 пищевую цепь начинают водоросли, которые накапливают энергию и растут за счет солнца, почвы и воды.



Рис. 4.9. Пищевая цепь (по Дженифер Джастис)

Второй ярус образуют мелкие травоядные животные, такие, как рачки-бокоплавы и улитки. На третьем уровне пищевой цепи находятся плотоядные животные, например, форель, питающаяся рачками и улитками. Четвертый ярус цепи передачи энергии представлен крупными хищниками – выдрой, питающейся форелью. Далее выдра умирает от старости или болезней. Тело выдры возвращается в почву благодаря падальщикам (живым существам, питающимся разлагающимися тканями) – грибам, бактериям, мухам и их личинкам.

В настоящее время в круговорот подключаются и загрязняющие вещества, которые, продвигаясь по пищевой цепи, концентрируются в конечной (для человека) продукции. *Одним из способов получения экологически чистых продуктов питания на загрязненных участках является удлинение пищевой цепи.*

Рассмотрим основные звенья и компоненты пищевой трофической цепи (рис. 4.10), т.е. *биологического круговорота:*



Рис. 4.10. Пищевая цепь

1. Первое звено пищевой цепи: продуценты (автотрофные организмы) – зеленые растения (фотоавтотрофы – использующие в качестве источника энергии солнечный свет) и хемосинтезирующие бактерии (хемоавтотрофы – использующие энергию, выделяющуюся при химических реакциях, например, нитрифицирующие бактерии – смотри «Круговорот азота»), которые в процессе фотосинтеза и хемосинтеза создают органическое вещество – первичную биологическую продукцию. Интересно, что азотфиксирующие бактерии относятся к продуцентам.

2. Второе звено – гетеротрофы: консументы, которые делятся на фаготрофы и сапротрофы. Фаготрофы питаются непосредственно растительными или животными организмами. Сапротрофы используют для питания органические вещества мертвых остатков (хищные птицы, питающиеся падалью и др.).

Удобно различие консументов: I, П и Ш порядков. Так, консументы I порядка – растительноядные животные; консументы II по-

рядка – плотоядные, питающиеся фитофагами и детритофагами (организмами, питающимися детритом или гумусом); консументы Ш порядка – хищники.

3. Третье звено: редуценты (деструкторы) – организмы, питающиеся мертвым органическим веществом и разлагающие (минерализующие) органические остатки (бактерии, грибы, микроорганизмы) до простых минеральных соединений (CO_2, H_2O и др.). Редуценты возвращают вещества в круговорот, превращая их в доступные для продуцентов формы.

Цепи питания на суше короткие (из 3 – 4 звеньев), например: дерево – гусеницы – синицы – ястреб.

В водной среде они значительно длиннее: фитопланктон – зоопланктон – мелкие рыбы – хищные рыбы – человек.

На рис. 4.11 показана многоступенчатая пищевая цепь в водной среде.

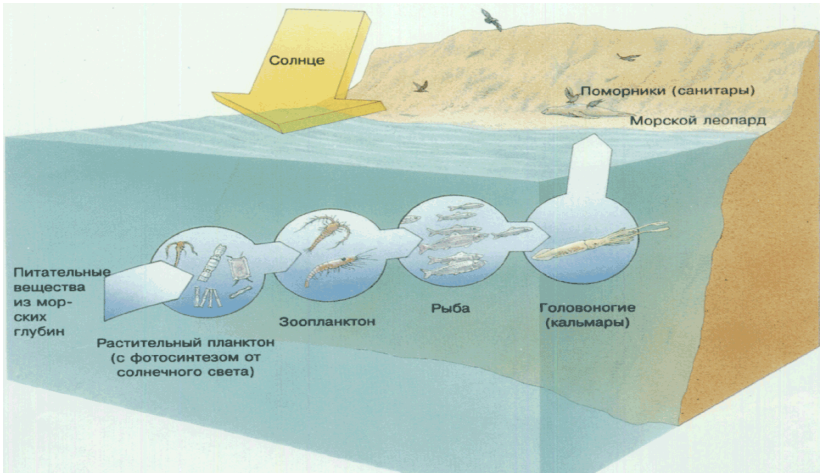


Рис. 4.11. Многоступенчатая пищевая цепь в водной среде (по Майклу Скотту)

В южных морях свободно плавающие одноклеточные водоросли, усваивая солнечную энергию и питательные вещества из глубин, размножаются в огромных количествах. Ими питаются креветкообразные животные, которые, в свою очередь, служат пищей крупным рыбам. Рыб поедают головоногие (кальмары), а последние могут оказаться в утробе тюленей – морских леопардов. Морскому леопарду никто не угрожает, но его останки могут служить пищей поморникам (санитарам).

Чем больше звеньев в цепи питания, тем устойчивее экосистема.

При каждом очередном переносе большая часть (80–90 %) потенциальной энергии теряется, переходя в тепло. *Число звеньев ограничивается потерей энергии, поэтому число «звеньев» цепи обычно до 4–5.* Переход к каждому следующему звену уменьшает доступную энергию примерно в 10 раз.

Переходя к человеку, можно сказать, что если увеличивается относительное содержание мяса в рационе, то уменьшается число людей, которых можно прокормить. Однако человек может есть растительную пищу и быть первичным потребителем, есть мясо травоядных и быть вторичным потребителем, или же есть мясо плотоядных и быть третичным потребителем.

Цепи питания можно разделить на 3 типа с участием:

1) хищников;

2) паразитов;

3) сапрофитов (растения, питающиеся органическими веществами отмерших организмов или выделениями живых).

Так, *цепь питания, образуемая паразитами* состоит из пяти звеньев: млекопитающие (птицы) –> паразитирующие блохи –> простейшие в организме блох –> бактерии –> вирусы.

Обычно цепи питания делят по потоку энергии, проходящему через экосистему, поэтому выделяют два основных направления: на *пастбищные (цепи выедания) и детритные (цепи разложения)* (рис. 4.12).

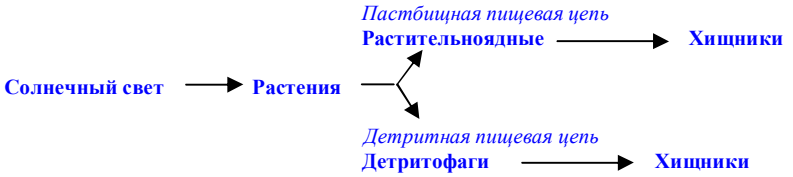


Рис. 4.12. Связь между пастбищной и детритной пищевыми цепями (Ю.Одум, 1986)

Это связано с тем, что энергия может проходить через сообщество разными путями:

- *поток энергии, идущий через живые ткани растений*: от растений через растительноядных животных (их называют пасущимися), называется ***пастбищной пищевой цепью***. Например, фитопланктон – зоопланктон – рыбы-микрофаги – рыбы-макрофаги – птицы-ихтиофаги;

- *энергия к консументам поступает через запасы мертвого органического вещества*. Не использованные консументами остатки потребляемых ими организмов пополняют собой мертвое органическое вещество. Оно состоит из фекалий, содержащих часть неусвоенной пищи, а также трупов животных, остатков растительности (листьев, веток, водорослей), находящихся в водной среде и верхних слоях почвы, органический ил водоемов, называются ***детритом*****,** организмы ими питающиеся – ***детритофагами*****,** а пищевые цепи, которые они создают**, –** ***детритными пищевыми цепями***. Например, детрит – детритофаги – хищники-микрофаги – хищники-макрофаги. Более 90 % энергетических запасов животных и растений потребляется после их отмирания. Трупы животных сначала поедаются более крупными животными **–** ***некрофагами*** (шакалами, гиенами, стервятниками, грифами), затем более мелкими (личинками падальных мух и жуков мертвоедов) и, наконец, микроорганизмами – ***деструкторами*****.** Растительные остатки в лесах, парках, садах представлены в основном ***листовым опадом***. В лесах разложившийся опад образует ***лесную подстилку***, а в степях травяной опад образует степную ***ветошь*** (войлок). В процессе переваривания опада многочисленными почвенными беспозвоночными и бактериями ими выделяются экскременты, перемешивающиеся с верхними слоями почвы – так в почве образуется ***гумус*****,** а сам процесс называется – ***гумификацией*****.**

Деятельность почвенной фауны – ***педофауны*** – состоит в разложении опада до органических соединений (например, дождевыми червями). Затем эти соединения подхватываются почвенными грибами и бактериями (сапрофитами), составляющими почвенную флору, и доводятся до минеральных соединений, вновь идущих «в корм» продуцентам. При биохимической переработке мертвых органических остатков выделяется и углекислый газ, 40 –70 % которого идет на фотосинтез, обеспечивающий «дыхание почвы».

Цепи выедания (пастбищные) преобладают в водных экосистемах, цепи разложения (детритные) – в экосистемах суши.

В сообществах пищевые цепи переплетаются и образуют *пищевые сети*. В состав пищи каждого вида входит обычно не один, а несколько видов, каждый из которых может служить пищей нескольким видам. Благодаря сложной пищевой сети, выпадение из нее какого-то одного вида, не приведет к быстрому нарушению равновесия в экосистеме.

4.3.2. Энергия в экосистемах. Закон пирамиды энергий (правило 10 % Линдемана)

Закон 10 % гласит: с одного трофического уровня экологической пирамиды переходит на другой ее уровень не более десяти процентов энергии, (а значит и биомассы, в связи с чем длина пищевой цепи постепенно ограничивается, а численность особей прогрессивно уменьшается от низших к высшим звеньям).

Энергетические процессы в экосистемах подчиняются I и II началам термодинамики.

Энергия не возникает заново и не исчезает, она лишь переходит из одной формы в другую (I начало термодинамики). При этом часть энергии при любых ее превращениях рассеивается (теряется) в виде тепла (II начало термодинамики). Мерой необратимого рассеивания энергии, которая становится недоступной для использования, физической мерой беспорядка является *энтропия.* Структуры, наделенные порядком, обладают низкой энтропией.

Внутри экологической системы происходят превращения энергии. Усваивая солнечную энергию, зеленые растения создают потенциальную энергию, которая при потреблении пищи организмами превращается в другие формы. Превращения энергии в отличие от циклического движения веществ идут в одном направлении, почему и говорят о *потоке энергии*.

Общепринятая в физике формулировка второго начала гласит, что в закрытых системах энергия стремится к состоянию максимальной энтропии. *Отличительной же особенностью живых тел, экосистем и биосферы* в целом является способность создавать и поддерживать высокую степень внутренней упорядоченности, т.е. *состояния с низкой энтропией*. Для растений мощным источником «отрицательной энтропии» является, конечно, солнечный свет. Эффективность самопроизвольного превращения энергии всегда меньше

100 %. В соответствии со вторым началом поддержание жизни на Земле без притока солнечной энергии невозможно. Все, что происходит в природе, означает увеличение энтропии в той части Вселенной, где это имеет место. Так и живой *организм непрерывно увеличивает свою энтропию, или, иначе, производит положительную энтропию, и, таким образом, приближается к опасному состоянию (максимальной энтропии), представляющему собой смерть. Он может избежать этого состояния, т.е. оставаться живым, только постоянно извлекая из окружающей среды отрицательную энтропию.*

Таким образом**,** сообщества и экосистемы представляют собой открытые неравновесные термодинамические системы, постоянно обменивающиеся с окружающей средой энергией и веществом, уменьшая этим свою энтропию и увеличивая энтропию вне сообщества или экосистемы.

Неживые системы регулируются теми же законами термодинамики, которые управляют живыми системами. Различаются они тем, что живые системы способны самовосстанавливаться, а машины приходится ремонтировать, используя внешнюю энергию.

Экологические системы – это объекты длительного эволюционного процесса, в ходе которого менее устойчивые исчезали. Сохранились только те системы, устойчивость которых по отношению к колебаниям внешних факторов была достаточно высокой.

В экосистемах условно можно выделить три взаимосвязанные формы накопления и перераспределения энергии:

1-я форма связана с тем, что живые организмы при жизни и после смерти обмениваются со своим окружением, воспринимают и отдают широкий разнообразный спектр минеральных и органических соединений в виде газов, растворов и твердых тел;

2-я включает в себя нагревание водных и воздушных масс, образование и конденсацию паров, выпадение атмосферных осадков и движение подземных и поверхностных вод;

3-я - химическое перераспределение, эрозия, осаждение и накопление механических и химических осадков на суше и в океане.

4.3.3. Экологические пирамиды

Экологическая пирамида – соотношение между продуцентами, консументами и редуцентами в естественных экосистемах, выраженное в их массе и выраженное в виде графических моделей. Эффект пирамиды в виде таких моделей разработал Ч.Элтон (1927).

Они бывают в основном трех типов:

1. пирамида численности (чисел), отражающая численность отдельных организмов (рис.4.13);

2. пирамида биомасс, характеризующая общий сухой вес, калорийность или другую меру общего количества живого вещества;

3. пирамида энергии, показывающая величину потока энергии или «продуктивность» на последовательных трофических уровнях энергии.

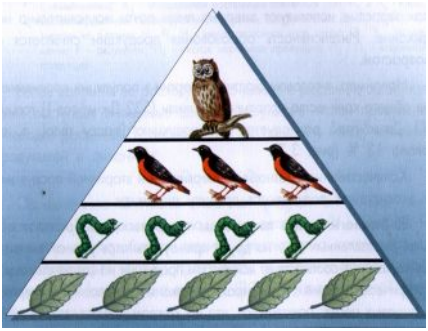


Рис. 4.13 – Пирамида численности Ч.Элтона (1927)

Пирамида численности графически отражает количество отдельных организмов по трофическим цепям (уровням), причем численность особей при движении от продуцентов к консументам различного порядка значительно уменьшается.

Геометрия пирамиды чисел вытекает из следующих фактов:

1) лишь огромное множество мелких организмов может быть равно по своей массе одному крупному организму;

2) в каждом звене цепи питания происходит потеря энергии, так что лишь небольшая часть ее доходит до высших уровней пирамиды;

3) интенсивность обмена у мелких организмов гораздо выше, чем у крупных.

Пирамида биомасс показывает соотношение биомасс организмов разных трофических уровней в данной экосистеме, изображенных графически таким образом, что длина или площадь прямоугольника, соответствующего определенному трофическому уровню, пропорциональна его биомассе (рис.4.14, 4.15, 4.16).



Рис. 4.14. Пирамида Ю. Одума (1959)
Люцерна – телята – мальчик

Известная пирамида Ю. Одума (1959) «Люцерна – телята – мальчик 12 лет» (рис. 4.14) показывает, что если бы мальчик питался в течение одного года только телятиной, то для этого ему потребовалось бы 4,5 теленка, а для пропитания телят необходимо засеять поле в 4 га люцерной, что составит $2 * 10^{-7}$ растений.

В национальном парке Серенгети в Африке (рис. 4.15) прайдам львов приходится охотиться на огромной площади, чтобы добыть достаточное количество пищи.

В среднем на каждые 13 квадратных километров приходится один лев. На этой же площади пасутся около 350 антилоп гну, зебр и газелей Томсона. Такое соотношение поддерживается из года в год. Если бы львов стало больше, им пришлось бы убивать больше травоядных, и вскоре они лишились бы пищи. Если отразить это на диаграмме с указанием массы на каждой ступени пищевой цепи, то получится пирамида биомассы. Трава общей массой в 6800 т. на площади 13 квадратных километров обеспечивает пищей травоядных массой в 55 т., а те служат пищей льву массой в 0,2 т.

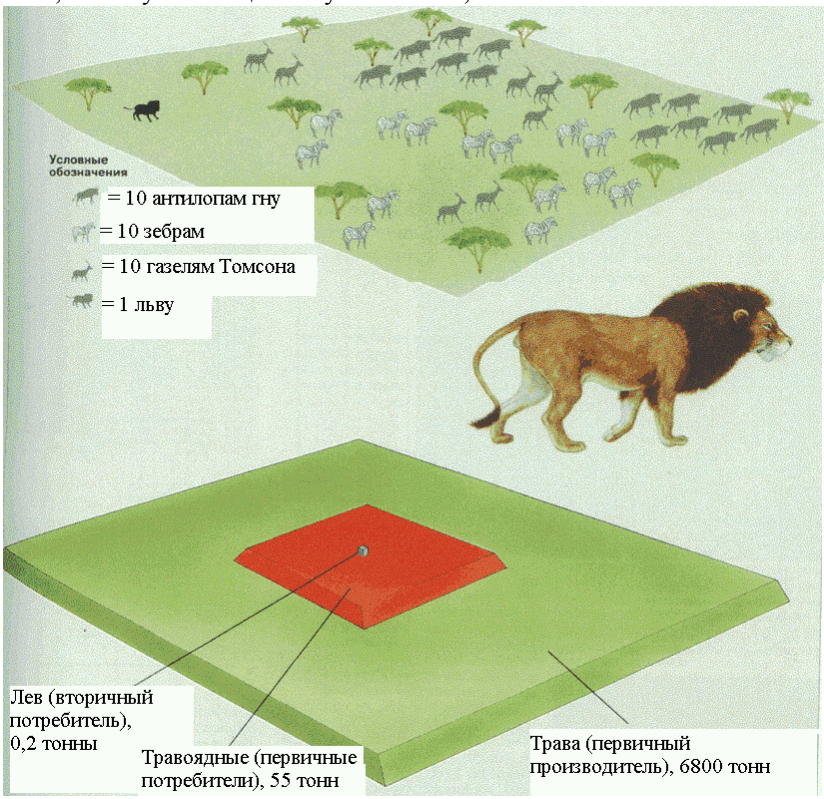


Рис.4.15. Пищевая пирамида в национальном парке Серенгети (по Майклу Скотту)

В наземных экосистемах с повышением трофического уровня запас биомассы уменьшается, а в морских, как правило, увеличивается, что обусловливается различием в жизненных циклах организмов разных трофических уровней. В океане биомасса животных, потребляющих растительную продукцию, больше биомассы растительных организмов. Причина этого – резкие различия в продолжительности жизни организмов сравниваемых уровней.

Пирамида энергии – уровней экосистемы, т.е. пирамида отражает величину потока энергии через последовательные трофические уровни (рис. 4.16).

На этом рисунке показаны все типы пирамид.

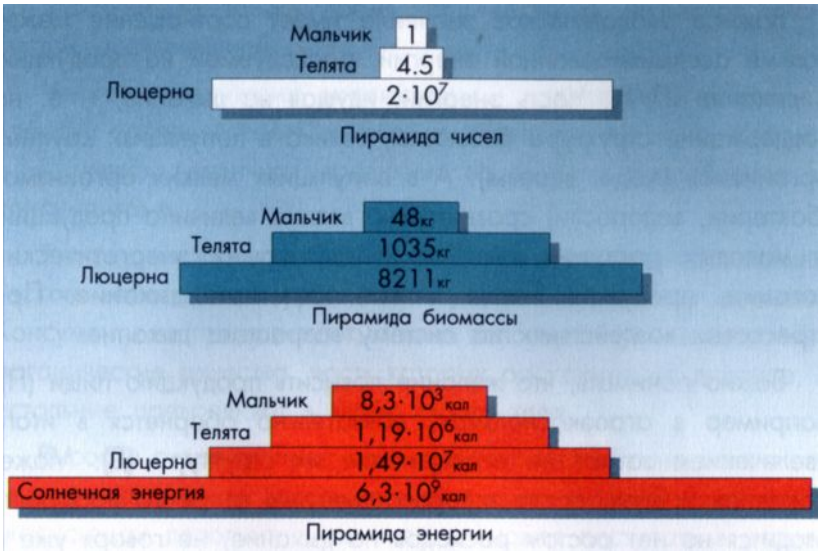


Рис. 4.16. Пирамиды чисел, биомасс и энергии, $м^2$/год (по Ю.Одуму, 1975)

Энергетическая пирамида всегда сужается кверху, поскольку энергия теряется на каждом последующем уровне. Как видим, большая часть энергии на всех трофических уровнях теряется на дыхание, а остальная идет на *прирост биомассы*. Эта оставшаяся энергия, и определяет *продуктивность экосистемы.*

4.3.4. Закон убывающей отдачи Тюрго – Мальтуса

Закон убывающей отдачи А. Тюрго - Т.Мальтуса гласит: «*Повышение удельного вложения энергии в агросистему не дает адекватного пропорционального увеличения ее продуктивности (урожайности)*».

Энергия, которую расходует человек, чтобы получить больший урожай, называется ***добавочной энергией.*** Она необходима для индустриализованного сельского хозяйства, так как этого требуют культуры, созданные специально для него. Индустриализованное (использующее энергию горючих ископаемых), сельское хозяйство (например, в Японии), может дать в 4 раза более высокий урожай с гектара, чем сельское хозяйство, в котором всю работу выполняют люди и домашние животные (как в Индии), но оно требует в 10 раз больших затрат разного рода ресурсов и энергии.

Замкнутость производственных циклов по энергетически энтропийному параметру теоретически невозможна, поскольку течение энергетических процессов (в соответствии со вторым началом термодинамики) сопровождается деградацией энергии и повышением энтропии природной среды.

В формулировке Одума второе начало справедливо для современного состояния системы “человек – природная среда”, т.к. существование этой системы полностью зависит от притока солнечной энергии. Мы являемся свидетелями того, что *повышение уровня организации и разнообразия культурной системы уменьшает ее энтропию, но увеличивает энтропию окружающей природной среды, вызывая ее деградацию*. В какой степени можно элиминировать эти следствия второго начала? Существуют два пути:

1. уменьшение потерь энергии, используемой человеком, при ее различных превращениях. Этот путь эффективен тогда, когда не нарушается стабильность системы, через которую идет поток энергии (как известно, чем больше число трофических уровней в экосистемах, тем выше их устойчивость, но в то же время выше потери энергии, проходящей через систему);

2. переход от возрастающей упорядоченности культурной системы к повышению упорядоченности всей биосферы.

Таким образом, все компоненты природной среды (биогеоценоза), его биотическая и абиотическая составляющие находятся в постоянной взаимосвязи и обеспечивают эволюционное развитие друг друга.

В целом биосфера заключает в себя следующие уровни жизни: популяцию – биоценоз – биогеоценоз.

Каждый из этих уровней обладает относительной независимостью, что и обеспечивает возможность эволюции макросистемы в целом, где эволюционирующей единицей является популяция.

4.4. Свойства экосистем. Закон конкурентного исключения Гаузе. «Золотой» закон экологии

4.4.1. Свойства экосистем

К основным свойствам экосистем относятся: *гомеостаз, продуктивность, самоочищение, стабильность, устойчивость, эмерджментность, сукцессия, климакс, способность осуществлять круговороты веществ.*

Гомеостаз. Одно из характерных свойств всех живых организмов состоит в их способности к обмену веществ (метаболизму) и к осуществлению множества разнообразных химических реакций. Метаболические процессы регулируются таким образом, чтобы внутренняя среда клеток оставалась как можно более постоянной. Эту *тенденцию к постоянству называют* ***гомеостазом***.

Изменения внешних условий могут вызвать сходные сдвиги во внутренней среде клетки. А при очень резких изменениях внутренней среды может наступить гибель клетки. Живые организмы обладают свойством поддерживать постоянство внутренней среды. Аналогично *гомеостаз присущ любой экосистеме, он является важнейшим условием ее существования.*

Продуктивность. Прирост биомассы в экосистеме, созданной за единицу времени, называется биологической продукцией (***продуктивностью***).

Продуктивность делится на разные виды, представленные в виде схемы (рис.4.17).

Продуктивность экосистем определяется, главным образом, лимитирующим факторами, которые различны в разных экосистемах: наличием воды, питательных солей, интенсивностью солнечной радиации, способностью системы использовать биогенные вещества и др. Например, в наземной пустыне – это вода, в глубоководных зонах моря – освещенность и недостаток питательных солей. Оба эти района представляют собой «биологические пустыни» с очень низкой первичной продукцией, представленной на рис. 4.18.

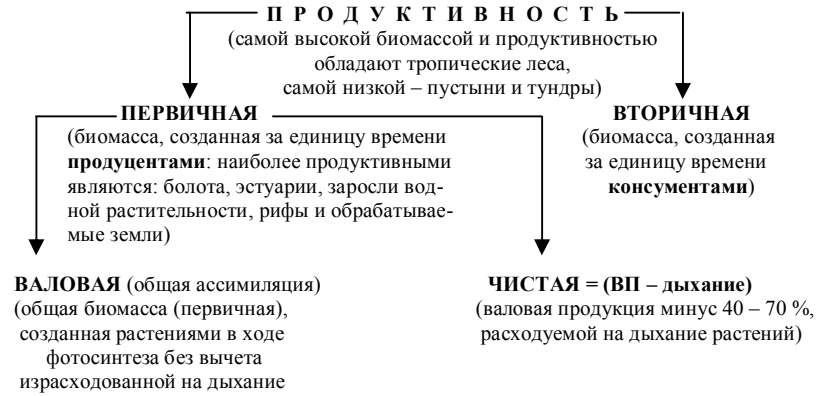


Рис.4.17. Виды продуктивности

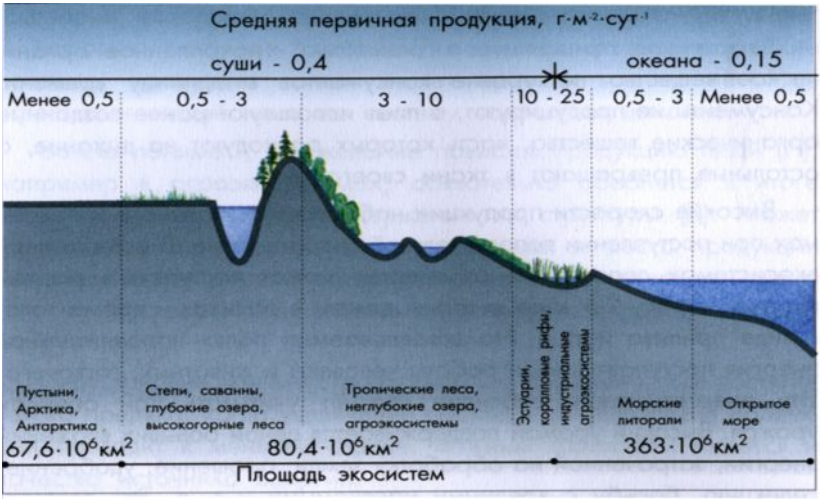


Рис. 4.18. Значение первичной валовой продукции в экосистемах биосферы

Как известно, на стыках сред жизни или различных экосистем наблюдается *сгущение жизни*, так называемый *«краевой эффект»*. Например, открытый океан фактически является водной пустыней, а сгущение жизни наблюдается на побережьях.

В соответствии со вторым началом поток энергии с каждой ступенью уменьшается, так как при превращениях одной формы энергии в другую часть энергии теряется в виде тепла. «В более плодородных

прибрежных водах первичная продукция приурочена к верхнему слою воды толщиной около 30 м, а в более чистых, но бедных водах открытого моря зона первичной продукции может простираться вниз на 100 м и ниже. Вот почему прибрежные воды кажутся темно-зелеными, а океанские – синими.

Экосистема – это машина, из которой нельзя «выжать» больше, чем она способна дать. Всегда наступает предел, после которого выигрыш от роста эффективности сводится на нет ростом расходов и риском разрушения системы.

Человек не должен стремиться получать более одной трети валовой (или половины чистой) продукции, если он не готов поставлять энергию для замены тех «механизмов самообслуживания», которые развились в природе, чтобы обеспечить долговременное поддержание первичной продукции в биосфере. Прямое удаление человеком или домашними животными более 30 – 50 % годового прироста растительности может уменьшить способность экосистемы сопротивляться стрессу.

Самоочищение. Способность выводить за свои пределы или перерабатывать загрязняющие вещества называется ***самоочищением экосистем***. Экосистема обладает свойством саморегулирования. Она способна сохранять свою структуру и функционирование в определенном диапазоне внешних условий. Способность противостоять воздействиям извне, в том числе и антропогенным нагрузкам, и преодолевать их получила название ***устойчивости экосистем.*** *Чем богаче видовое разнообразие в экосистеме, тем она более устойчива*. Потеря любого вида влечет в конечном итоге к ухудшению естественных условий жизнеобеспечения человека. Поэтому необходима охрана видового разнообразия органического мира. В 1948 г. при поддержке ЮНЕСКО был организован Международный союз защиты природы, с 1956 г. носящий название Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП), который издал первую Красную книгу. В СССР Красная книга стала издаваться с 1974 г.

Стабильность и устойчивость экосистем. Стабильность – способность экосистем сохранять свою структуру и функциональные свойства при воздействии внешних факторов.

Устойчивость – способность экосистемы возвращаться в исходное (или близкое к нему) состояние после воздействия факторов, выводящих ее из равновесия. При низкой устойчивости экосистем наблюдаются вспышки численности отдельных видов. Разнообразие – синоним устойчивости (закон Эшби). Например, тундра, пустыня – малоустойчивые, нестабильные экосистемы, а тропические леса – самые устойчивые, стабильные.

Стабильность экосистемы – свойство любой системы возвращаться в исходное состояние после того, как она была выведена из состояния равновесия. Стабильность экосистемы определяется устойчивостью к внешним воздействиям. Различают два типа устойчивости: резистентную и упругую, показанные на рис. 4.19.

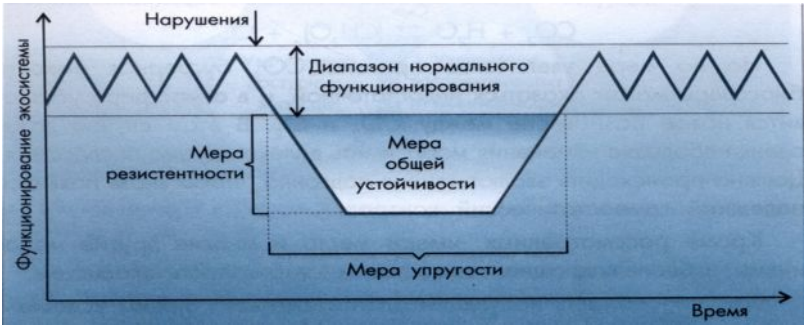


Рис. 4.19. Резистентная и упругая устойчивость
(по Ю.Одуму, 1986, с изменениями)

Резистентная устойчивость (от лат. resistentia – сопротивляемость) – это способность экосистемы сопротивляться нарушениям, поддерживая при этом неизменными свою структуру и функцию.

Упругая устойчивость – способность системы быстро восстанавливаться после нарушения структуры и функции.

В экосистеме оба типа устойчивости одновременно практически не развиваются, они иногда исключают друг друга.

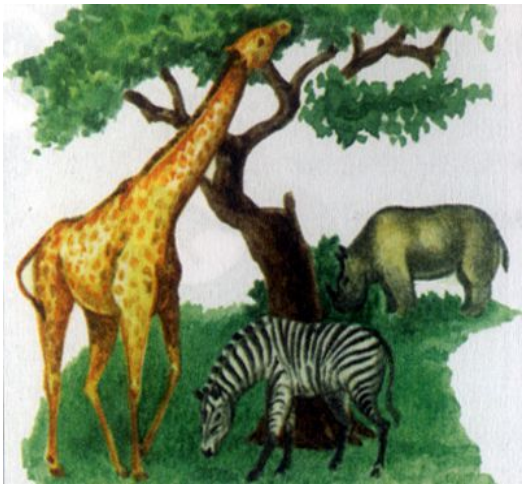
Например, заросли вереска очень легко выгорают (низкая резистентная устойчивость), но быстро восстанавливаются (высокая упругая устойчивость). Секвойный калифорнийский лес пожароустойчив (высокая резистентная устойчивость), однако, если он все же сгорит, то восстанавливается крайне медленно или вообще не восстанавливается (низкая упругая устойчивость).

Эмерджментность экосистем – свойство системы, которое как целое не является простой суммой свойств слагающих ее частей или элементов. Эти свойства нельзя предсказать на основании свойств подсистем низшего порядка, составляющих систему следующего, более высокого уровня организации.

Экологическая сукцессия. Сукцессия (от лат. – последовательность, смена, наследование) – последовательная необратимая смена биоценозов (сообществ), преемственно возникающих на одной и той

же территории в результате влияния природных и антропогенных факторов (Смотри «Золотой» закон экологии). Последовательность сообществ, сменяющих друг друга в данном пространстве, называется стадиями развития, через которые проходят организмы, прежде чем достигнут зрелости *(климаксного состояния).*

Одно из центральных понятий экологии – *экологическая ниша.*



В каждом биогеоценозе все виды живых организмов занимают определенные экологические ниши, расселяясь так, чтобы не мешать друг другу (рис. 4.20).

Это понятие сводит к общему показателю все, в чем нуждаются организмы, то есть все необходимые условия и ресурсы (отношение к факторам среды, видам пищи, времени и способам питания, местам размножения, укрытий и т.п. в необходимых количествах), а также то, какую роль выполняет данный вид в биотическом сообществе. Экологическая ниша показывает, как организмы приспособлены к условиям среды, как реагируют на них.

Рис.4.20. Мирное сосуществование разных организмов

Даже если условия и ресурсы данного участка среды вполне благоприятны для организмов данного вида, его длительному существованию могут препятствовать особи других видов, например, хищники, паразиты или конкуренты. Поэтому биотические взаимодействия также входят в понятие ниши.

Одно и то же местообитание может порождать множество ниш.

Лесной массив, например, может предоставить экологические ниши мелким птицам, дубам, паукам, огромному множеству других растений и животных. Ниши видов, представленных в одном и том же местообитании, чаще всего сильно различаются (рис. 4.21).

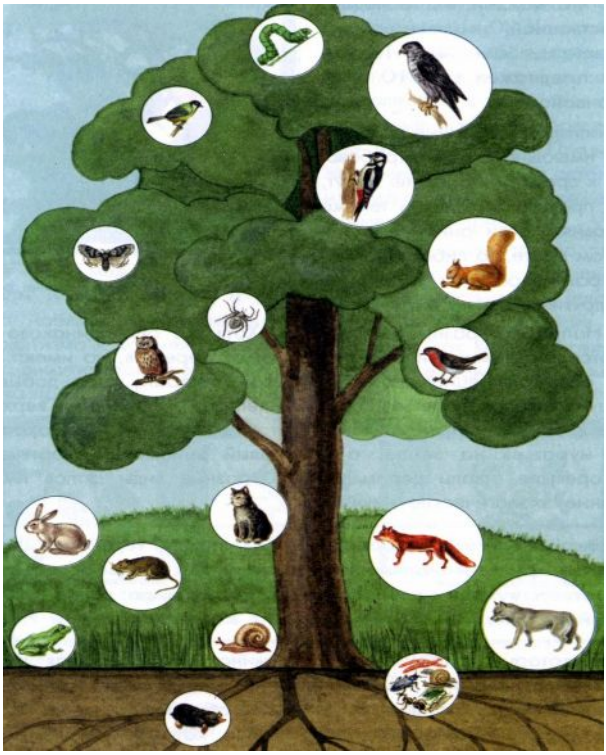


Рис. 4.21. Экологические ниши (Л. Цветкова)

Чем больше видов, тем больше экологических ниш и тем выше богатство среды. От разнообразия живых организмов, числа экологических ниш будут зависеть полнота и скорость круговорота веществ в данном конкретном биогеоценозе.

Например, смешанный лес – это местообитание для сотен видов растений и животных, но у каждого из них своя экологическая ниша: у белок – крона деревьев, где она питается семенами и плодами, размножается; у зайца – подпологовое пространство, где он питается растениями, там же размножается и т.д.

Если организмы занимают разные экологические ниши, то они не вступают в конкурентные отношения. Однако в каждой экосистеме имеются виды, которые претендуют на одну и ту же нишу или ее элементы (пищу, укрытия и т.д.). Тогда возникает конкуренция, борьба за обладание нишей. Эта закономерность установлена экологом Гаузе (смотри «Закон Гаузе»).

С понятием экологической ниши связано представление *о насыщенных и ненасыщенных биогеоценозах (БГЦ).* Насыщенные – это сообщества живых организмов, в которых материальные и энергетические ресурсы на каждом этаже преобразования биомассы используются наиболее полно. Наоборот, когда жизненные ресурсы используются не полностью, такие БГЦ называются ненасыщенными. Ненасыщен-

ные БГЦ характеризуются наличием свободных экологических ниш, т.е. имеют энергетические и материальные ресурсы для расселения новых видов живых организмов без особого ущерба для остальных.

Экологическое равновесие в природе обусловлено тем, что экологические компоненты экосистем характеризуются таким количественным и качественным соотношением, которое обеспечивает системе целостность и неопределенно длительное (условно бесконечное) существование. Нарушение экологического равновесия может привести к формированию опасных экологических ситуаций и разрушению экосистем. Например, извержение лавы, наводнение, пожары, строительство предприятий, шахт, карьеров, плотин. В таких случаях на месте естественного (первоначального) БГЦ начинает развиваться другой, более приспособленный к новым условиям. Вначале возникает и некоторое время функционирует простой БГЦ, включающий небольшое количество видов растений и животных. Постепенно простые БГЦ последовательно замещаются более сложными. Это происходит когда в развивающемся БГЦ накапливается до-статочное количество доступных материальных и энергетических ресурсов, когда создаются условия для образования новых экологических ниш. Такая последовательная смена одного БГЦ другим называется *экологической сукцессией*. Цепь сменяющихся друг друга БГЦ называется *сукцессионным рядом.*

Способность осуществлять круговороты. Круговороты являются главным результатом деятельности живых организмов. Благодаря круговоротам веществ поддерживается жизнь на нашей планете, осуществляется ее эволюция (смотри раздел 5, тему «Круговороты»).

4.4.2. Основной (золотой) закон экологии

Одним из главных достижений экологии стало открытие, что развиваются не только организмы и виды, но и экосистемы.

Золотой закон экологии – это закон об экологических сукцессиях.

Как было сказано выше, последовательность сообществ, сменяющих друг друга в данном районе, называется *сукцессией.*

Сукцессия происходит в результате изменения физической среды под действием сообщества, т.е. контролируется им. Замещение видов в экосистемах вызывается тем, что популяции, стремясь модифицировать окружающую среду, создают условия, благоприятные для других популяций; это продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто *равновесие между биотическими и абиотическими компонентами* – это главная особенность процесса сукцессии – начиная с незначительного видового разнообразия, продуктивности и малой биомассы

до постепенного возрастания; до усложнения взаимосвязей между организмами, цепей питания; уменьшения количества свободных экологических ниш; интенсификации процессов круговорота веществ, потока энергии и дыхания экосистем; увеличения продолжительности сукцессии в лесных экосистемах; достижения максимальных значений биомассы по мере достижения климаксного состояния. Развитие экосистем во многом аналогично развитию отдельного организма и в то же время сходно с развитием биосферы в целом.

Сукцессия состоит из стадий роста, стабилизации и климакса. Их можно различать на основе критерия продуктивности:

– на первой стадии продукция растет до максимума;

– на второй остается постоянной;

– на третьей уменьшается до нуля по мере деградации системы.

Некоторые ученые предполагают, что примером правила обязательного заполнения экологических ниш служит возникновение новых заболеваний. Так, СПИД был предсказан за 10 лет до выявления болезни как гриппоподобный вирус с высоким процентом летального исхода. Основанием для предсказания служило то, что победа над многими инфекционными болезнями человека высвободила экологические ниши, которые должны быть заполнены.

Различают сукцессии:

- *первичные* (сукцессии, которые начинаются на абсолютно лишенном жизни месте);

- *вторичные* (сукцессии с новым сообществом, которые развиваются на месте, где ранее существовал хорошо развитый биоценоз).

При первичных сукцессиях скорость изменения сообществ невелика (формирование флоры и фауны на вулканических лавах, скальных породах, песчаных дюнах, отвалах, хвостохранилищах, около промпредприятий), т.е. на пустом безжизненном месте, не затронутом процессами почвообразования.

На рис. 4.22 схематично показана картина изменений видового состава растительного сообщества в ходе *вторичной сукцессии* на покинутом земельном участке.

Вторичные сукцессии приводят к образованию климаксного сообщества (далее не развивающееся) быстрее, чем первичные (на местах пожаров, распашки степей, вырубки лесов, эрозии, засухи, осушении болот, влияния выбросов промышленности и др). Изменения при вторичной сукцессии происходят гораздо быстрее, чем при первичной. Это объясняется тем, что первичное сообщество оставляет после себя достаточное количество питательных веществ, развитую почву, что значительно ускоряет рост и развитие новых поселенцев.



Рис. 4.22. Вторичная сукцессия в умеренном климате
(по Е.Крискунову и др., 1995, с изменениями)

Различают множество форм сукцессии (автотрофная, гетеротрофная, аутогенная, аллогенная, фитогенная, зоогенная, ландшафтная, антропогенная).

Если сукцессионные изменения определяются в основном внутренними взаимодействиями, то говорят об ***аутогенной***, т.е. самопорождающейся сукцессии.

При аутогенных сукцессиях в экосистемах закономерно изменяются: энергетика, круговорот веществ, структура сообщества, стабильность (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Изменения признаков аутогенной сукцессии в экосистеме

Признаки	Изменения в экосистеме
Энергетические	Возрастает продукция органического вещества (*П*)
	Возрастает биомасса организмов (*Б*)
	Увеличиваются затраты энергии на дыхание (*Д*)
	Отношение *П/Д* приближается к *1*
	Отношение *Б/П* возрастает
	Отношение *П/Б* уменьшается
Круговорот веществ	Круговорот биогенных элементов становится все более замкнутым
	Увеличивается время оборота питательных веществ
	Увеличивается запас важных биогенных элементов
Структура сообщества	Меняется видовой состав
	Возрастает разнообразие видов
	Увеличиваются размеры организмов
	Усложняются и удлиняются жизненные циклы
	Развивается взаимовыгодный симбиоз
Стабильность	Возрастает резистентная устойчивость
	Снижается упругая устойчивость

Если изменения вызываются внешними силами на входе экосистемы (шторм, пожар, воздействие человека), то такую сукцессию называют ***аллогенной***, т.е. порожденной извне. Эти сукцессии могут переходить одна в другую, процесс здесь направлен в сторону достижения баланса, когда валовая продукция (*П*) равна дыханию (*Д*), т.е. *П* = *Д*. Понятно, что любая сукцессия начинается с несбалансированного сообщества, у которого продукция органического вещества *П* или больше, или меньше скорости дыхания *Д*, и сообщество стремится к состоянию, где *П* = *Д*.

Отношение *П*/*Д* является функциональным показателем зрелости экосистем. При *П* > *Д* постепенно растет биомасса и отношение этой биомассы *Б* к продукции *П*, т.е. увеличиваются размеры организмов. Возрастание происходит до тех пор, пока не стабилизируется система, т.е. не достигнет ее климаксное состояние. Сукцессия, которая начинается с состояния, когда *П* > *Д*, называется ***автотрофной***, если же *П* < *Д* – ***гетеротрофная сукцессия.***

Автотрофная сукцессия – широко распространенное в природе явление, которое начинается в незаселенной среде: формирование леса на брошенных землях или восстановлении жизни после извержения вулканов и других природных катастроф. Она характеризуется длительным преобладанием автотрофных организмов.

Гетеротрофная сукцессия характеризуется преобладанием бактерий и встречается тогда, когда среда пересыщена органическими веществами. Например, сточная вода, загрязненная органическим веществами. При гетеротрофной сукцессии запасы энергии постепенно исчезают, т.к. автотрофные процессы отсутствуют (климакс не наступит) и экосистема может исчезнуть (например, гниющее дерево).

В ходе сукцессии постоянно меняются облик сообщества и функционирование экосистемы. Продолжительность сукцессии во многом определяется структурой сообщества.

Изучение первичной сукцессии на песчаных дюнах свидетельствует о том, что в этих условиях для развития наивысшей стадии требуются многие сотни лет. Вторичные сукцессии, например, на вырубках, протекают гораздо быстрее. Все же требуется не менее 200 лет, чтобы в условиях умеренно влажного климата смог восстановиться лесной массив.

Если климат особенно суров (например, в пустыне или тундре), продолжительность стадий более коротка, так как сообщество не может существенно изменить неблагоприятное физическое окружение. Вторичная сукцессия в степи, например, продолжается около 50 лет. На ход сукцессии могут оказывать влияние периодические изменения

климата, а также бури, засухи, пожары, часто случайные изменения. Так, например, пожар может не только прервать сукцессию, но и возвратить систему в начальное состояние.

Климакс – (от греч. – лестница) – термин введен Ф.Клементсом (1916) для обозначения стабильной, конечной (кульминационной) стадии развития (сукцессии) экосистемы в условиях данной области. Ее характер обычно определяется климатическими, почвенными, геоморфологическими, биотическими и антропогенными факторами. Он выражается в формировании относительно устойчивого (коренного) фитоценоза. Начальные группировки видов отличаются неустойчивостью.

В ходе сукцессии постепенно возрастает видовое разнообразие, что ведет к усложнению связей внутри биоценоза, развитию цепей питания, умножению симбиотических связей и т.п. и, в конечном итоге, к более четкому распределению организмов по экологическим нишам. На различных местообитаниях первичная сукцессия может характеризоваться разными фазами, но все они приведут к одному и тому же климаксу. Зрелые стадии сукцессии (климаксные) являются более стойкими по сравнению с ранними. Засуха может сильно влиять на раннюю стадию сукцессии, например, на посевы ржи или пшеницы. На лес наивысшей стадии его развития она оказывает гораздо меньше влияния, если, конечно, засуха не повторяется год от года. Зрелое сообщество с его большим разнообразием, насыщенностью организмами, более развитой трофической структурой, с уравновешенными потоками энергии способно противостоять изменениям физических факторов (например, температуры, влажности) и даже некоторым видам химических загрязнений в гораздо большей степени, чем молодое сообщество. Однако молодое сообщество способно продуцировать новую биомассу в гораздо больших количествах, чем старое.

Влажно-тропические леса, часто называемые джунглями, переполнены жизнью от кроны самых высоких деревьев до лесной подстилки. Многообразие флоры и фауны порождено идеальными условиями жизни и борьбой за место под солнцем. Влажно-тропические леса, покрывая лишь 7 % поверхности суши, являются средой обитания не меньше чем для половины существующих на Земле видов животных и растений. По строению тропический лес напоминает многоэтажный дом, где на каждом этаже (ярусе) живут свои обитатели. Большинство влажных лесов растет в зоне тропиков и близко к экватору, где климат круглый год теплый и продолжительное время светит солнце (рис. 4.23, 4.24).

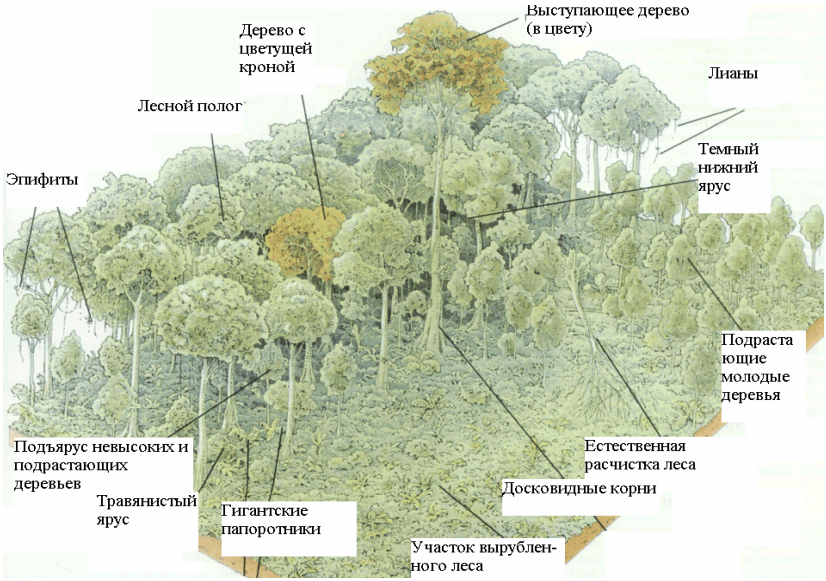


Рис. 4.23. Сложное строение влажно-тропического леса



Рис. 4.24. Расположение влажно-тропических лесов у экватора

У экватора день длится 12 часов, а климат теплый круглый год. Средняя годовая температура колеблется в пределах 23 – 31 ^{o}C. Вечнозеленые деревья растут и цветут круглый год.

Климаксные экосистемы долгое время могут быть стабильными благодаря сложным сетям взаимоотношений. На рис. 4.25 показано состояние экологической сукцессии в разных экосистемах.

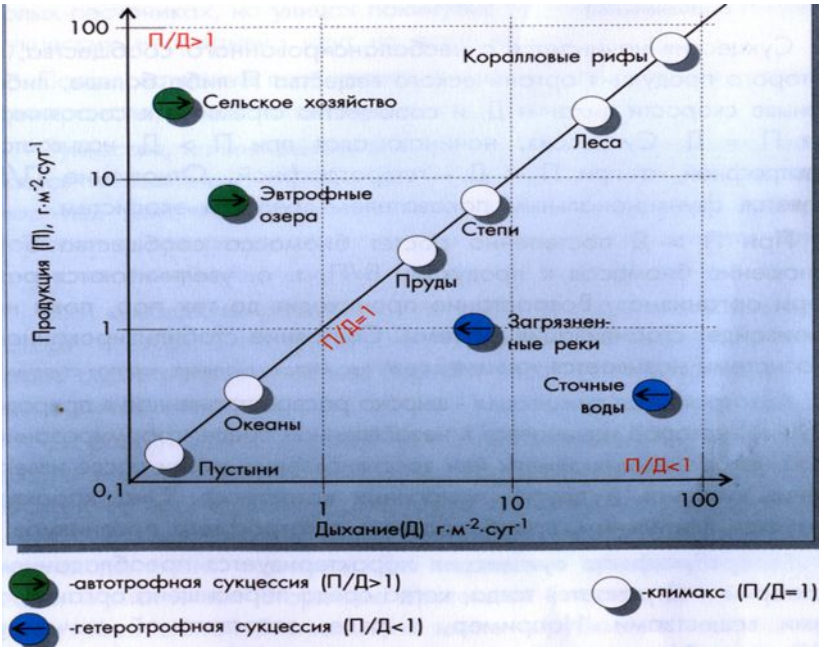


Рис. 4.25. Изменения состояний экологических сукцессий в разных экосистемах (Л.И.Цветкова)

Чем больше отношение *П/Д* отклоняется от *1*, тем менее зрелой и менее устойчивой является экосистема. В климаксных сообществах это отношение приближается к *1*.

Например, человек может собирать богатый урожай в виде чистой продукции, искусственно поддерживая сообщество на ранних стадиях сукцессии. Ведь в зрелом сообществе, находящемся на стадии климакса, чистая годовая продукция расходуется в основном на дыхание растений и животных и может быть даже равна нулю.

4.4.3. Закон (принцип) конкурентного исключения Гаузе

Два вида, имеющие одинаковые экологические потребности, не могут существовать на одной территории неограниченно долго, не конкурируя, т.е. если они занимают одну и ту же экологическую нишу. То, какой вид побеждает, зависит от внешних условий. В сходных условиях победить может каждый. Важным для победы обстоятельством является скорость роста популяции. Неспособность вида к биотической конкуренции ведет к его оттеснению и необходимости приспособления к более трудным условиям и факторам.

Закон конкурентного исключения работает и в человеческом обществе. Особенность его действия в настоящее время заключается в том, что цивилизации не могут разойтись. Им некуда уйти со своей территории, потому что в биосфере нет свободного места для расселения и нет избытка ресурсов, что приводит к обострению борьбы со всеми вытекающими отсюда последствиями.

5. ВАЖНЫЕ ЗАКОНЫ И ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

Среди законов природы встречаются такие, которые действуют не во всех случаях и не препятствуют развитию общества, если изредка нарушаются.

Они становятся препятствием для нормального развития, если нарушения становятся массовыми. Есть законы, которые можно отнести к типу законов, ограничивающих биоразнообразие. Вот основные из них.

Правило Аллена: выступающие части тела (конечности, хвост, ушные раковины) у теплокровных животных в холодном климате короче, чем в теплом, т.к. в первом случае теплопотери ниже.

***Правило Бергмана*: у** теплокровных животных размеры тела особей одного вида или группы близких видов определяются температурными условиями среды: размеры особей больше в популяциях, живущих в более холодном климате.

Правило Глогера: животные в теплых и влажных регионах пигментированы сильнее (т.е. особи темнее), чем в холодных и сухих.

Закон эмерджментности: целое всегда имеет особые свойства, отсутствующие у его частей.

Закон необходимого разнообразия: система не может состоять из абсолютно идентичных элементов, но может иметь иерархическую организацию и интегративные уровни.

Закон необратимости эволюции: организм (популяция, вид) не может вернуться к прежнему состоянию, осуществленному в ряду его предков.

Закон усложения организации: историческое развитие живых организмов приводит к усложнению их организации путем дифференциации органов и функций.

Закон сохранения жизни: жизнь может существовать только в процессе движения через живое тело потока веществ, энергии, информации.

Принцип сохранения упорядоченности (И.Пригожин): в открытых системах энтропия не возрастает, а уменьшается до тех пор, пока не достигается минимальная постоянная величина, всегда большая нуля.

Принцип Ле-Шателье–Брауна: при внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, это равновесие смещается в том направлении, при котором эффект внешнего воздействия ослабляется. Этот принцип в рамках биосферы нарушается современным человеком. Например, с возрастанием концентрации углекислого газа в атмосфере происходило увеличение биомассы, в настоящее время биомасса наоборот уменьшается.

Принцип экономии энергии (Л Онсагер): при вероятности развития процесса в некотором множестве направлений, допускаемых началами термодинамики, реализуется то, которое обеспечивает минимум рассеивания энергии.

Правило затухания процессов: с увеличением степени равновесности с окружающей средой или внутреннего гомеостаза (в случае изолированности системы) динамические процессы в системе затухают.

Термодинамическое правило Вант-Гоффа – Аррениуса: подъем температуры на 10 ºС приводит к 2 – 3 - кратному ускорению химических процессов. Отсюда опасность повышения температуры вследствие хозяйственной деятельности современного человека.

Правило Шредингера «о питании» организма отрицательной энтропией: упорядоченность организма выше окружающей среды и организм отдает в эту среду больше неупорядоченности, чем получает. Это правило соотносится с принципом сохранения упорядоченности Пригожина.

Правило ускорения эволюции: с ростом сложности организации биосистем продолжительность существования вида в среднем сокращается, а темпы эволюции возрастают. Средняя продолжительность существования птиц – около 2 млн. лет, вида млекопитающих – 800 тыс. лет. Число вымерших видов птиц и млекопитающих велико в сравнении со всем их количеством.

Аксиома адаптированности Ч.Дарвина: каждый вид адаптирован к строго определенной, специфичной для него совокупности условий существования.

Закон единства «организм – среда»: жизнь развивается в результате постоянного обмена веществом и информацией на базе потока энергии в совокупном единстве среды и населяющих ее организмов.

Закон давления среды жизни, или ограниченного роста (Ч.Дарвин): имеются ограничения, препятствующие тому, чтобы потомство одной пары особей, размножаясь в геометрической прогрессии, заполнило весь земной шар.

Принцип минимального размера популяций: существует минимальный размер популяции, ниже которого ее численность не может опускаться.

Закон обеднения живого вещества в островных его сгущениях (Хильми): индивидуальная система, работающая в среде с уровнем организации более низким, чем уровень самой системы, обречена: постепенно теряя структуру, система через некоторое время растворится в окружающей среде. Из этого следует важный вывод для человеческой природоохранной деятельности: искусственное сохранение экосистем малого размера (на ограниченной территории, например заповедника) ведет к их постепенной деструкции и не обеспечивает сохранения видов и сообществ.

Правило биологического усиления: при переходе на более высокий уровень экологической пирамиды накопление ряда веществ, в том числе токсичных и радиоактивных, увеличивается примерно в такой же пропорции.

Правило экотона, или краевого эффекта: на стыках биоценозов увеличивается число видов и особей в них, так как возрастает число эко-

логических ниш из-за возникновения на стыках новых системных свойств.

Закон сукцессионного замедления: процессы, идущие в зрелых равновесных экосистемах, находящихся в устойчивом состоянии, как правило, проявляют тенденцию к снижению темпов.

Закон бумеранга: все, что извлечено из биосферы человеческим трудом, должно быть возвращено ей.

Закон незаменимости биосферы: биосферу нельзя заменить искусственной средой, как, скажем, нельзя создать новые виды жизни. Человек не может построить вечный двигатель, в то время, как биосфера и есть практически «вечный» двигатель.

Закон шагреневой кожи: глобальный исходный ресурсный потенциал в ходе исторического развития непрерывно истощается. Это следует из того, что нет никаких принципиально новых ресурсов, которые могли бы появиться в настоящее время.

В начале 70-х годов XX в. американским ученым Б.Коммонером сформулированы так называемые «законы» экологии.

Первый закон: все связано со всем. *Это закон об экосистемах и биосфере*, подчеркивающий всеобщую связь процессов и явлений в природе. Он призван предостеречь человека от необдуманного воздействия на отдельные части *экосистем*, что может привести к непредвиденным последствиям. Например, осушение болот приводит к обмелению рек. Недоучет экологических законов в результате воздействия человека на природу может *экологическим бумерангом* обратиться против него, вызвав *экологический кризис* – потенциально обратимую ситуацию, возникающую в природных экосистемах в результате нарушения равновесия под воздействием стихийных природных или антропогенных факторов. Ученые считают, что в настоящее время человечество находится в состоянии восьмого экологического кризиса, и если семь предыдущих были разрешены в результате соответствующих экологических революций, то сегодняшнее положение дел может привести к ***экологической катастрофе*** – необратимой ситуации, возникшей в экосистеме в результате природных аномалий (засухи, наводнения и т.д.) или аварии технического устройства, приводящей, как правило, к острым изменениям в среде, массовой гибели организмов и экономическому ущербу. Это состояние характеризуется потерей контроля за течением экологических событий, так

называемой «ядерной зимой». «Ядерная зима» – это сильное похолодание, возможное в результате крупномасштабной ядерной катастрофы. Этот прогноз основан на теоретических моделях, учитывающих количество дыма и пыли, которые будут выброшены в атмосферу и затруднят проникновение к Земле солнечных лучей. «Ядерная зима» – глобальная экологическая катастрофа, которая привела бы к полной невозможности сохранения на Земле высших форм жизни, включая человека.

Второй закон: все должно куда-то деваться. *Это закон о хозяйственной деятельности человека*, отходы от которой неизбежны, и потому необходимо думать как об уменьшении их количества, так и о последующем их использовании. Для этой цели необходимы реутилизация и рекуперация. Реутилизация – получение новой продукции того же или близкого типа путем переработки уже использованной готовой продукции (например, получение бумаги из макулатуры, металла из металлолома и т.п.), а также использование производственно-бытовых отходов в качестве исходного продукта для другого производства (например, битого стекла при производстве специальных видов асфальта**).** ***Рекуперация*** – возвращение веществ и энергии, участвовавших в технологическом процессе в их исходном виде, для повторного использования в производственном цикле (например, использование тепла, выделяющегося при протекании химических реакций, для отопления). Использование вторичных ресурсов, утилизация отходов, рекуперация энергии, замкнутая система водообеспечения и т.д. относятся к ресурсосберегающим технологиям.

Третий закон: природа «знает» лучше. *Это закон разумного, сознательного природопользования*. Нельзя забывать, что человек – тоже биологический вид, что он часть природы, а не ее властелин. Это означает, что нельзя пытаться покорить природу, а нужно сотрудничать с ней. Пока мы не имеем полной информации о механизмах и функциях природы, а без точного знания последствий преобразования природы недопустимы никакие ее «улучшения».

Четвертый закон: ничто не дается даром. *Это закон рационального природопользования*. За дополнительную очистку отходов, нужно платить энергией; удобрением – за повышение урожая; санаториями и лекарствами – за ухудшение здоровья человека и т.д. Нерациональное природопользование ведет к исчерпанию природных ресурсов и подрыву восстановительной способности биосферы.

6. БИОСФЕРА И БИОСФЕРНО-НООСФЕРНАЯ КОНЦЕПЦИЯ В.И.ВЕРНАДСКОГО

- Эволюция биосферы;
- Сфера жизни;
- Границы биосферы;
- Биосферно-ноосферная концепция В.И. Вернадского: учение Вернадского о биосфере; ноосфера – сфера разума;
- Функции живого вещества;
- Свойства живого вещества;
- Основные свойства биосферы: фотосинтез; биомасса поверхности суши; биомасса почвы; биомасса мирового океана.

6.1. Эволюция биосферы

Биосфера качественно отличается от всех других сфер Земли, т. к. в ее пределах проявляется геологическая деятельность живых существ: растений, животных, микроорганизмов, а на последнем этапе истории Земли – и человека.

Возраст нашей Земли 9 – 12 млрд. лет.

Нет единого мнения о существовании жизни на земле, которые можно классифицировать следующим образом:

1. идеалистическая гипотеза (креационизм): идея, разум первичны, а материя вторична; материалистическая гипотеза: материя первична, а идея, разум вторичны;

2. гипотезы стационарного состояния: жизнь существовала всегда и будет существовать вечно; или жизнь возникла на определенном этапе развития мира;

3. гипотезы биогенеза: живое только от живого; гипотезы абиогенеза: возможно самозарождение живого из неживого;

4. гипотезы панспермии: жизнь возникла на земле или была занесена из космоса.

Креационизм: жизнь была создана Творцом – богом, Идеей, Высшим разумом и др.

Гипотеза стационарного состояния: жизнь, как и Вселенная существовала всегда и будет существовать вечно, т.к. не имеет ни начала, ни конца. Однако наша Вселенная не является вечной, если следовать теории ее ограниченного существования и образования в результате «Большого взрыва» около 15 млрд.лет назад.

Гипотеза панспермии: жизнь на земля была занесена из космоса и прижилась здесь благодаря благоприятным условиям. Жизнь в кос-

мосе была создана Творцом, или возникла из неживой материи или существовала всегда.

Гипотеза абиогенеза (самозарождения живого из неживого и последующей биохимической эволюции): жизнь зародилась на Земле из неживой материи.

По А.И.Опарину живое возникло на Земле из неживой материи в результате химической эволюции – сложных химических преобразований молекул. В 1953 г. С.Миллером была принципиально доказана возможность неорганического пути образования органических соединений (но не живых организмов): в лабораторных условиях он получил органические вещества из неорганических соединений.

А.И.Опарин полагал, что органические вещества могли создаваться в первичном океане из простых неорганических соединений. По мере накопления органических веществ в океане образовался «первичный бульон». Органические вещества образовали капли прообраза клеток, которые эволюционировали, образовав организмы-гетеротрофы. «Первичный бульон», исчерпав свои запасы, дал жизнь автотрофам. К настоящему времени ни одна из гипотез возникновения жизни на Земле не имеет прямых доказательств.

По мнению большинства современных ученых в развитии жизни на Земле существует три основных этапа:

1. Добиологический – это период от возникновения Земли до появления на ней жизни. Свободный кислород в атмосфере практически отсутствовал. Ультрафиолетовое излучение Солнца беспрепятственно достигало поверхности Земли и губительно действовало на все возможные очаги зарождения живых организмов. Однако благодаря именно этому излучению стали возможны химические реакции, приведшие к возникновению сложных органических молекул – аминокислот, которые, в свою очередь, послужили материалом для построения простейших живых организмов. Увеличение содержания фиолетового излучения дало толчок к образованию вокруг планеты защитного озонового экрана. Это обеспечило надежную защиту живых организмов от губительного действия ультрафиолетовых лучей Солнца. Живые компоненты природы в процессе своей жизнедеятельности преобразовали определенную часть недр и поверхностный слой суши, изменили качественный и количественный состав водного и воздушного бассейнов. Так на планете возникла сфера жизни.

2. Возникновение биосферы – сферы жизни. Эволюцию биосферы (развитие биосферы на длительном отрезке времени) изучает раздел экологии – *эволюционная экология*. Следует отличать от динамической экологии, которая изучает развитие биосферы и экосистем за

короткие интервалы времени, например, изучение биогеохимических круговоротов и сукцессии. Задача же эволюционной экологии – изучить принципиальные изменения в механизмах круговорота веществ и в ходе сукцессии. Очень важным является изучение форм жизни.

Вначале появились клетки без ядра, но имеющие нити ДНК, напоминают нынешние бактерии и сине-зеленые водоросли. Возраст таких организмов около 3 млрд. лет. Их свойства: подвижность; питание и способность запасать пищу и энергию; защита от нежелательных воздействий; размножение; раздражимость, приспособление к изменяющимся внешним условиям; способность к росту. Затем, 2 млрд. лет назад в клетке появляется ядро, одноклеточные организмы – простейшие, их 25 – 30 видов. Самые простые из них – амебы. Инфузории же имеют реснички. Ископаемые простейшие – радиолярии и фораминиферы – основные части осадочных горных пород.

Примерно 1 млрд. лет назад появились многоклеточные организмы. В результате фотосинтеза создавалось органическое вещество, выделялся кислород, накапливался озон.

Луи Пастер выделил два важных момента в эволюции биосферы:

1) момент, когда уровень содержания кислорода в атмосфере Земли достиг примерно 1 % от современного. С этого момента стала возможной аэробная жизнь. Предполагается, что накопление кислорода шло скачкообразно и заняло не более 20 тыс. лет;

2) достижение содержания кислорода в атмосфере около 10 % от современного. Это привело к возникновению предпосылок формирования озоносферы. В результате жизнь стала возможной на мелководье, а затем и на суше.

3. Процесс эволюции живых организмов привел к появлению высшего биологического вида – человека. В результате наша планета вступила в качест-венно новый, т.е. третий этап своего развития – формирование *ноосферы – сферы разума.*

6.2. Сфера жизни

В.И.Вернадский понимал биосферу как сферу единства живого и неживого. По его мнению жизнь могла возникнуть: 1) до образования Земли и была занесена на нее; 2) после образования Земли; 3) вместе с формированием Земли.

Вернадский В.И. придерживался последнего варианта и считал, что нет убедительных научных данных, что живое когда-либо не существовало на нашей планете. Иными словами, биосфера была на

Земле всегда. Жизнь вечна, поскольку вечен космос, и всегда передавалась путем биогенеза. На сегодняшний день загадка начала жизни еще не разгадана.

Биологические факты свидетельствуют: жизнь передается только жизнью; не найдено фактов самозарождения жизни из косного материала Земли, не доказан археогенез – одномоментное зарождение жизни в древности; точно так же не доказан гетерогенез – возникновение жизни каким-либо смешанным образом. Создавая учение о живом веществе, В.И.Вернадский пришел к выводу о безначальности мира, о том, что жизнь вечна.

Представление о "всегдашности" существования жизни на планете дает триединая наука *биогеобионика*, доказывая постоянство химической обстановки на ее поверхности, связь биологической эволюции (или просто жизни) и геологической истории.

6.3. Границы биосферы

Жизнь существует на всем земном шаре, следовательно, горизонтальных границ поля жизни биосферы нет и речь будет идти только о ее вертикальной размерности: верхнем, атмосферном, и нижнем, литосферном, пределах (атмосфера, гидросфера, литосфера) (рис. 6.1 и 6.2).

Биосфера состоит из живых биотических и абиотических (неживых) компонентов, поэтому границы биосферы определились наличием пригодных для живых организмов абиотических условий.

К биосфере относят прежде всего те участки, где есть условия не только для выживания, но и для размножения живых существ, – это ***поле существования жизни.***

Поле существования жизни обеспечивают 5 условий:

1) достаточное количество кислорода и углекислого газа;

2) достаточное количество жидкой воды;

3) благоприятные температуры среды;

4) прожиточный минимум минеральных веществ;

5) соленость среды.

Границы биосферы располагаются на стыке литосферы, гидросферы и атмосферы.

В атмосфере верхние границы жизни определяются озоновым экраном, который простирается в нижних слоях атмосферы до 10 – 20 км. В дожде, снеге, облаках и туманах обнаружены пыльца, споры, микроорганизмы.

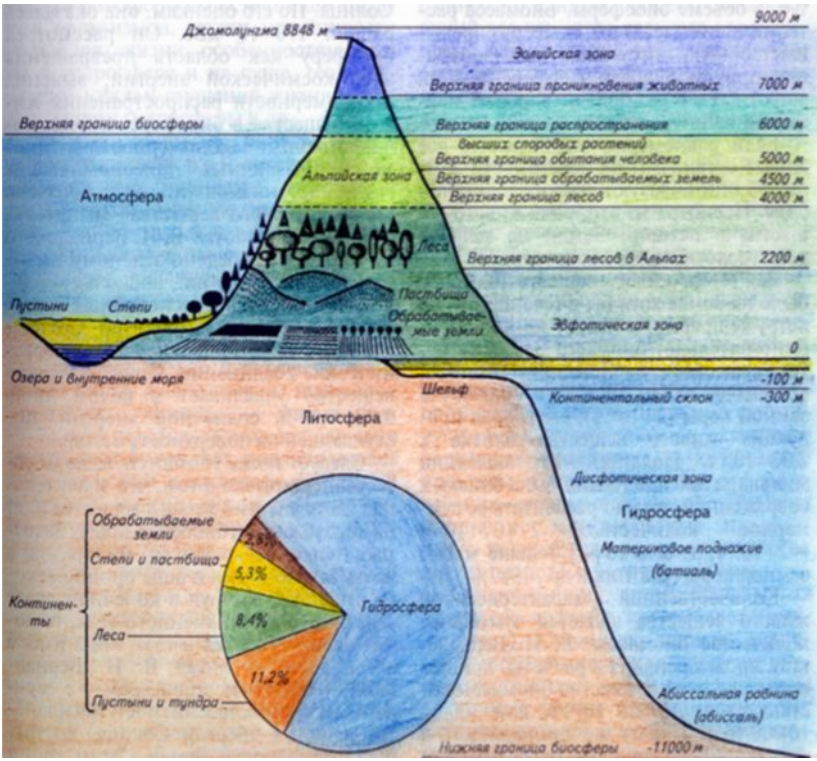


Рис.6.1. Границы биосферы (Рамад, 1981)

Границы определяются не столько низкими температурами, сколько губительным действием радиации. Верхние слои тропосферы и стратосферы, в которые возможно занесение микроорганизмов, а также наиболее холодные и жаркие районы земного шара, где организмы могут существовать лишь в покоящемся состоянии, называются ***парабиосферой***. Биосфера по вертикали разделяется на две четко обособленные области: верхнюю, освещенную светом, – ***фотобиосферу***, в которой происходит фотосинтез, и нижнюю, темную – ***меланобиосферу***, в которой синтез невозможен. На суше граница между ними проходит по поверхности Земли.

В состав биосферы полностью включается гидросфера – озера, реки, моря и толщи вод мирового океана до 8 – 10 км глубиной, т. е. там, где встречается жизнь в виде самых простейших форм – бактерий и спор.

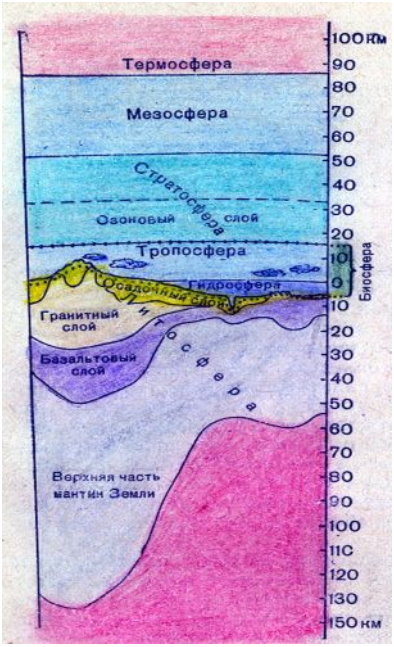


Рис. 6.2. Место биосферы в геосфере Земли.

Именно в фотобиосфере, где возможен фотосинтез, сосредоточены все фотосинтезирующие организмы и продуцируется *первичная биологическая продукция.*

Афотическая зона (мелано-биосфера), начинающаяся с глубины 200 м, характеризуется темнотой и отсутствием фотосинтезирующих растений. Она представляет собой водную среду обитания активно перемещающихся животных. Вместе с тем через нее непрерывным потоком опускаются на дно морей и океанов отмершие растения, выделения и трупы животных. Океан населен жизнью целиком до дна самых глубоких впадин в 10 – 11 км.

В гидросфере границ жизни практически не существует.

Литосфера. Поле жизни распространяется в глубину земной поверхности, включающую верхнюю часть литосферы глубиной 2 – 3 км (бактерии в нефтяных месторождениях). Здесь в условиях низких, по сравнению с более глубокими слоями, температуры и давления, но при участии живых организмов (микроорганизмов) и воды, прекращается миграция химических элементов. Микроорганизмы присутствуют в пластовых водах, омывающих нефть, хотя сама нефть стерильна.

Ниже литосферной границы биосферы лежит "*область былых биосфер*", под которой В.И.Вернадский понимал оболочку Земли, в геологическом прошлом подвергшуюся воздействию жизни. Каменный уголь, нефть, мрамор, доломит, известняк, мел, железная руда и другие горные породы осадочного происхождения – свидетели существования жизни в "былых биосферах".

Все компоненты биосферы существуют в тесной взаимосвязи. Обменные процессы между элементами внешней оболочки Земли обусловливают эволюцию биосферы.

6.4. Биосферно-ноосферная концепция В.И. Вернадского

Выдающийся русский ученый (минералог, кристаллограф, геолог, геохимик, биогеохимик, радиогеолог), академик В.И. Вернадский



– основоположник новой науки – биогеохимии, связывающей химию Земли с химией жизни. Изучая историю минералов, миграцию химических элементов в земной коре, *В.И.Вернадский выявил грандиозную роль живого вещества в геохимических процессах нашей планеты.* Его книга «Биосфера» вышла в 1926 г. Основная часть его других трудов впервые была опубликована лишь в конце 70-х годов. Создав современный взгляд на биосферу, он определил ее как наружную оболочку Земли, область распространения жизни. Термин ”биосфера” ввел в 1875 году австрийский геолог Э.Зюсс.

6.4.1. Учение Вернадского о биосфере

Биосфера (экосфера) – внешняя оболочка Земли, состоящая из совокупности всех живых организмов (биоты), веществ, их составляющих, и среды их обитания. Состав, структура и энергетика биосферы обусловлены энергией солнца, а также прошлой и современной деятельностью живых организмов.

Основные положения учения о биосфере опубликованы В.И.Вернадским в 1926 г. Он считал, что вещество биосферы состоит из семи глубоко разнородных частей, геологически не случайных:

1) ***Живое вещество*** (совокупность всех организмов).

Живое вещество в биосфере распределено неравномерно не только по вертикали, но и по площади, образуя сгущения жизни. На суше такими сгущениями жизни являются леса, болота, поймы рек и озера; в океане – прибрежное, саргассовое, рифтовое, апвеллинговое

(теплые воды субтропиков и тропиков) и абиссальное рифтовое (Галапагосские острова).

2) ***биогенное*** – продукты, образовавшиеся в результате жизнедеятельности различных организмов (каменный уголь, битумы, лесная подстилка, торф, почвенный гумус и др.);

3) ***биокосное*** – преобразованное организмами неорганическое вещество (например, приземная атмосфера, некоторые осадочные породы и т.д.);

4**)** ***косное*** – горные породы в основном магматического, неорганического происхождения, слагающие земную кору; в стадии радиоактивного распада; рассеянных атомов; космического происхождения. Все компоненты биосферы тесно взаимодействуют между собой, составляя целостную, сложно организованную систему, развивающуюся по своим внутренним законам и под действием внешних сил, в том числе космических (излучение, гравитационные и магнитные поля и т.д.);

5) ***радиоактивное вещество*** – атомы радиоактивных элементов (например, уран-238, 235, торий-232, радий-226, радон-222, 220, калий-40, рубидий-87, кальций-48, цирконий-96, тритий, бериллий-7 и 10, углерод-14 и др.

6) ***рассеянные атомы*** – отдельные атомы элементов, встречающиеся в природе в рассеянном состоянии (микро-ультрамикроэлементы: Mn, Co, Zn, Cu, Hg и др.).

7) ***вещество космического происхождения*** – вещество, поступающее на поверхность Земли из космоса (метеориты, космическая пыль).

По поводу своей классификации Вернадский отметил, что это скорее динамическая система. Так как, например, вещество космического происхождения одновременно является и косным. Атомы радиоактивных и рассеянных элементов могут входить в состав и живого и косного вещества.

А.В.Лапо сделал попытку классифицировать вещество биосферы как живое и неживое вещество биогенного и абиогенного происхождения.

Учение В.И. Вернадского в обобщенном виде включает следующие понятия:

– *принцип целостности биосферы.*

Строение Земли – это согласованный механизм. Создана такая среда, чтобы жизнь стала возможна.

– *принцип гармонии биосферы и ее организованности.*

В биосфере «все… приспособляется с точностью,… какую мы видим в …системах атомов вещества и атомов энергии».

– *роль живого в эволюции Земли.*

Хотя масса живого вещества составляет лишь 0,01 % от массы всей биосферы, тем не менее живое вещество является главнейшим ее компонентом.

“Все минералы верхних частей земной коры – свободные алюмокремниевые кислоты (глины), карбонаты (известняки и доломиты), гидраты окиси железа и алюминия (бурые железняки и бокситы) и многие сотни других – непрерывно создаются в ней только под влиянием жизни”. Лик Земли фактически сформирован жизнью.

– *космическая роль биосферы в трансформации энергии.*

– *космическая энергия вызывает давление жизни, которое достигается размножением.* Размножение организмов уменьшается по мере увеличения их количества. Размеры популяции возрастают до тех пор, пока среда может выдерживать их дальнейшее увеличение, после чего достигается равновесие. Численность колеблется вблизи равновесного уровня.

– *растекание жизни есть проявление ее геохимической энергии.*

Живое вещество подобно газу, растекается по земной поверхности в соответствии с правилом инерции. Мелкие организмы размножаются гораздо быстрее, чем крупные. Скорость передачи жизни зависит от плотности живого вещества.

– *понятие автотрофности*. ***Автотрофными*** называются организмы, которые берут все нужные им для жизни химические элементы из окружающей их косной материи и не требуют для построения своего тела готовых соединений другого организма. Например, растения, получаемые энергию из космоса – энергию солнца.

– *жизнь определяется полем устойчивости зеленой растительности, а пределы жизни – свойствами соединений, строящих организм, их устойчивости в определенных условиях среды.* Максимальное поле жизни определяется крайними пределами выживания организмов. Верхний предел жизни зависит от лучистой энергии, от избытка которой предохраняет озоновый щит. Нижний предел связан с достижением высокой температуры. Интервал в 433 °С (от минус 252 °С до плюс 180 °С) является предельным тепловым полем.

– *жизнь оставалась в течение геологического времени постоянной, менялась только ее форма. Само живое вещество не является случайным созданием.*

– *всюдность жизни в биосфере*. Жизнь постепенно, медленно приспосабливаясь, захватила биосферу, и захват этот не закончился. Поле устойчивости жизни есть результат приспособленности в ходе времени.

– *формы нахождения химических элементов*: а) горные породы и минералы; б) магмы; в) рассеянные элементы; г) живое вещество. Закон бережливости в использовании живым веществом простых химических тел: один раз вошедший элемент проходит длинный ряд состояний и организм вводит в себя только необходимое количество элементов.

– *постоянство количества живого вещества в биосфере*. Количество свободного кислорода в атмосфере того же порядка, что и количество живого вещества (1,5·1021 г и 1020 – 1021 г) в рамках значительных геологических отрезков времени. Живое вещество является посредником между Солнцем и Землей, значит его количество должно быть постоянным, либо должны меняться его энергетические характеристики.

– *всякая система достигает устойчивого равновесия*, когда ее свободная энергия равняется или приближается к нулю, т.е. когда вся возможная в услови-ях системы работа произведена.

В.И.Вернадский сформулировал идею *автотрофности человека*. До сегодняшнего дня он был гетеротрофом, т.к. потреблял готовое из природы, но теперь вступает в фазу автотрофности. Теперь он сам может производить необходимые ему ресурсы, синтезируя из неорганики органику, используя энергию солнца или химических реакций, создавая искусственные экосистемы в космических кораблях. Простейшей такой системой будет система “человек – один или два автотрофных вида”. Но данная система является неустойчивой и для надежного обеспечения жизненных потребностей человека необходима многовидовая система жизнеобеспечения. Необходимость создания искусственной биосферы в космических кораблях поможет лучше понять биосферу естественную.

6.4.2. Ноосфера – сфера разума

Ноосфера – это высшая стадия развития биосферы, сфера разума, связанная с возникновением и становлением в ней цивилизации, т.е. когда разумная деятельность человечества становится определяющим фактором развития биосферы. Ноосфера – материальная оболочка Земли, измененная в результате жизнедеятельности человека. Термин введен философом Леруа в 1927 г, понятие ноосферы разработано французским ученым Тейяром де Шарденом, современное учение о ноосфере создано В.И.Вернадским в 1930 – 1940 гг.

В развитии нашей планеты можно выделить 3 этапа, где участвовал человек.

I этап. Продукты, создаваемые природой, присваивались людьми при помощи созданных ими средств труда. Первобытный человек не выделял себя из природы, он считал себя ее частью.

II этап. Человек научился заниматься земледелием и скотоводством. Общество сильно зависело от климатических и других природных условий. И в этот период человек не противопоставлял себя природе.

III этап. Человек осуществил переход от аграрной экономики к индустриальной. Отличительная особенность этого периода – общество и природа представляются как два самостоятельно существующих стороны, внешне противостоящие друг другу и развивающиеся обособленно друг от друга. Человек научился господствовать над природой.

В.И. Вернадский развил концепцию ноосферы как растущего глобального осознания усиливающегося вторжения человека в естественные биогеохимические циклы, ведущего, в свою очередь, ко все более взвешенному и целенаправленному контролю человека над глобальной системой.

К сожалению, ученый не закончил работу по развитию данной идеи.

В настоящее время *под элементарной структурной единицей ноосферы понимают* ***нообиогеоценоз*** (назван академиком Шварцем)**,** включающий:

1) биоцеоз (зоо-, фито-, микробоценозы);
2) экотоп (атмосфера, гидросфера, почва и недры);
3) нооценоз (средства труда, общество, продукт труда)

В период создания данной концепции о ноосфере противоречивость данного взаимодействия не проявлялись с такой силой, как сейчас. Единство человека и природы стало настолько противоречиво, что биосфера превращается в техносферу, причем направленность антропогенного воздействия прямо противоположна направленности эволюции биосферы. Несмотря на огромные возможности и способности человеческого разума к управлению природными процессами, еще рано говорить о ноосфере, т.к. человек не может предугадать последствия своих действий. Об этом можно судить по множеству возникающих экологических проблем на нашей планете.

Следующей, *более крупной структурной единицей ноосферы (после нообиогеоценоза) является природно-промышленный комплекс* ***(ППК)***, который возникает и длительное время функционирует в результате строительства и эксплуатации промышленного предприятия. Границами ППК являются зоны влияния промышленных, коммунально-бытовых и других звеньев, входящих в состав комплекса. Изучение ППК является объектом инженерной экологии.

Таким образом, с появлением человека появилась нисходящая ветвь эволюции биосферы – снижается биомасса, продуктивность и информационность биосферы. Ученые полагают, что в настоящее время правильнее говорить лишь о существовании начальных стадий развития ноосферы, имеющих принципиальные отличия от ее будущего состояния. Пока нельзя ответить, создаст ли в будущем человек сферу разума или своей неразумной деятельностью погубит и себя, и все живое. *Становление ноосферы – возможность, но не необходимость*. Ценность этой концепции в том, что она дает конструктивную модель вероятного будущего, а ее ограниченность в том, что она рассматривает человека как прежде всего разумное существо, тогда как общество ведет себя неразумно. Пока человечество движется отнюдь не к ноосфере, и последняя остается одной из гипотез.

Сегодня мы можем констатировать существенное отличие ноосферы от биосферы – это огромное ускорение *техногенной миграции элементов* (помимо механической, физико-химической, биогенной).

Процессы геохимической деятельности человека (техногенеза) можно разбить на 2 группы.

Первая группа процессов унаследована от биосферы. К ней относятся:

1) биологический круговорот;
2) круговорот воды;
3) рассеяние элементов;
4) распыление вещества.

Геохимическую деятельность человечества называют ***техногенезом.***

Техногенные процессы 2 группы находятся в резком противоречии с природными условиями. Так, характерное для ноосферы металлическое состояние Fe, Ni, Cr, Y и многих других элементов не свойственно природе, не соответствует физико-химическим условиям земной коры. Человек уменьшает энтропию, ему приходится тратить много энергии, чтобы получить и содержать данные элементы в свободном состоянии. В ноосфере все больше изготавливают химических соединений, никогда раньше не существовавших и обладающих свойствами, неизвестными у природных материалов (это искусственные полимеры, лекарства, лаки, краски, сплавы и т.д.). Новым для биосферы является и производство атомной энергии, радиоактивных изотопов, сверхчистых веществ.

6.5. Функции живого вещества

Живое вещество в биосфере выполняет следующие функции:

– энергетическую;

– средообразующую;

– биогеохимическую (газовая, концентрационная, окислительно-восстановительная, биохимическая, биогеохимическая).

Энергетическая функция. Биосфера не имеет собственных источников энергии для своего развития. Внешним источником энергии является Солнце. Только 1 % поступающей энергии Солнца накапливается на первичном звене растениями, которые, посредством фотосинтеза, преобразуют ее в концентрированную энергию химических связей, или энергию пищи. Часть энергии, запасенной организмами и не израсходованная в биосфере, с их отмиранием «складируется» в виде торфа, углей, горючих сланцев и других полезных ископаемых, используемых в теплоэнергетике. Человек, извлекая эту «складированную» энергию и возвращая ее биосфере, активизирует в ней теплоэнергетические процессы, которые в конечном итоге приводят к парниковому эффекту.

Средообразующая функция. Выполняя средообразующие функции, живые организмы контролируют состояние окружающей среды.

Биогеохимические функции. Живое вещество выполняет следующие биогеохимические функции: газовая; концентрационная; окислительно-восстановительная; биохимическая; биогеохимическая, связанная с деятельностью человека.

Газовая функция:

а) кислородно-диоксидуглеродная функция осуществляется зелеными растениями, которые днем в процессе фотосинтеза выделяют свободный кислород и ночью углекислый газ при дыхании;

б) диоксидуглеродная, не зависит от кислородной – образование биогенной угольной кислоты животными, растениями, грибами и бактериями, которые при дыхании выделяют углекислый газ, многими бактериями, восстанавливающими азот, сероводород и др. Значение функции возрастает в подземной тропосфере, не имеющей кислорода (азотно-диоксидная тропосфера);

в) озонная и пероксидводородная – образование озона (и, возможно, пероксид водорода). Биогенный кислород, переходя в озон, предохраняет жизнь от разрушительного действия радиации Солнца. Выполнение этой функции вызвало образование защитного озонового экрана.

г) азотная – создание основной массы свободного азота тропосферы за счет выделения его азотовыделяющими бактериями при разложении органического вещества. Реакция происходит в условиях как суши, так и океана.

д) углеводородная – осуществление превращений многих биогенных газов, роль которых в биосфере огромна. К их числу относятся, например, природный газ, терпены, содержащиеся в эфирных маслах, скипидаре и обуславливающие аромат цветов, запах хвойных.

Концентрационная функция проявляется в аккумуляции живым веществом из внешней среды химических элементов (водорода, углерода, азота, кислорода, натрия, марганца, магния, алюминия, фосфора, кремния, калия, кальция, серы, железа, тяжелых металлов) и накоплении отдельными видами иода, радия и др. Отмирание живого вещества приводит к образованию горных пород осадочного происхождения.

Окислительно-восстановительная функция проявляется в химических превращениях веществ, содержащих атомы с переменной валентностью (соединения железа, марганца и т.д.): в окислении веществ с помощью организмов в почвах и гидросфере с образованием солей, оксидов и других соединений; в восстановлении веществ (сероводород, серное железо и др.). В результате деятельности бактерий в земной коре образовались отложения известняков, бокситов и других руд.

Биохимическая функция связана с жизнедеятельностью живых организмов: питанием, дыханием, размножением, смертью и с последующим разрушением и гниением отмерших организмов. Все эти функции проявляются в биогенной миграции атомов. Особое место занимает функция человеческой деятельности и созданный ею круговорот выделяемых и поглощаемых промышленностью химических элементов.

Биогеохимические функции, связанные с деятельностью человека, обеспечили большие изменения химических и биохимических процессов в биосфере, способствуют становлению ее нового эволюционного состояния – ноосферы.

Выполняя перечисленные функции, живое вещество адаптируется к окружающей среде и приспосабливает ее к своим биологическим потребностям. При этом живое вещество и среда его обитания развиваются как единое целое, однако контроль за состоянием среды осуществляют живые организмы. Такого рода биологический контроль за состоянием биосферы на глобальном уровне стал основой гипотезы Геи, предложенной американскими физиком Лавлоком и микробиоло-

гом Маргулисом. Согласно этой гипотезе, организмы, прежде всего микроорганизмы, вместе со средой обитания образуют сложную систему регуляции – «коричневый пояс», поддерживающий на Земле условия, благоприятные для жизни.

6.6. Свойства живого вещества

Организмы, составляющие биомассу, обладают следующими свойствами:

1) ***воспроизводства***, т.е. размножения и распространения по планете.

Количество живых организмов, выраженное в массе на единицу площади (суши, акватории, дна водоемов) или объема (воды, почвы, осадков), принято называть ***биомассой***;

2) *компактности* (так, в $5 \cdot 10^{-15}$г ДНК, содержащейся в оплодотворенной яйцеклетке кита, заключена информация для подавляющего большинства признаков животного, которое весит $5 \cdot 10^{7}$г);

3) *способности создавать порядок* из хаотического теплового движения молекул и тем самым противодействовать возрастанию энтропии. Живое потребляет отрицательную энергию и работает против теплового равновесия, увеличивая, однако, энтропию окружающей среды. Чем более сложно устроено живое вещество, тем более в нем скрытой энергии и энтропии;

4) *обмена с окружающей средой* веществом, энергией и информацией и другие;

5) *у живых систем есть прошлое, у неживых его нет;*

6) *высокая приспособительная способность (адаптация к различным условиям)*;

7) *способность быстро занимать все свободное пространство* – «всюдность жизни»;

8) устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти (включение в круговороты веществ)***;***

9) феноменально высокая скорость протекания реакций (она на несколько порядков выше, чем в неживом веществе, например, масса дождевых червей в 10 раз больше биомассы всего человечества, они за 150 – 200 лет пропускают через свой организм весь однометровый слой почвы;

10) высокая скорость обновления живого вещества.

6.7. Основные свойства биосферы

Биосфера – централизованная система. Центральным звеном выступает живое вещество, а не человек, о чем он часто забывает.

Биосфера – *открытая система*. Многие явления на Земле и в биосфере связаны с активностью Солнца. Катастрофы, катаклизмы, социальная активость людей также связывают с солнечной активностью.

Биосфера – *саморегулирующаяся система*, для нее свойственна организованность, гомеостаз.

Биосфера – *система с большим разнообразием* – условием устойчивости биосферы.

Обеспечение круговорота веществ – условие неисчерпаемости отдельных химических элементов и соединений.

6.7.1. Фотосинтез

Фотосинтез – основа существования биосферы. Любое проявление жизни на нашей планете связано с потреблением химической энергии. Согласно I и II законам термодинамики все реакции идут в направлении сохранения равновесия или уменьшения в системе общего количества химической энергии и возрастания энтропии. Следовательно, для постоянного поддержания жизни на Земле необходимы процессы, направленные на увеличение общего количества химической энергии и уменьшение энтропии. Таким процессом является фотосинтез, который преобразует лучистую энергию Солнца в богатые энергией химические связи.

Способностью к фотосинтезу обладают высшие зеленые растения, водоросли и некоторые бактерии. В процессе фотосинтеза растения посредством зеленого пигмента – хлорофилла – улавливают энергию солнечного света, перестраивают химическую молекулу углекислого газа и воды, синтезируя из них богатые энергией органические соединения. Одновременно происходит выделение молекулярного кислорода.

Суммарно основное уравнение фотосинтеза может быть условно выражено следующим образом: ***углекислый газ + вода + солнечная энергия*** *(в присутствии ферментов, связаннных с хлорофиллом)* = ***глюкоза + кислород***.

$$6CO_2 + 6H_2O + Q\ (свет/хлорофилл) = C_6H_{12}O_6 + 6O_2.$$

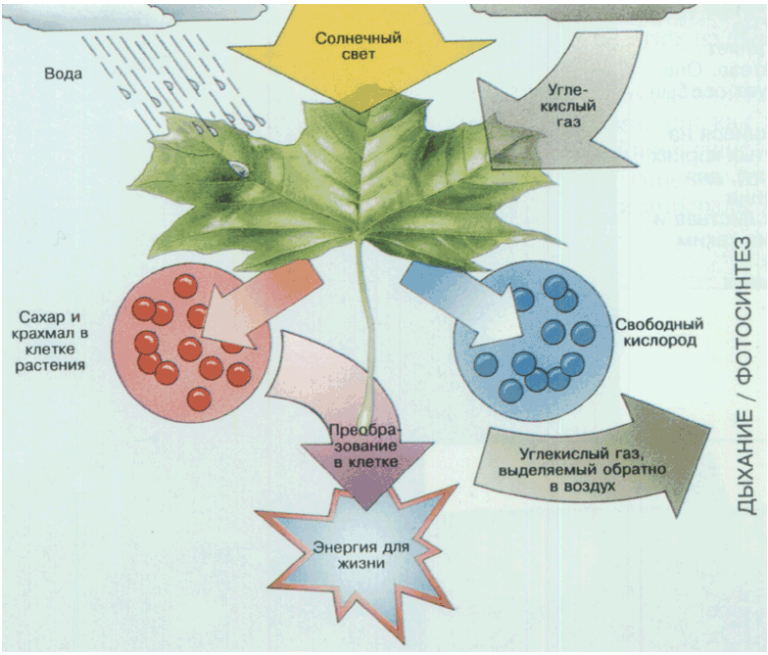


Рис. 6.3. Фотосинтез

В уравнении $C_6H_{12}O_6$ символизирует углеводы. Таким образом производятся не только углеводы (глюкоза), но и аминокислоты, белки и другие жизненно важные соединения.

Фотосинтез является практически единственным на Земле процессом, в котором из бедных энергией неорганических веществ (углекислого газа, воды и минеральных солей) с помощью энергии солнечного света зелеными растениями в огромных масштабах образуются сложные, богатые энергией органические соединения. Эти соединения, способные к разнообразным химическим превращениям, – основа для жизни всех других организмов биосферы.

В отличие от зеленых растений некоторые группы бактерий синтезируют органическое вещество не за счет солнечной энергии, а энергии, выделяющейся в процессе реакций окисления серных и азотных соединений. Этот процесс называется ***хемосинтезом***. В накоплении органических веществ в биосфере он по сравнению с фотосинтезом играет ничтожно малую роль.

Синтезированные органические вещества последовательно переходят от одних организмов к другим по пищевой трофической цепи.

6.7.2. Биомасса поверхности суши

Биомасса – выраженное в единицах массы количество живого вещества тех или иных организмов.

В настоящее время по видовому составу на Земле преобладают животные (более 2,0 млн. видов) над растениями (0,5 млн.). В то же время, запасы фитомассы составляют 99 % запасов живой биомассы Земли. *Растения составляют 98 % всей биомассы суши, а животные – около 2 %.*

Биомасса суши в 1000 раз превышает биомассу океана. На суше Земли, начиная от полюсов к экватору, биомасса постепенно увеличивается. Вместе с тем возрастает и количество видов растений. Например, тундра с лишайниками и мхами (до 500 видов) сменяется хвойными и широколиственными лесами, затем степями (до 2 000 видов) и субтропической растительностью (свыше 3 000 видов). Наибольшее сгущение и многообразие растений имеет место во влажных тропических лесах (свыше 8 000 видов). Высота деревьев достигает 110 – 120 м. Растения растут в несколько ярусов. Количество и разнообразие видов животных зависят от растительной массы и тоже увеличиваются к экватору. В лесах животные расселены в различных ярусах. Наибольшая плотность жизни наблюдается в биогеоценозах, где виды связаны цепями питания. Цепи питания, переплетаясь, образуют сложную сеть передачи химических элементов и энергии от одного звена к другому. Между организмами идет жесточайшая борьба за обладание пространством, пищей, светом, кислородом.

6.7.3. Биомасса почвы

Своеобразные биогеоценозы почв покрывают почти всю поверхность суши. Почва не только среда, необходимая для жизни растений, но и биогеоценоз с разнообразными мельчайшими живыми организмами. Мощность почвы наряду с поверхностной биомассой и под влиянием ее увеличивается от полюсов к экватору. Скопления насекомых и их личинок, долбящих, роющих, сверлящих почву, производят огромную работу. По наблюдению Ч.Дарвина, дождевые черви, пропуская почву через кишечник, выносят ее на поверхность, ежегодно образуя слой толщиной 0,5 см, массой 25 т на 1 га.

Почва плотно заселена живыми организмами. Биомасса одних дождевых червей в суглинистых почвах достигает 1,2 т на 1 га, или 2,5 млн. особей. Количество бактерий в 1 г почвы измеряется сотнями миллионов. Животные и растения поглощают кислород воздуха. Про-

никший в почву с воздухом азот улавливается некоторыми бактериями. Днем при нагревании почвы выделяются газы: углекислый, сероводород, аммиак. Все процессы, происходящие в почве, входят в круговорот веществ биосферы.

6.7.4. Биомасса мирового океана

Физические свойства и химический состав вод океана весьма постоянны и создают среду, благоприятную для различных форм жизни (рис.6.4).

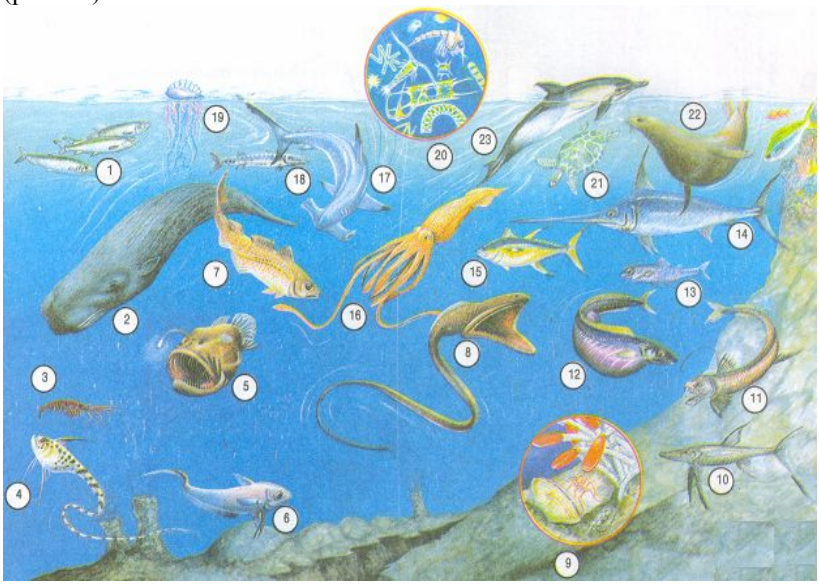


Рис. 6.4. Формы жизни в морях и океанах:

1 – сельдь; 2 – кашалот; 3 – пильчатая креветка; 4 – кошачий хвост; 5 – морской дьявол; 6 – гренадер; 7 – треска; 8 – угорь; 9 – морской паук; 10 – трехногая рыба; 11 – рыба-змея; 12 – глотатель; 13 – рыба-фонарь; 14 – рыба-мечь; 15 – тунец; 16 – гигантский кальмар; 17 – рыба-молот; 18 – барракуда; 19 – медуза; 20 – планктон; 21 – зеленая черепаха; 22 – морской лев; 23 – дельфин

Фотосинтез водорослей происходит главным образом в верхнем слое воды – до 100 м. Поверхность океана в этой толще заполнена микроскопическими одноклеточными водорослями, образующими микропланктон (греч. «планктос» – блуждающий).

На океан приходится около 1/3 фотосинтеза, происходящего на всей планете. Водоросли поверхностного слоя океана – трансформаторы энергии солнечного излучения, превращающие ее в энергию химических реакций. Животные океана питаются планктоном. Водорослями и простейшими питаются веслоногие рачки. Рачков поедают сельди и другие рыбы. Сельди идут в пищу хищным рыбам и чайкам. Исключительно планктоном питаются усатые киты.

В океане, кроме планктона и свободноплавающих животных, много организмов, прикрепленных ко дну и ползающих по нему. Население дна носит название ***бентоса*** (греч. «бентос» – глубинный».

В Мировом океане живой биомассы в 1000 раз меньше, чем на суше. Биомассу океана на 93,7 % составляют животные.

Использование энергии солнечного излучения на площади океана – 0,04 %, на суше – 0,1 %. Основную массу живого вещества биосферы составляют животные.

Человечество представляет собой небольшую биомассу в биосфере, но оно оказывает на нее грандиозное воздействие.

В биосфере в течение 2 млрд.лет идут изменения. Границы биосферы расширяются, проникая в новые, ранее безжизненные области планеты.

7. БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРУГОВОРОТЫ

- *Характеристика большого и малого круговоротов;*

- *Круговорот воды;*

- *Круговорот углерода;*

- *Круговорот кислорода;*

- *Круговорот азота;*

- *Круговорот фосфора;*

- *Круговорот серы;*

- *Круговорот неорганических катионов;*

- Антропогенный круговорот ксенобиотиков (ртути, свинца, хрома).

Наука, изучающая круговорот химических элементов в биосфере, называется *биогеохимией*.

7.1. Характеристика большого и малого круговоротов

Все вещества на нашей планете находятся в процессе круговорота. Солнечная энергия вызывает на Земле два круговорота веществ:

1) *большой (геологический или абиотический);*
2) *малый (биотический, биогенный или биологический).*

Круговороты веществ и потоки космической энергии создают устойчивость биосферы. Круговорот *твердого вещества и воды*, происходящий в результате действия абиотических факторов (неживой природы), называют ***большим геологическим круговоротом.*** При большом геологическом круговороте (протекает миллионы лет) горные породы разрушаются, выветриваются, вещества растворяются и попадают в Мировой океан; протекают геотектонические изменения, опускание материков, поднятие морского дна. Время круговорота воды в ледниках 8 000 лет, в реках – 11 дней. Именно большой круговорот поставляет живым организмам элементы питания и во многом определяет условия их существования.

Большой, геологический круговорот в биосфере характеризуется двумя важными моментами:

а) осуществляется на протяжении всего геологического развития Земли;

б) представляет собой современный планетарный процесс, принимающий ведущее участие в дальнейшем развитии биосферы.

На современном этапе развития человечества в результате большого круговорота на большие расстояния переносятся также загрязняющие вещества – оксиды серы и азота, пыль, радиоактивные примеси. Наибольшему загрязнению подверглись территории умеренных широт Северного полушария.

Малый, биогенный или биологический круговорот веществ происходит в твердой, жидкой и газообразных фазах при участии живых организмов. Биологический круговорот в противоположность геологическому требует меньших затрат энергии. Малый круговорот является частью большого, происходит на уровне биогеоценозов (внутри экосистем) и заключается в том, что питательные вещества почвы, вода, углерод аккумулируются в веществе растений, расходуются на по-

строение тела. Продукты распада органического вещества разлагаются до минеральных компонентов. *Малый круговорот незамкнут*, что связано с поступлением веществ и энергии в экосистему извне и с выходом части их в биосферный круговорот.

В большом и малом круговоротах участвует множество химических элементов и их соединений, но важнейшими из них являются те, которые определяют современный этап развития биосферы, связанный с хозяйственной деятельностью человека. К ним относятся круговороты *углерода, серы и азота* (их оксиды – *главнейшие загрязнители атмосферы*), а также *фосфора (фосфаты – главный загрязнитель материковых вод)*. Практически все загрязняющие вещества выступают как вредные, и их относят к группе *ксенобиотиков.*

В настоящее время большое значение имеют круговороты ксенобиотиков – токсичных элементов – *ртути (загрязнитель пищевых продуктов) и свинца (компонент бензина)*. Кроме того, из большого круговорота в малый поступают многие вещества антропогенного происхождения (ДДТ, пестициды, радионуклиды и др.), которые причиняют вред биоте и здоровью человека.

Суть биологического круговорота заключается в протекании двух противоположных, но взаимосвязанных процессов – ***созидания*** *органического вещества и его* ***разрушения*** *живым веществом.*

В отличие от большого круговорота малый имеет разную продолжительность: различают сезонные, годовые, многолетние и вековые малые круговороты.

Круговорот химических веществ из неорганической среды через растительность и животных обратно в неорганическую среду с использованием солнечной энергии химических реакций называется ***биогеохимическим циклом***.

Настоящее и будущее нашей планеты зависит от участия живых организмов в функционировании биосферы. В круговороте веществ живое вещество, или биомасса, выполняет биогеохимические функции: газовую, концентрационную, окислительно-восстановительную и биохимическую.

Биологический круговорот происходит при участии живых организмов и заключается в воспроизводстве органического вещества из неорганического и разложении этого органического до неорганического посредством пищевой трофической цепи. Интенсивность продукционных и деструкционных процессов в биологическом круговороте зависит от количества тепла и влаги. Например, низкая скорость разложения органического вещества полярных районов зависит от дефицита тепла.

Важным показателем интенсивности биологического круговорота является скорость обращения химических элементов. Интенсивность характеризуется ***индексом***, равным отношению массы лесной подстилки к опаду**.** *Чем больше индекс, тем меньше интенсивность круговорота.*

Индекс в хвойных лесах – 10 – 17; широколиственных 3 – 4; саванне не более 0,2; влажных тропических лесах не более 0,1 , т.е. здесь биологический круговорот наиболее интенсивный.

Поток элементов (азота, фосфора, серы) через микроорганизмы на порядок выше, чем через растения и животных. Биологический круговорот не является полностью обратимым, он тесно связан с биогеохимическим круговоротом. Химические элементы циркулируют в биосфере по различным путям биологического круговорота:

поглощаются живым веществом и заряжаются энергией;

покидают живое вещество, выделяя энергию во внешнюю среду.

Эти циклы бывают двух типов: круговорот газообразных веществ; осадочный цикл (резерв в земной коре).

Сами круговороты состоят из двух частей:

- *резервного фонда* (это часть вещества, не связанная с живыми организмами);

- *подвижного (обменного) фонда* (меньшая часть вещества, связанная с прямым обменом между организмами и их непосредственным окружением).

Круговороты делят на:

- круговороты *газового типа с резервным фондом* в земной коре (круговороты углерода, кислорода, азота) – способны к быстрой саморегуляции;

- круговороты *осадочного типа с резервным фондом* в земной коре (круговороты фосфора, кальция, железа и др.) – более инертны, основная масса вещества находится в «недоступном» живым организмам виде.

Круговороты также можно разделить на:

- *замкнутые* (круговорот газообразных веществ, например, кислорода, углерода и азота – резерв в атмосфере и гидросфере океана, поэтому нехватка быстро компенсируется);

- *незамкнутые* (создающие резервный фонд в земной коре, например, фосфор – поэтому потери плохо компенсируются, т.е. создается дефицит).

Энергетической основой существования биологических круговоротов на Земле и их начальным звеном является процесс фотосинтеза. Каждый новый цикл круговорота не является точным повторением пре-

дыдущего. Например, в ходе эволюции биосферы часть процессов имела необратимый характер, в результате чего происходило образование и накопление биогенных осадков, увеличение количества кислорода в атмосфере, изменение количественных соотношений изотопов ряда элементов и т. д.

Циркуляцию веществ принято называть ***биогеохимическими циклами***. Основные биогеохимические (биосферные) циклы веществ: *цикл воды, цикл кислорода, цикл азота* (участие бактерий-азотфиксаторов), *цикл углерода* (участие аэробных бактерий; ежегодно около 130 т углерода сбрасывается в геологический цикл**),** *цикл фосфора* (участие почвенных бактерий; ежегодно в океаны вымывается 14 млн.т фосфора), *цикл серы, цикл катионов металлов.*

7.2. Круговорот воды

Круговорот воды – замкнутый цикл, который может совершаться, как было сказано выше, и в отсутствии жизни, но живые организмы видоизменяют его (рис.7.1).

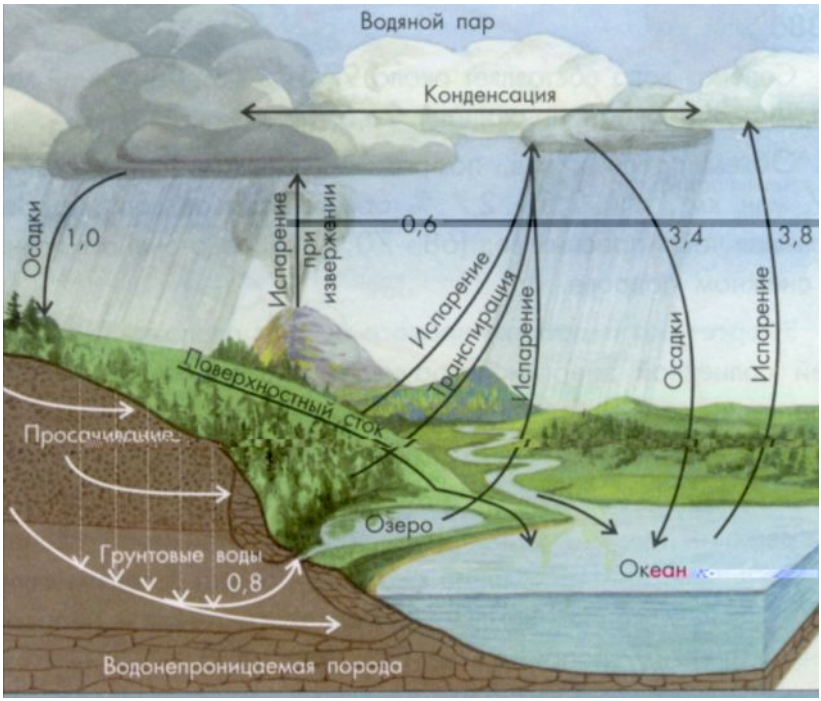


Рис.7.1. Круговорот воды (по Л. Цветковой)

Круговорот основан на принципе*: суммарное испарение компенсируется выпадением осадков*. Для планеты в целом испарение и осадки уравновешивают друг друга**.** При этом из океана испаряется воды больше, чем возвращается с осадками. На суше, наоборот, больше выпадает осадков, но излишек стекает в озера и реки, а оттуда снова в океан. *Баланс влаги между континентами и океанами поддерживается речным стоком.*

Таким образом, глобальный гидрологический цикл имеет четыре основных потока: *осадки, испарение, влагоперенос, транспирация.*

Вода – самое распространенное вещество в биосфере – служит не только средой обитания для многих организмов, но и является составной частью тела всех живых существ. Несмотря на огромное значение воды во всех жизненных процессах, происходящих в биосфере, *живое вещество не играет определяющей роли в большом круговороте воды на земном шаре. Движущей силой этого круговорота является энергия солнца*, которая тратится на испарение воды с поверхности водя-

ных бассейнов или суши. Испарившаяся влага конденсируется в атмосфере в виде облаков, переносимых ветром; при охлаждении облаков выпадают осадки.

Общее количество свободной несвязанной воды (доля океанов и морей, где жидкая соленая вода), приходится от 86 до 98 %. Остальное количество воды (пресная вода) хранится в полярных шапках и ледниках и образует водные бассейны и ее грунтовые воды. Выпадающие на поверхность суши, покрытой растительностью, осадки частично задерживаются листовой поверхностью и в дальнейшем испаряются в атмосферу. Влага, достигшая почвы, может присоединиться к поверхностному стоку или поглотиться почвой. Полностью поглотившись почвой (это зависит от типа почв, особенности горных пород и растительного покрова), избыток осадка может просочиться вглубь, к грунтовым водам. Если количество выпавших осадков превышает влагоемкость верхних слоев почвы, начинается поверхностный сток, скорость которого зависит от состояния почвы, крутизны склона, продолжительности осадков и характера растительности (растительность может предохранить почву от водной эрозии). Вода, задержавшаяся в почве, может испаряться с ее поверхности или, после поглощения корнями растений, транспирироваться (испаряться) в атмосферу через листья.

Транспирационный ток воды (почва – корни растений – листья – атмосфера) представляет собой основной путь воды через живое вещество в ее большом круговороте на нашей планете.

7.3. Круговорот углерода

От свойств и особенностей углерода зависит все многообразие органических веществ, биохимических процессов и жизненных форм на Земле. Содержание углерода в большинстве живых организмов составляет около 45 % от сухой их биомассы. В круговороте органического вещества и всего углерода Земли участвует все живое вещество планеты, которое непрерывно возникает, видоизменяется, погибает, разлагается и в такой последовательности происходит перенос углерода с одного органического вещества на построение другого по цепи питания. Кроме того, все живое дышит, выделяя углекислый газ (рис.7.2).

Круговорот углерода на суше. Круговорот углерода поддерживается благодаря фотосинтезу наземными растениями и океанским фитопланктоном. *Поглощая углекислоту (фиксируя неорганический*

углерод), растения с помощью энергии солнечного света преобразуют ее в органические соединения – создавая свою биомассу. Ночью же растения, как и все живое, дышат, выделяя углекислый газ.

Большая часть первичной продукции – биомассы растительности (содержащей органический углерод) – поедается растительноядными животными, которые строят свою биомассу, содержащую органический углерод, далее в свою очередь поедаемые организмами следующих звеньев сложных трофических цепей, образованных консументами второго, третьего и т.д. порядков. Организмы каждого трофического уровня используют энергию, заключенную в веществах тела своих жертв или хозяев (паразиты) и выделяют в атмосферу углекислый газ, образующийся в процессе дыхания.

Отмершие растения, трупы и экскременты животных служат пищей для многочисленных гетеротрофных организмов (животных, растений-сапрофитов, грибов, микроорганизмов). Все эти организмы обитают в основном в почве и в процессе жизнедеятельности создают свою биомассу, в состав которой входит органический углерод. Они также выделяют углекислый газ, создавая *«почвенное дыхание».* Часто мертвое органическое вещество не полностью разлагается и в почвах накапливается *гумус (перегной),* играющий важную роль в плодородии почв. Степень минерализации и гумификации органических веществ зависит от многих факторов: влажности, температуры, физических свойств почвы, состава органических остатков и т.д**.** *Под действием бактерий и грибов гумус может разлагаться до углекислоты и минеральных соединений.*

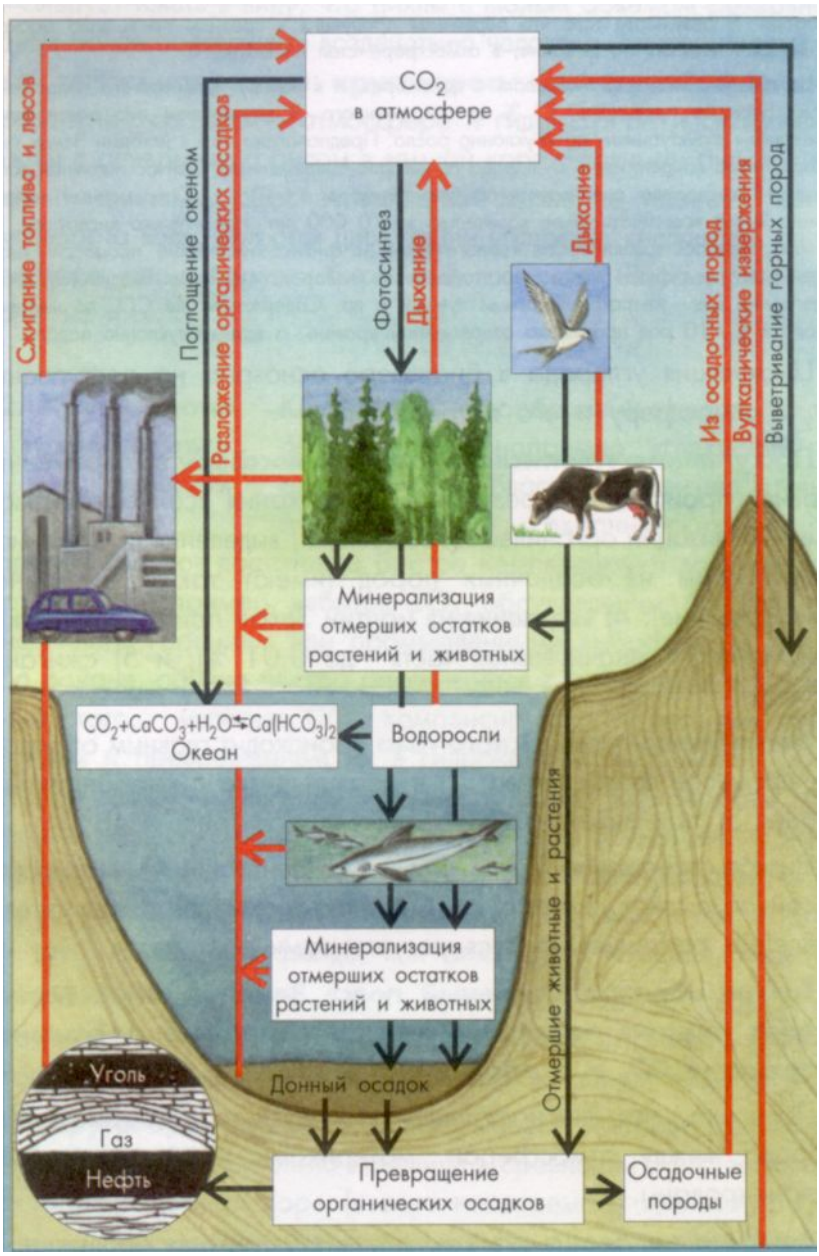


Рис.7.2. Круговорот углерода (по Л. Цветковой)

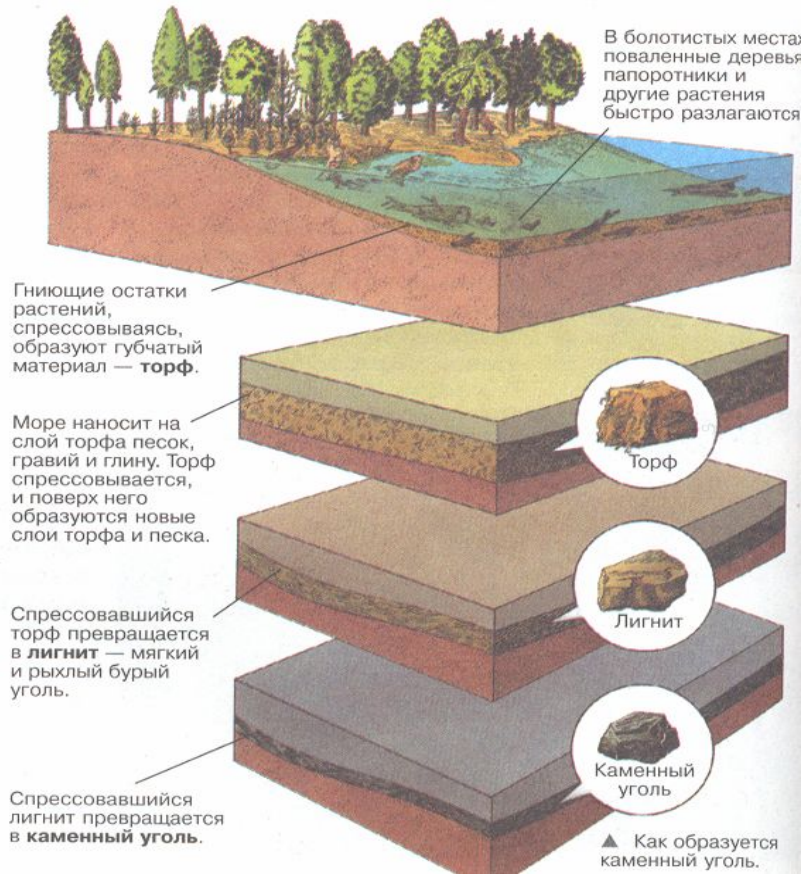
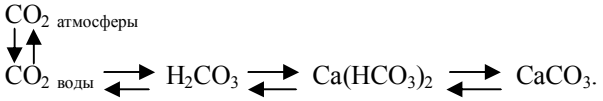


Рис.7.3. «Отходы» биологического круговорота углерода

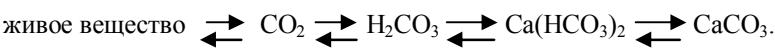
Круговорот углерода в Мировом океане. Круговорот углерода в океане отличается от круговорота на суше. *В океане слабое звено организмов высших трофических уровней, следовательно, и все звенья круговорота углерода. Время прохождения углерода через трофическое звено океана непродолжительно, а количество выделяемого углекислого газа незначительно.*

Океан выполняет роль основного регулятора содержания углекислого газа в атмосфере. Между океаном и атмосферой происходит интенсивный обмен углекислого газа. Воды океана имеют большую растворяющую способность и буферную емкость. Система, состоящая из угольной кислоты и ее солей (карбонатов) является своеобразным

депо углекислоты, связана с атмосферой через диффузию CO_2 из воды в атмосферу и обратно и действует по следующей схеме:



В океане днем интенсивно протекает фотосинтез фитопланктона, при этом свободная углекислота усиленно расходуется, карбонаты служат дополнительным источником ее образования. Ночью при увеличении содержания свободной кислоты за счет дыхания животных и растений значительная ее часть снова входит в состав карбонатов. Происходящие процессы идут в направлениях:



В природе некоторое количество органического вещества не подвергается минерализации в результате недостатка кислорода, большой кислотности среды, специфических условий захоронения и т.д. Часть углерода выходит из биологического круговорота в виде неорганических (известняки, мел, кораллы) и органических (сланцы, нефть, уголь) отложений.

Деятельность человека вносит существенные изменения в круговорот углерода на нашей планете. Изменяются ландшафты, типы растительности, биоценозы и их пищевые цепи, осушаются или орошаются огромные площади поверхности суши, улучшается (или ухудшается) плодородие почв, вносятся удобрения и пестициды и т.д. *Наиболее опасно поступление углекислого газа в атмосферу в результате сжигания топлива. При этом увеличивается скорость круговорота углерода и укорачивается его цикл.*

7.4. Круговорот кислорода

Кислород является обязательным условием существования жизни на Земле (рис.7.4). Он входит практически во все биологические соединения, участвует в биохимических реакциях окисления органических веществ, обеспечивающих энергией все процессы жизнедеятельности организмов биосферы. Кислород обеспечивает дыхание животных, растений и микроорганизмов в атмосфере, почве, воде, участвует в химических реакциях окисления, происходящих в горных породах, почвах, илах, водоносных горизонтах.

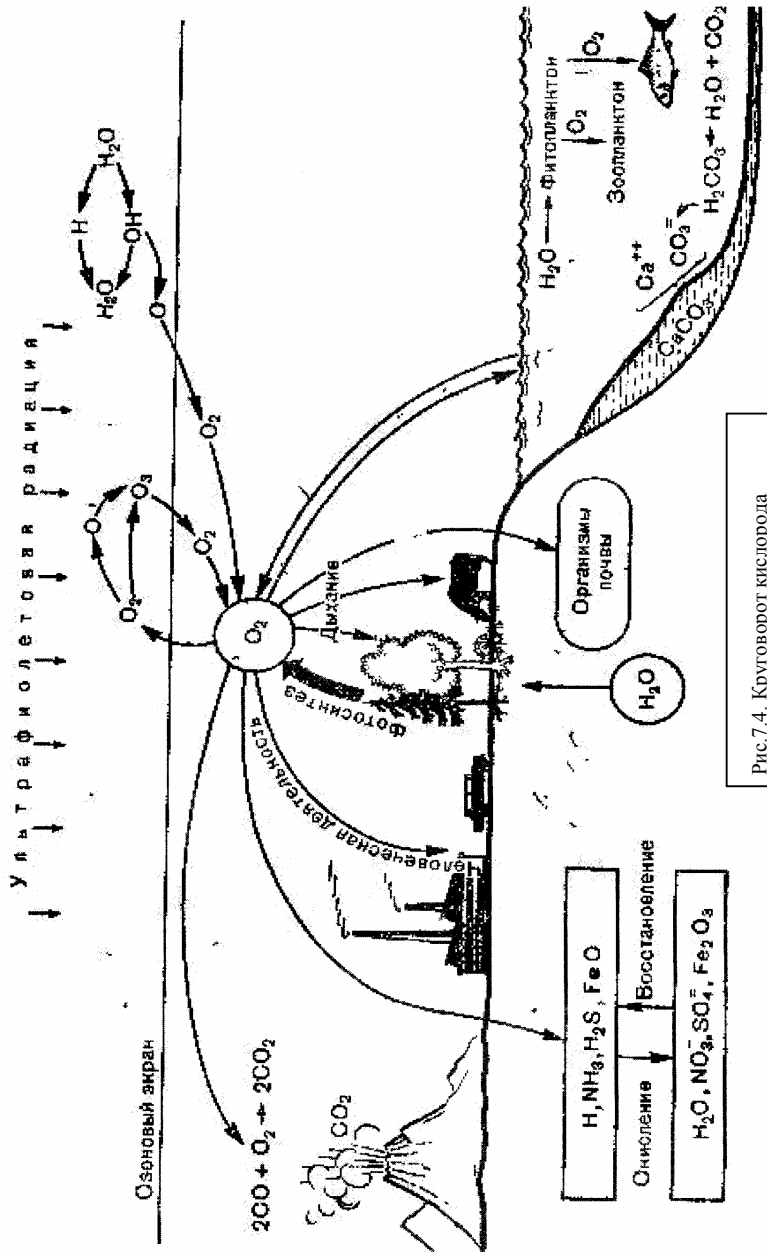


Рис.7.4. Круговорот кислорода

Основные ветви круговорота кислорода:

– образование свободного кислорода при фотосинтезе и его поглощение в процессе дыхания живых организмов (растений, животных, микроорганизмов в атмосфере, почве, воде);

– образование озонового экрана;

– создание окислительно-восстановительных зональностей;

– окисление окиси углерода при извержении вулканов, накопление сульфатных осадочных пород, расход кислорода в человеческой деятельности и т.д.; везде участвует молекулярный кислород фотосинтеза.

7.5. Круговорот азота

Азот входит в состав биологически важных органических веществ всех живых организмов: белков, нуклеиновых кислот, липопротеидов, ферментов, хлорофилла и т.д. Несмотря на содержание азота (79 %) в составе воздуха, он является дефицитным для живых организмов.

Азот в биосфере находится в недоступной для организмов газообразной форме (N_2) – химически мало активной, поэтому он не может непосредственно использоваться высшими растениями (и большинством низших растений) и животным миром. *Растения усваивают азот из почвы в виде ионов аммония (NH_4^-) или нитратных ионов (NO_3^-), т.е. так называемый фиксированный азот.*

Различают *атмосферную, промышленную и биологическую фиксации азота.*

Атмосферная фиксация происходит при ионизации атмосферы космическими лучами и при сильных электрических разрядах во время гроз, при этом из молекулярного азота воздуха образуются оксиды азота и аммиака, которые благодаря атмосферным осадкам превращаются в аммонийный (NH_4^-), нитритный (NH_2^-), нитратный (NH_3^-) азот и попадают в почву и водные бассейны.

Промышленная фиксация происходит в результате хозяйственной деятельности человека. Атмосфера загрязняется соединениями азота заводами, производящими азотные соединения. Горячие выбросы ТЭЦ, заводов, космических аппаратов, сверхзвуковых самолетов окисляют азот воздуха. Оксиды азота, взаимодействуя с парами воды воздуха с осадками возвращаются на землю, попадают в почву в ионной форме.

Биологическая фиксация играет основную роль в круговороте азота. Ее осуществляют почвенные бактерии:

1) азотфиксирующие бактерии (и сине-зеленые водоросли);
2) микроорганизмы, живущие в симбиозе с высшими растениями (клубеньковые бактерии);
3) аммонифицирующие;
4) нитрифицирующие;
5) денитрифицирующие.

Свободно живущие в почве *азотфиксирующие аэробные* **(**существующие в присутствии кислорода**)** *бактерии (Azotobacter) способны осуществлять фиксацию молекулярного азота атмосферы* за счет энергии, получаемой при окислении органических веществ почвы в процессе дыхания, в конечном итоге связывая его с водородом и вводя в виде аминогруппы ($-NH_2$) в состав аминокислот своего тела. *Молекулярный азот способен фиксировать и некоторые анаэробные* (живущие в отсутствие кислорода) *бактерии*, существующие в почве *(Clostridium).* Отмирая, и те и другие микроорганизмы обогащают почву органическим азотом.

К биологической фиксации молекулярного азота способны и сине-зеленые водоросли, особенно важные для почв рисовых полей.

Наиболее эффективно биологическая фиксация атмосферного азота протекает у бактерий, живущих в симбиозе в клубеньках бобовых растений **(***клубеньковые бактерии*) (рис. 7.5).



Рис. 7.5. Азотфиксирующие клубеньковые бактерии

Эти бактерии (Rizobium) используют энергию растения-хозяина для фиксации азота, в то же время снабжая наземные органы хозяина доступными ему соединениями азота. Усваивая соединения азота из почвы в нитратной и аммонийной формах, растения строят необходимые азотсодержащие соединения своего тела (нитратный азот в клетках растений предварительно восста навливается). Растения-продуценты снабжают азотистыми веществами весь животный мир и человечество. Погибшие растения используются, согласно трофической цепи, биоредуцентами.

Аммонифицирующие микроорганизмы разлагают органические вещества, содержащие азот (аминокислоты, мочевину), с образованием аммиака. Часть органического азота в почве не минерализуется, а превращается в гумусовые вещества, битумы и компоненты осадочных пород.

Аммиак (в виде аммонийного иона) может поступить в корневую систему растений, или использоваться в процессах нитрификации.

Нитрифицирующие микроорганизмы являются хемосинтетиками, используют энергию окисления аммиака до нитратов и нитритов до нитратов для обеспечения всех процессов жизнедеятельности. За счет этой энергии нитрификаторы восстанавливают углекислый газ и строят органические вещества своего тела. Окисление аммиака при нитрификации протекает по реакциям:

$$2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2HNO_2 + 2H_2O + 600 \text{ кДж (148 ккал).}$$
$$2HNO_3 + O_2 \rightarrow 2HNO_3 + 198 \text{ кДж (48 ккал).}$$

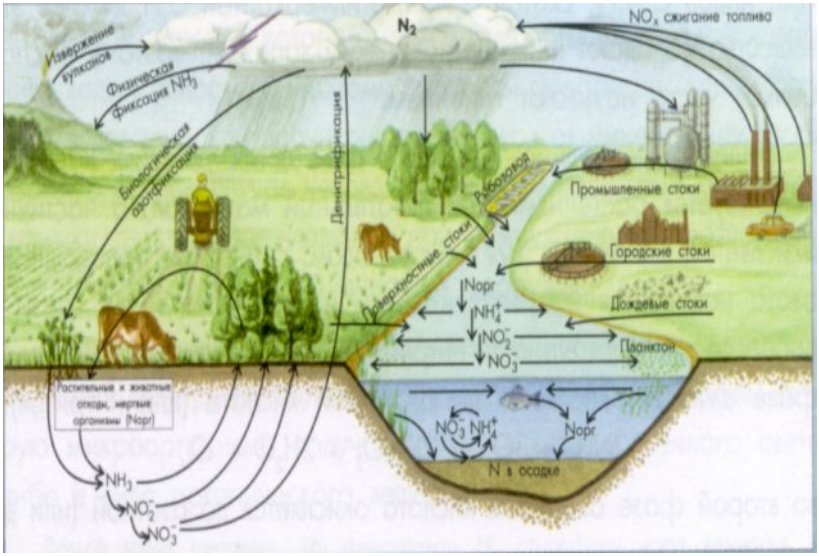


Рис. 7.6. Круговорот азота (по Л.Цветковой)

Нитраты, образовавшиеся в процессах нитрификации, вновь поступают в биологический круговорот, поглощаются из почвы корнями растений или после поступления с водным стоком в водные бассейны – фитопланктоном и фитобентосом.

Наряду с организмами, фиксирующими атмосферный азот и нитрифицирующие его, в биосфере существуют *микроорганизмы, способные восстанавливать нитраты или нитриты до молекулярного азота. Такие микроорганизмы, называемые денитрификаторами, при недостатке свободного кислорода в водах или почве используют кислород нитратов для окисления органических веществ*:

$$5C_6H_{12}O_6(\text{глюкоза}) + 24KNO_3 \rightarrow 24KHCO_3 + 6CO_2 + \\ + 12N_2 + 18H_2O + \text{энергия}$$

Освобождающаяся при этом энергия служит основой всей жизнедеятельности денитрифицирующих микроорганизмов.

Таким образом, во всех звеньях круговорота исключительную роль играют живые вещества.

В настоящее время все большую роль в азотном балансе почв и, следовательно, во всем круговороте азота в биосфере играет промышленная фиксация атмосферного азота человеком.

7.6. Круговорот фосфора

Круговорот фосфора более прост. В то время как резервуаром азота служит воздух, резервуар фосфора – это горные породы, из которых он высвобождается при эрозии (рис.7.7).

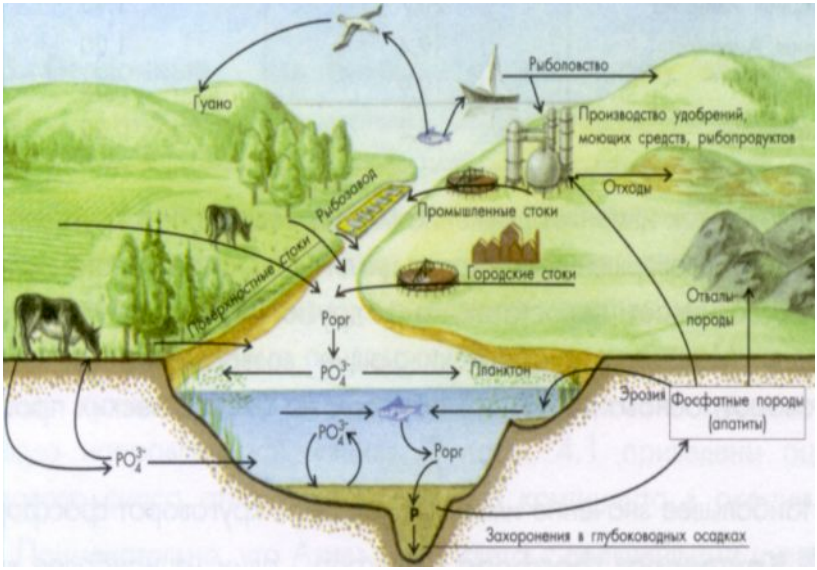


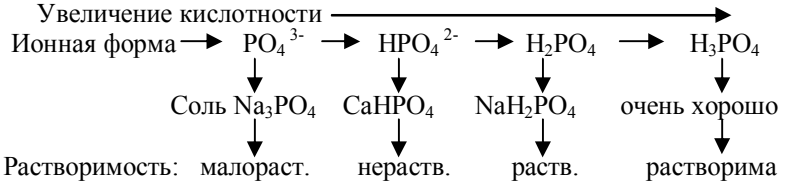
Рис. 7.7. Круговорот фосфора (по Л.Цветковой)

Углерод, кислород, водород и азот легче и быстрее мигрируют в атмосфере, так как находятся в газообразной форме, образуя в биологических круговоротах газообразные соединения. Для всех остальных элементов, кроме серы необходимых для существования живого вещества, в биологических круговоротах нехарактерно образование газообразных соединений. Эти элементы мигрируют в основном в виде ионов и молекул, растворенных в воде.

Фосфор, усваиваемый растениями в виде ионов ортофосфорной кислоты (PO_4^{3-}) принимает большое участие в жизнедеятельности всех живых организмов. Он входит в состав АДФ, АТФ, ДНК, РНК и др. соединения.

Круговорот фосфора в биосфере является незамкнутым. В наземных биогеоценозах фосфор после поглощения растениями из почвы по пищевой цепи вновь поступает в виде фосфатов в почву. Основное количество фосфора вновь поглощается корневой системой растений. Частично фосфор может вымываться со стоком дождевых вод из почвы в водные бассейны. В естественных биогеоценозах часто испытывается недостаток фосфора, причем в щелочной и окисленной среде он находится обычно в виде нерастворимых соединений.

Большое количество фосфатов содержат горные породы литосферы. Часть их постепенно переходит в почву, часть разрабатывается человеком для производства фосфорных удобрений, большая часть выщелачивается и вымывается в гидросферу. Там они используются фитопланктоном и связанными с ними организмами, находящимися на разных трофических уровнях сложных пищевых цепей.



В Мировом океане потери фосфатов из биологического круговорота происходят за счет отложений остатков растений и животных на больших глубинах. Поскольку фосфор перемещается, в основном, из литосферы в гидросферу с водой, то в литосферу он мигрирует биологическим путем (поедание рыб морскими птицами, использование бентосных водорослей и рыбной муки в качестве удобрения и т.д.).

Из всех элементов минерального питания растений фосфор можно считать дефицитным.

7.7. Круговорот серы

Для живых организмов сера играет большое значение, т. к. она входит в состав серосодержащих аминокислот (цистина, цистеина, метионина и др.). Находясь в составе белков, серосодержащие аминокислоты поддерживают необходимую трехмерную структуру белковых молекул.

Сера усваивается растениями из почвы только в окисленной форме, в виде иона SO_4^{2-}. В растениях сера восстанавливается и входит в состав аминокислот в виде сульфгидрильных (-SH) и дисульфидных (-S-S-) групп.

Животные усваивают только восстановленную серу, находящуюся в составе органических веществ. После отмирания растительных и животных организмов сера возвращается в почву, где в результате деятельности многочисленных форм микроорганизмов подвергается преобразованиям (рис.7.8).

В аэробных условиях некоторые микроорганизмы окисляют органическую серу до сульфатов. Сульфатные ионы, абсорбируясь корнями растений, вновь включаются в биологический круговорот. Часть сульфатов может включаться в водную миграцию и выноситься из почвы. В почвах, богатых гумусовыми веществами, значительное количество серы находится в органических соединениях, что препятствует ее вымыванию.

В анаэробных условиях при разложении органических соединений серы образуется сероводород. Если сульфаты и органические вещества находятся в бескислородной среде, то активируется деятельность *сульфатредуцирующих бактерий.* Они используют кислород сульфатов для окисления органических веществ и получают таким образом необходимую для своего существования энергию:

$$2CH_2O + 2H^+ + SO_4^{2-} \rightarrow H_2S + 2CO_2 + H_2O + 58 \text{ кДж (14 ккал)}.$$

Сульфатредуцирующие бактерии распространены в подземных водах, в илах и застойных морских водах. Сероводород является ядом для большинства живых организмов, поэтому его накопление в залитой водой почве, озерах, лиманах и т.д. значительно снижает или даже полностью прекращает жизненные процессы. Такое явление наблюдается в Черном море на глубине ниже 200 м от его поверхности.

Таким образом, для создания благоприятной среды необходимо окисление сероводорода до сульфатных ионов, что уничтожит вредное действие сероводорода, сера перейдет в доступную для растений

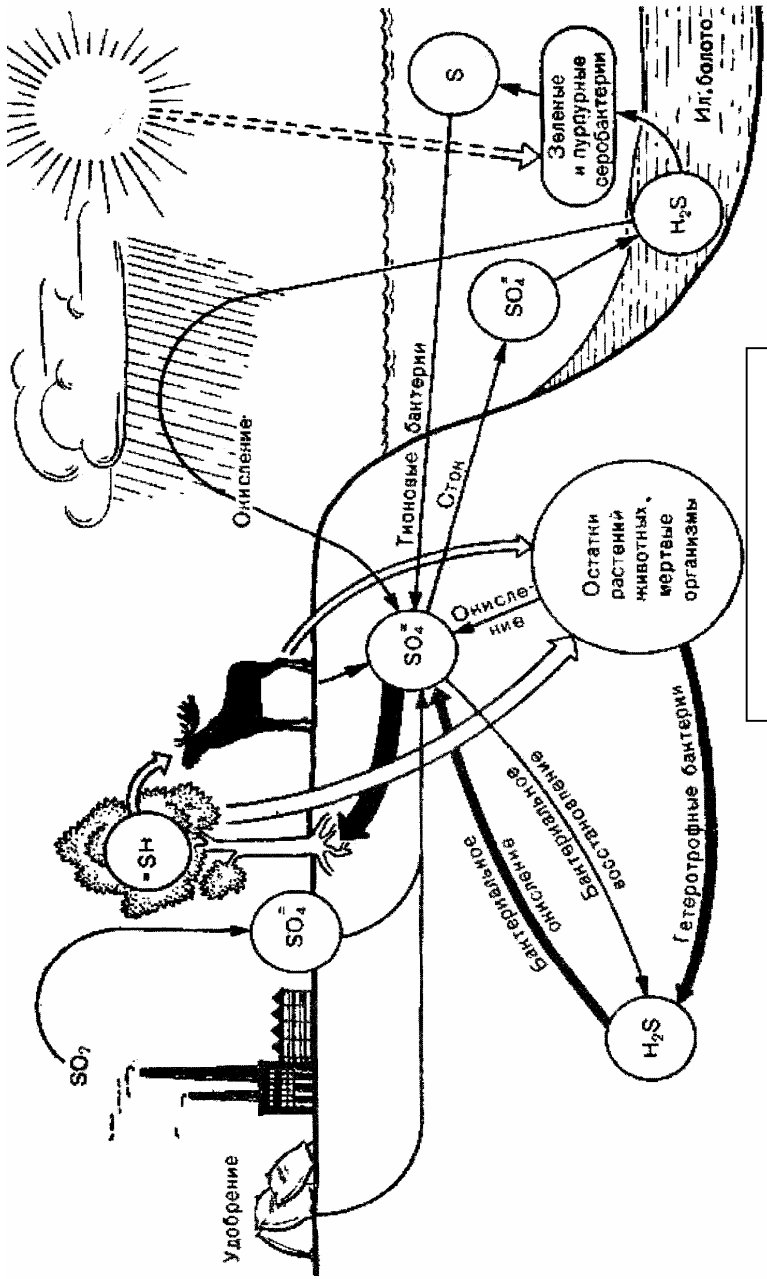


Рис. 7.6. Круговорот серы

форму – в виде сернокислых солей. Эту роль выполняет в природе *особая группа серобактерий (бесцветные, зеленые, пурпурные) и тионовые бактерии.*

Бесцветные серобактерии являются хемосинтетиками: они используют энергию, получаемую при окислении кислородом сероводорода до элементарной серы и при дальнейшем ее окислении до сульфатов.

Окрашенные серобактерии являются фотосинтезирующими организмами, которые используют сероводород в качестве донора водорода для восстановления углекислоты. Образующаяся элементарная сера у зеленых серобактерий выделяется из клеток, у пурпурных накапливается внутри клеток.

Суммарная реакция этого процесса – *фоторедукция:*

$$CO_2 + 2H_2S \text{ свет} \rightarrow (CH_2O) + H_2O + 2S.$$

Тионовые бактерии окисляют за счет свободного кислорода элементарную серу и ее различные восстановленные соединения до сульфатов, возвращая ее снова в основное русло биологического круговорота.

В процессах биологического круговорота, где происходит превращение серы, огромную роль играют живые организмы, особенно микроорганизмы.

Главным накопителем серы на нашей планете является Мировой океан, т. к. в него из почвы непрерывно поступают сульфатионы. Часть серы из океана возвращается на сушу через атмосферу по схеме сероводород – окисление его до двуокиси серы – растворение последней в дождевой воде с образованием серной кислоты и сульфатов – возвращение серы с атмосферными осадками в почвенный покров Земли.

7.8. Круговорот неорганических катионов

Жизненно важными кроме основных элементов, входящих в состав живых организмов (углерода, кислорода, водорода, фосфора и серы), являются и многие другие макро- и микроэлементы – неорганические катионы. В водных бассейнах растения получают необходимые им катионы металлов непосредственно из окружающей среды. *На суше главным источником неорганических катионов служит почва*, которая получила их в процессе разрушения материнских пород. В растениях поглощенные корневыми системами катионы передвигаются в листья и другие органы; некоторые из них (магний, железо, медь и ряд

других) входят в состав биологически важных молекул (хлорофилла, ферментов); другие, оставаясь в свободном виде, участвуют в поддержании необходимых коллоидных свойств протоплазмы клеток и выполняют иные разнообразные функции.

При отмирании живых организмов неорганические катионы в процессе минерализации органических веществ возвращаются в почву. Потери этих компонентов из почвы происходят в результате выщелачивания и выноса катионов металлов с дождевыми водами, отторжения и выноса органического вещества человеком при возделывании сельскохозяйственных растений, рубке леса, скашивании трав на корм скоту и т.д.

Рациональное применение минеральных удобрений, мелиорация почв, внесение органических удобрений, правильная агротехника помогут восстановить и поддержать баланс неорганических катионов в биоценозах биосферы.

7.9. Антропогенный круговорот: круговорот ксенобиотиков (ртути, свинца, хрома)

Человечество является частью природы и может существовать только в постоянном взаимодействии с ней.

Существуют *сходства и противоречия* между естественным и антропогенным круговоротом веществ и энергии, совершающихся в биосфере.

Естественный (биогеохимический) круговорот жизни имеет следующие *особенности*:

– использование солнечной энергии в качестве источника жизни и все ее проявления на основе термодинамических законов;

– он осуществляется безотходно, т.е. все продукты его жизнедеятельности, минерализуются и снова включаются в следующий цикл круговорота веществ. При этом *за пределы биосферы удаляется отработанная, обесцененная тепловая энергия*. При биогеохимическом круговороте веществ образуются отходы, т.е. запасы в виде каменного угля, нефти, газа и других минеральных ресурсов. В отличие от безотходного естественного круговорота антропогенный круговорот сопровождается увеличивающимися с каждым годом отходами.

В природе нет ничего бесполезного или вредного, даже от вулканических извержений есть польза, т. к. с вулканическими газами в воздух поступают нужные элементы (например, азот).

Существует *закон глобального замыкания биогеохимического круговорота в биосфере*, действующий на всех этапах ее развития, как и правило увеличения замкнутости биогеохимического круговорота в ходе сукцессии.

Огромную роль на биогеохимический круговорот оказывает человек, но в противоположном направлении. Человек нарушает сложившиеся круговороты веществ, и в этом проявляется его геологическая сила – разрушительная по отношению к биосфере. *В результате антропогенной деятельности степень замкнутости биогеохимических круговоротов уменьшается*.

Антропогенный круговорот не ограничивается энергией солнечного света, улавливаемой зелеными растениями планеты. Человечество использует энергию топлива, гидро- и атомных станций.

Можно утверждать, что антропогенная деятельность на современном этапе представляет собой огромную разрушительную для биосферы силу.

Биосфера обладает особенным свойством – значительной устойчивостью по отношению к загрязняющим веществам. Эта устойчивость основана на естественной способности различных компонентов природной среды к *самоочищению и самовосстановлению.* Но не безгранично. Возможный глобальный кризис вызвал необходимость построения математической модели биосферы как единого целого (система «Гея») с целью получения информации о возможном состоянии биосферы.

Ксенобиотик – чужеродное для живых организмов вещество, появляющееся в результате антропогенной деятельности (пестициды, препараты бытовой химии и другие загрязнители), способное вызывать нарушение биотических процессов, в т.ч. заболевание или гибель организма. Такие загрязнители не подвергаются биодеградации, а аккумулируются в трофических цепях.

Ртуть – весьма редкий элемент. Она рассеяна в земной коре и только в немногих минералах, таких как киноварь, содержится в концентрированном виде. Ртуть участвует в круговороте вещества в биосфере, мигрируя в газообразном состоянии и в водных растворах (рис.7.9).

В атмосферу она поступает из гидросферы при испарении, при выделении из киновари, с вулканическими газами и газами из термальных источников. Часть газообразной ртути в атмосфере переходит в твердую фазу и удаляется из воздушной среды. Выпавшая ртуть поглощается почвами, особенно глинистыми, водой и горными породами. В горючих полезных ископаемых – нефти и каменном угле – ртути

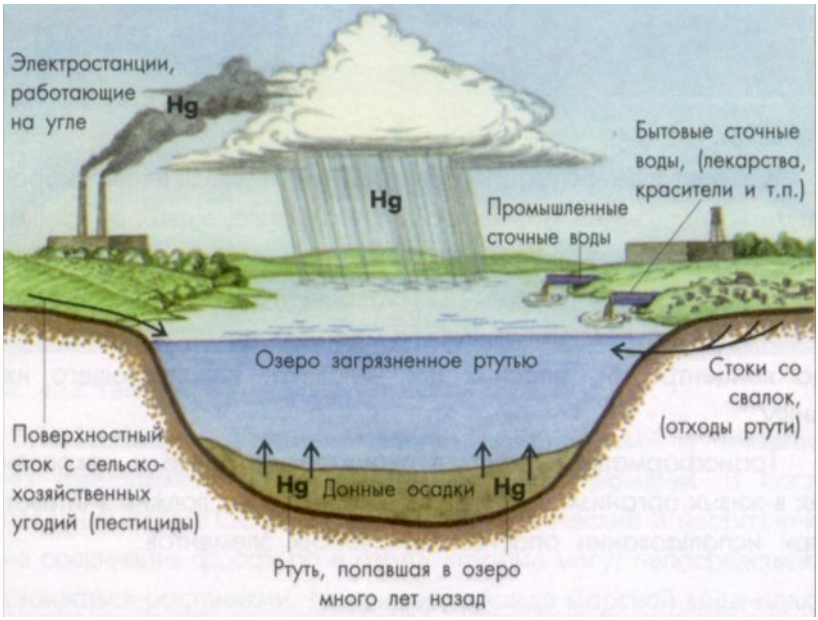


Рис. 7.9. Круговорот ртути (по Л.Цветковой)

содержится до 1 мг/кг. В водной массе океанов примерно 1,6 млрд. т, в донных осадках – 500 млрд.т, в планктоне – 2 млн.т. Речными водами ежегодно с суши выносится около 40 тыс.т, что в 10 раз меньше, чем поступает в атмосферу при испарении (400 тыс.т). На поверхность суши ежегодно выпадает около 100 тыс.т.

Ртуть из естественного компонента природной среды превратилась в один из наиболее опасных для здоровья человека техногенных выбросов в биосферу. Она широко применяется в металлургии, в химической, электротехнической, электронной, целлюлозно-бумажной и фармацевтической промышленности и используется для производства взрывчатых веществ, лаков и красок, а также в медицине. Промышленные стоки и атмосферные выбросы, наряду с ртутными рудниками, заводами по производству ртути и теплоэнергетическими предприятиями (ТЭЦ и котельные), использующими уголь, нефть и нефтепродукты, являются основными источниками загрязнения биосферы этим токсичным компонентом. Кроме того, ртуть входит в состав ртутьорганических пестицидов, используемых в сельском хозяйстве для протравливания семян и защиты культур от вредителей. В организм чело-

века попадает с продуктами питания (яйца, протравленное зерно, мясо животных и птиц, молоко, рыба).

Ртуть в воде и донных отложениях рек. Установлено, что около 80 % ртути, поступающей в природные водоемы, находится в растворенной форме, что в конечном итоге способствует ее распространению на большие расстояния вместе с потоками воды. Чистый элемент не токсичен.

Ртуть содержится в воде придонного ила чаще в относительно безвредных концентрациях. Неорганические соединения ртути превращаются в токсичные органические соединения ртути, такие как метилртуть CH_3Hg и этилртуть C_2H_5Hg, благодаря бактериям, живущим в детритах и осадках, в донном иле озер и рек, в слизи, покрывающей тела рыб, а также в слизи рыбьего желудка. Эти соединения легко растворимы, подвижны и очень ядовиты. Химической основой агрессивного действия ртути является ее сродство с серой, в частности с сероводородной группой в белках. Эти молекулы связываются с хромосомами и клетками головного мозга. Рыбы и моллюски могут накапливать их до концентраций опасных для человека, употребляющего их в пищу, вызывая болезнь "Минамата".

Металлическая ртуть и ее неорганические соединения действуют, в основном, на печень, почки и кишечный тракт, однако в обычных условиях сравнительно быстро выводятся из организма и опасное для организма человека количество не успевает накопиться. Метилртуть и другие алкильные соединения ртути являются гораздо более опасными, т. к. происходит кумуляция – токсин поступает в организм быстрее, чем выводится из организма, действуя на центральную нервную систему.

Донные отложения являются важной характеристикой водных экосистем. Аккумулируя тяжелые металлы, радионуклиды и высокотоксичные органические вещества, донные отложения, с одной стороны, способствуют самоочищению водных сред, а с другой – представляют собой постоянный источник вторичного загрязнения водоемов. Донные отложения – перспективный объект анализа, отражающий многолетнюю картину загрязнения (особенно в малопроточных водоемах). Причем накопление неорганической ртути в донных отложениях наблюдается особенно в устьях рек. Может возникнуть напряженная ситуация, когда адсорбционная способность отложений (ила, осадков) будет исчерпана. Когда будет достигнута адсорбционная емкость, тяжелые металлы, в т.ч. ртуть начнут поступать в воду.

Известно, что в морских анаэробных условиях в отложениях отмерших водорослей ртуть присоединяет водород и переходит в летучие соединения.

При участии микроорганизмов может метилироваться в две стадии металлическая ртуть: $Hg \rightarrow CH_3Hg+ \rightarrow (CH_3)_2Hg$

Метилртуть в окружающей среде появляется практически только при метилировании неорганической ртути.

Биологический период полувыведения ртути велик, он составляет для большинства тканей организма человека 70-80 дней.

Известно, что в начале пищевой цепочки происходит загрязнение ртутью крупных рыб, например меч-рыбы, тунца. Не безинтересно при этом отметить, что в еще большей степени, чем в рыбах, ртуть накапливается (аккумулируется) в устрицах.

Ртуть попадает в организм человека при дыхании, с пищей и через кожу по следующей схеме:

Во-первых, происходит транформация ртути. Этот элемент встречается в природе в нескольких формах.

Металлическая ртуть, применяемая в термометрах, и ее неорганические соли (например, хлорид) выводятся из организма сравнительно быстро.

Гораздо более ядовиты алкильные соединения ртути, в частности метил- и этилртуть. Эти соединения очень медленно выводятся из организма – за сутки всего лишь около 1% общего количества. Хотя большая часть ртути, попадающей в природные воды, содержится там в виде неорганических соединений, в рыбе она всегда оказывается в форме гораздо ядовитой метилртути. Бактерии в донном иле озер и рек, в слизи, покрывающей тела рыб, а также в слизи рыбьего желудка способны превращать неорганические соединения ртути в метилртуть.

Во-вторых, избирательное накопление, или биологическое накопление (концентрирование), повышает содержание ртути в рыбе и моллюсках до уровней во много раз выше, чем в воде залива. Рыбы и моллюски, обитающие в реке, накапливают метилртуть до концентраций, опасных для человека, использующего их в пищу.

99 % мирового улова рыбы содержит ртуть в количестве не более 0,5 мг/кг, а 95% – ниже 0,3 мг/кг. Почти вся ртуть в рыбе находится в виде метилртути.

Учитывая разную токсичность ртутных соединений для человека в пищевых продуктах необходимо определять неорганическую (общую) и органически связанную ртуть. У нас определяется только общее содержание ртути. По медико-биологическим требованиям содержание ртути в пресноводной хищной рыбе допускается 0,6 мг/кг, в

морской – 0,4 мг/кг, в пресноводной не хищной только 0,3 мг/кг, а в тунцовых до 0,7 мг/кг. В продуктах детского питания содержание ртути не должно превышать 0,02 мг/кг в мясных консервах, 0,15 мг/кг в рыбных консервах, в остальных – 0,01 мг/кг.

Свинец присутствует практически во всех компонентах природной среды. В земной коре его содержится 0,0016 %. Естественный уровень свинца в атмосфере 0,0005 мг/м^3. Большая часть его осаждается с пылью, примерно 40 % выпадает с атмосферными осадками. Растения получают свинец из почвы, воды и атмосферных выпадений, а животные – потребляя растения и воду. В организм человека металл попадает вместе с пищей, водой и пылью.

Основным источником загрязнения биосферы свинцом являются бензиновые двигатели, выхлопные газы которых содержат триэтилсвинец, теплоэнергетические предприятия, сжигающие каменный уголь, горнодобывающая, металлургическая и химическая промышленность. Значительное количество свинца вносится в почву вместе со сточными водами, используемыми в качестве удобрения. Для тушения горящего реактора Чернобыльской АЭС также использовался свинец, который поступил в воздушный бассейн и рассеялся на обширных территориях. При увеличении загрязнения окружающей среды свинцом возрастает его отложение в костях, волосах, печени.

Хром. Наиболее опасен токсичный хром (6+), который мобилизуется в кислых и щелочных почвах, в пресных и морских водах. В морской воде хром на 10 – 20 % представлен формой Cr (3+), на 25 – 40 % – Cr (6+), на 45 – 65 % – органической формой. В интервале pH 5 – 7 преобладает Cr (3+), а при pH > 7 – Cr (6+). Известно, что Cr (6+) и органические соединения хрома не соосаждаются с гидроксидом железа в морской воде.

Природные круговороты веществ являются практически замкнутыми. В естественных экосистемах вещество и энергия расходуются экономно и отходы одних организмов служат важным условием существования других. Антропогенный круговорот веществ сопровождается огромным расходом природных ресурсов и большим количеством отходов, вызывающих загрязнение окружающей среды. Создание даже самых совершенных очистных сооружений, не решает проблему, поэтому необходимо разрабатывать мало- и безотходные технологии, позволяющие сделать как можно более замкнутым антропогенный круговорот. Теоретически можно создать безотходную технологию, однако реальны малоотходные технологии (смотри тему «Малоотходные технологии»).

8. ЧЕЛОВЕК В ЭКОСИСТЕМЕ. ЧЕЛОВЕК В БИОСФЕРЕ

- Человек как биологический вид;
- Наследственность – фактор здоровья человека;
- Факторы, влияющие на здоровье человека;
- Человек в экстремальных условиях;
- Здоровый образ жизни.

8.1. Человек как биологический вид

Человек – это составная часть живого, и он не может существовать в естественных условиях вне биосферы и живого вещества определенного эволюционного типа. Человек относится *к* ***семейству гоминид***, которое возникло в экваториальной части Земли. ***Род Человек*** возник в восточной части Африки и Южной Азии. Раньше на Земле существовали различные виды гоминид, относящихся к двум подсемействам**:** ***австралопитеки*** и ***просто люди***, из которых сохранился лишь один вид – ***Homo sapiens*** – человек разумный. Большинство ученых считают, что Homo sapiens подразделяется на два подвида – ***неандертальца*** и ***современного человека***. В сукцессионном ряду эволюции живого вещества на планете последним (но не вершиной эволюции) является появление человека разумного. Благодаря своему интеллекту человек стал строить свою собственную экологическую систему, научился преодолевать действие лимитирующих факторов, однако еще не одержал победу над ними – он остается зависимым от климатических явлений (жары, засухи, дождей), природа всегда будет фактором существования человека, составлять неотъемлемую часть окружающей человека среды, в том числе и искусственно созданную им среду, общественные отношения.

8.2. Наследственность – фактор здоровья человека

Генетическая программа разумного человека, записанная в молекулах ДНК, определяет его как биологический вид. ДНК участвуют в генетических процессах – мутационных (изменяющих структуру ДНК); в миграции генов (оттоке или притоке генов из других популяций); дрейфе генов (случайных колебаниях частот генов); естественном отборе (направленно изменяющейся частоты генетических признаков).

Благодаря социальным преобразованиям и развитию медицины в развитых странах давление естественного отбора значительно снизилось.

Видовые особенности человека – крупные размеры, прямохождение, мощная антигравитационная мускулатура, совершенная терморегуляция, усиление общественных отношений_– являются *адаптацией к среде обитания, признаками здоровья*. Ослабление, отсутствие какого-либо из признаков есть свидетельство болезни.

В результате прямохождения снижается устойчивость тела, внутренние органы при прямохождении давят на нижележащие, ухудшая их функции.

Последствия прямохождения – положительные и отрицательные – наследуются каждым индивидом и сказываются на здоровье современного человека.

Наследуемые признаки человека заложены в генах и хромосомах, количество которых в каждой соматической клетке человека равна 46. Половину из них – 23 человек получил от – матери, а вторую половину – от отца.

Хромосомный набор клетки состоит из аутосом и половых хромосом. Хромосомы состоят из ДНК. Разные признаки определяются разными белками. В процессе особого деления половых клеток – мейоза – возникает непредсказуемое сочетание генов.

Каждый человек уникален по своим признакам и свойствам. Наследственная информация, заложенная в генах, по сравнению с нормой может искажаться, вызывая разнообразные наследственные болезни. Они обнаруживаются примерно у десяти новорожденных из ста.

Предупреждение наследственных болезней – серьезная проблема. Человечество постоянно накапливает генетический груз. Защита окружающей среды, поиск веществ-антимутагенов (в живой природе, создание искусственных препаратов с требуемыми качествами, выявление антимутагенных свойств у некоторых лекарственных препаратов), планирование семьи (недопущение браков между близкими родственниками, рождение ребенка в оптимальный срок), дородовая диагностика – таковы способы предупреждения наследственных заболеваний. Таким образом, здоровье человека является слагаемым многих факторов, главные из которых: наследственность, условия окружающей среды, образ жизни и медицинское обслуживание.

Все заболевания, связанные с генетическими факторами, можно условно разделить на три группы:

1) врожденные наследственные заболевания: гемофилия, болезнь Дауна, дальтонизм и др.;

2) приобретенные наследственные заболевания: отдельные виды сахарного диабета, подагра, психические расстройства и др.;

3) заболевания, связанные с наследственной предрасположенностью: атеросклероз, ишемия, язва, бронхиальная астма, гипертония и др.

Вторая и третья группа заболеваний относятся к болезням, связанным с образом жизни и со здоровьем будущих отца и матери во время беременности. Разумный образ жизни может снизить риск негативного влияния наследственных факторов на здоровье человека.

8.3. Факторы, влияющие на здоровье человека

Факторы, влияющие на здоровье людей, можно разделить на:

1. биологические факторы риска;
2. химические;
3. физические;
4. добровольный риск.

1. Биологические факторы риска. К основной группе биологических факторов, влияющих на здоровье людей, относятся патогенные микроорганизмы (многие их которых являются либо возбудителями заболеваний, либо их переносчиками) природного и антропогенного происхождения, вызывающих различные болезни. Инфекционные заболевания характерны, в первую очередь, для слаборазвитых стран.

Сегодня, благодаря успехам медицины и фармакологии, многие болезни отступают. Координирует меры по борьбе с этими болезнями населения планеты Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ). Сегодня нет в мире оспы. Но остаются малярия, корь, столбняк, дифтерия, туберкулез, полиомиелит, проказа, чума, шистоматоз (переносчики – моллюски), сонная болезнь (переносчик – муха-цеце), лептоспироз (водяная лихорадка, переносчики – мыши-полевки) и др.

Сегодня неизлечим СПИД – синдром приобретенного иммунодефицита. Он относится к числу пяти главных болезней-убийц, уносящих наибольшее число жизней на нашей планете. 1 декабря – всемирный День борьбы со СПИДом. В 1990 г. эпидемия СПИДа охватила 156 стран. Около половины больных – в Америке, затем идут Африка, Европа, Азия, Австралия. В 2000 г. ожидалось около 40 млн. носителей вируса СПИДа.

Основные симптомы СПИДа: увеличение лимфатических узлов на шее, в локтевых сгибах, подмышками, в паху; длительное беспричинное

повышение температуры – от 37 до 39 ^{0}С; прогрессирующая потеря веса; частые гнойные поражения; длительное расстройство стула.

Главные распространители СПИДа – наркоманы, гомосексуалисты, проститутки.

В 1990 г. в СССР было зарегистрировано 500 больных СПИДом. Вплоть до середины 90-х г. территория бывшего СССР не была подвергнута массовой эпидемии СПИДа. Однако в 2001 – 2002 гг. в регионах Восточной Европы и Центральной Азии наблюдаются наиболее быстрые в мире темпы распространения эпидемии. По официальной оценке ООН, число больных СПИДом в регионе составляло на конец 2002 г. 1,2 млн. человек

По официальным оценкам РК, на 2002 г. в Казахстане насчитывается более 25 тыс. больных СПИДом (при населении 16 млн. человек), что превышает совокупную численность больных по четырем другим центральноазиатским республикам.

Первые случаи ВИЧ-инфекции были зафиксированы в Темиртау (близ Караганды), где в результате закрытия градообразующего предприятия в начале 90-х г. большинство населения оказалось лишенным работы и средств к существованию. По оценкам ООН, к концу 90-х г. из 32 тыс. жителей Темиртау в возрасте от 15 до 29 лет – 2 тыс. человек были потребителями инъекционных наркотиков.

Пока эпидемия в Казахстане ограничивается в основном потребителями инъекционных наркотиков: считается, что наркозависимыми являются более 80 % ВИЧ-инфицированных. Через шприц ВИЧ передается намного эффективнее, чем при половых контактах. Как утверждают казахские власти, только за 2001 г. число ВИЧ-инфицированных увеличилось примерно на 240 %. В распространении ВИЧ на все население решающим фактором являются работники коммерческого секса (РКС), число которых в Казахстане за период независимости значительно возросло.

На всей территории страны, во всех 14 областях Казахстана, существуют государственные СПИД-центры, на которые возложены задачи предупреждения ВИЧ-инфекции и лечения больных СПИДом. В этих медицинских учреждениях проводится ВИЧ-тестирование и регистрация ЛВС. Действуют программы обмена шприцев, доказавшие свою эффективность в борьбе с передачей ВИЧ среди шприцевых наркоманов, распространение презервативов и добровольное обследование, однако охват ими целевых групп остается намного меньшим, чем это необходимо для борьбы с эпидемией. В Казахстане, как и в других странах СНГ, практически отсутствует антиретровирусная терапия, сыгравшая в развитых странах ключевую роль в сдерживании эпидемии.

В настоящее время идет процесс пересмотра соответствующего законодательства и подзаконных актов, с тем чтобы привести их в соответствие с международными стандартами в области ВИЧ/СПИД и прав человека. В 2003 г. запущены две пилотные программы метадоновой заместительной терапии – дезинтоксикационной терапии – когда наркотик постепенно выводится из организма. Это лечение остается недоступным для подавляющего большинства наркопотребителей. В 2002 г. получено задание о проведении анализа целесообразности легализации конопли и гашиша и смягчения уголовных санкций для наркопотребителей в рамках «гуманизации» лечения.

Помимо этого, в 2001 г. правительство разработало 5-летнюю межведомственную программу борьбы с ВИЧ/СПИД, в которой задействовано восемь министерств и ведомств (затраты на ее реализацию оцениваются на уровне 150 млн. долл., причем около 147 млн. правительство рассчитывает получить из внешних источников), которая включает некоторые из нижеперечисленных пунктов: гуманизировать лечение наркозависимости, как этого требуют обязательства Казахстана по Единой конвенции о наркотических средствах 1961 г. и протоколу к ней от 1972 г., Конвенции о психотропных веществах 1971 г. и Конвенции ООН о борьбе против незаконного оборота наркотических средств и психотропных веществ 1988 г.; обеспечить сбор точных статистических данных по ВИЧ/СПИД в группах риска.

Быстрому распространению ВИЧ/СПИД в регионе способствует катастрофический взрыв заболеваемости другими ИППП в постсоветский период, а высокому уровню смертности от СПИДа – эпидемия туберкулеза. В Казахстане положение с туберкулезом наиболее тяжелое по сравнению с другими центральноазиатскими государствами. В Казахстане, например, в 2000 г. на 100 тыс. человек населения приходилось 640 случаев сифилиса, что в 500 раз превышает уровень начала 90-х г. (это наиболее высокая заболеваемость сифилисом во всем регионе Европы, в принятых ВОЗ границах).

Создание вакцины против СПИДа осложняется отсутствием живой модели, т.е. животных, обладающих иммунной системой, сходной с иммунной системой человека. Даже при создании вакцины для победы над этой болезнью потребуются многие годы. (В 1881 г. Луи Пастер открыл принцип вакцин, вырабатывающих невосприимчивость организмов к некоторым заразным болезням. В 1883 г. И.И.Мечников создал теорию иммунитета (невосприимчивости). Однако до сих пор нет эффективных вакцин против малярии, гриппа, стафилококков, венерических болезней, рака, СПИДа).

Инфекционные заболевания – вызываются болезнетворными микроорганизмами (бактериями, вирусами, грибками) и передаются от зараженного человека или животного к здоровому. Брюшной тиф, дизентерия, бешенство, холера, корь и другие болезни свойственны только людям. Сибирская язва, сап, ящур – инфекционные болезни животных, которыми могут заболеть и люди.

Так, бешенство (гидрофобия) – инфекционная болезнь, тяжелое поражение нервной системы, судороги, параличи, спазмы глоточной и дыхательной мускулатуры.

Геморрагические лихорадки – группы вирусных болезней человека, при которых поражаются мелкие кровеносные сосуды, повышается температура. Вирусы циркулируют между грызунами и клещами.

Орнитоз – инфекционная вирусная болезнь, протекает с повышением температуры, поражением легких, нервной системы. Для человека опасны больные птицы и птицы-вирусоносители.

Чума – острая инфекционная болезнь, характеризующаяся тяжелым состоянием, воспалительными процессами в лимфатических узлах, легких и других органах.

Лептоспироз – острая инфекционная болезнь, связанная с поражением мелких кровеносных сосудов – капилляров, а также печени, почек, мышц, центральной нервной системы.

К природным очаговым болезням относятся чума, туляремия, энцефалит.

2. Химические факторы риска. На здоровье человека оказывает влияние химический состав окружения – воды, пищи.

При систематическом поступлении в организм даже небольших количеств токсичных веществ могут наступать хронические отравления, признаками которых являются: нейропсихические отклонения, утомление, апатия, сонливость или бессонница, ослабление внимания, забывчивость, колебания настроения и др. Сходные признаки наблюдаются и при радиоактивном загрязнении среды, превышающем нормы. Высокотоксичные соединения часто приводят к хроническим заболеваниям различных органов и нервной системы; действуют на внутриутробное развитие плода, вызывая отклонения у новорожденных. Установлена прямая связь между ростом числа больных аллергией, бронхиальной астмой, раком и ухудшением экологической обстановки в регионе.

Загрязняющие вещества можно разделить на:

1. канцерогены (1 группа - бензол, винилхлорид, шестивалентный хром, асбест, мышьяк, кадмий, диоксины, никель, эпихлоргидрин; 2 группа – 24 вещества: бензапирен, формальдегид, 1,3 бутадиен, акронилонитрил, дихлорметан, тетрахлорэтилен, бериллий, гексахлорин, гидразин, 1,2 дихлорэтан и др.). Бензапирен, бензол, формальдегид поступают в воздух с выхлопными газами автотранспорта. Производственные выбросы содержат кадмий, никель, хром, мышьяк, асбест, винилхлорид, диоксины.

2. «классические» вещества (наиболее распространенные и повсеместно в мире контролируемые поллютанты – пыль, диоксиды азота, оксид углерода, диоксид серы и озон);

3. тяжелые металлы (свинец, ртуть, марганец);

4. другие вещества (сероводород, сероуглерод, фтористые соединения, стирол (винилбензол), гидрохлорид, аммиак, метилмеркаптан, фенол, селен).

Для здоровья человека наиболее опасны токсические вещества.

К *стойким токсическим неорганическим* соединениям, опасным для здоровья человека относятся свинец, ртуть, кадмий, мышьяк.

К стойким органическим загрязнителям, согласно программе ООН по окружающей среде, относятся: восемь пестицидов (ДДТ, альдрин, дильдрин, эндрин, токсафен, хлордан, гептахлор, мирекс); полихлорированные бифенилы (ПХБ); диоксины; фураны; гексахлорбензол. Обсуждается вопрос о включении в этот список бензапирена.

Бензол поступает в окружающую среду со сточными водами и выбросами в атмосферу предприятий основного органического синтеза, производств нефтехимических, химико-фармацевтических, пластмасс, взрывчатых веществ, ионообменных смол, лаков, красок, искусственных кож и др., а также с выхлопными газами автотранспорта.

Формальдегид – поступает от металлургических и химических производств (в т.ч. полимерных), мебельных фабрик, автотранспорта. Находится и испаряется из лаков, строительных полимерных материалов, изоляции, облицовки стен, потолков, мебели.

Кадмий – поступает при производстве цветных металлов (цинка, кадмия, меди и свинца), а также чугуна, стали, фосфатных удобрений и цемента, сжигании топлива, отходов и осадков сточных вод, от истирания шин, выветривания и эрозии пластмассовых и металлопластмассовых изделий, красок, пигментов и клеящих материалов.

Винилхлорид – поступает от предприятий органического синтеза, производств полимерных материалов.

Мышьяк поступает в воздушный бассейн с выбросами медеплавильных и других металлургических предприятий.

Никель поступает с выбросами металлургических предприятий, горнодобывающих предприятий, энергоустановок, работающих на мазуте и угле.

Хром выбрасывается черной металлургией, хромовых соединений и кожевенных производств.

Диоксины – суперэкотоксиканты – не производятся промышленно, они образуются при производстве других химических веществ: при синтезе гексахлорфенолов, гербицидов и др., выбрасываются предприятиями органического синтеза, содержатся в хлорсодержащих средствах защиты растений, при производстве целлюлозы и бумаги, конденсаторов. Источниками диоксинов являются сточные воды предприятий целлюлозно-бумажной промышленности, металлообрабатывающей, электронной, радиопромышленности и др., использующих для обезжиривания хлорорганические растворители. Кроме того, диоксины попадают в атмосферу с выхлопными газами автотранспорта, при хлорировании питьевой воды, горении «техногенной» древесины, сжигании галоген содержащих и бытовых отходов и т.д. Диоксины способны влиять на репродуктивную систему.

В группу диоксиноподобных соединений входят суперэкотоксиканты – универсальные клеточные яды, поражающие все живое.

Свинец поступает с выбросами предприятий цветной металлургии и производства аккумуляторов.

Ртуть – выбрасываются предприятиями по производству ртуть содержащей аппаратуры, ртутные технологии.

Марганец – при добыче и переработке марганцевых руд, выплавке чугуна и стали, сплавов, при сварке и резке металлов.

Сероводород – выбросы целлюлозно-бумажных комбинатов, коксохимических, металлургических, нефте- и газоперерабатывающих, нефтехимических производств, заводов синтетических волокон.

Сероуглерод – с предприятий по производству искусственных волокон и с коксохимических заводов.

Фтористые соединения – источниками являются алюминиевые заводы, предприятия по производству минеральных удобрений.

Стирол (винилбензол) – с выбросами производств пластмасс, синтетического каучука, резинотехнических изделий, выхлопами автотранспорта.

Метилмеркаптан – с предприятий целлюлозно-бумажной промышленности.

Фенол – с металлургических и коксохимических заводов, производства фенолформальдегидных смол, клеев, различных пластиков, кожевенной и мебельной промышленности.

Селен – поступает при выплавке меди, производстве стекла, электронного оборудования.

К химическим факторам риска относятся *продукты питания и лекарственные препараты*.

До 40 % смертей от рака можно связать с питанием или приготовлением пищи. Пережаренные продукты содержат канцерогенные вещества, излишний жир стимулирует выработку гормонов, способствующих возникновению рака молочной железы, избыточное потребление соли приводит к появлению гипертонии.

В настоящее время вместо натуральных дорогих красителей, ароматизаторов, консервантов предпочтительно используются искусственные заменители, безопасность которых недостаточно изучена. Например, заменитель сахара – сахарин вызвал рак мочевого пузыря у подопытных крыс. В Канаде продажа сахарина запрещена.

Химические компоненты поступают в организм с овощами и фруктами, выращенными на нитратах. В качестве консервантов мяса и рыбы обычно применяют нитраты и нитриты. Они предотвращают рост бактерий, вызывающих пищевые отравления (например, ботулизм); придают мясу характерную розовую окраску и особый вкус. Нитриты, реагируя с гемоглобином, превращают его в метагемоглобин, не способный переносить кислород. При инактивации 70 % гемоглобина в крови – наступает смерть. Поэтому устанавливается предельное содержание нитритов в пищевых продуктах.

Но даже некоторые витамины (особенно А и Д) при передозировках могут накапливаться в организме до токсических уровней.

В результате постоянно накапливаемых загрязнителей в воде, почве, воздухе, растительных и животных организмах, снижаются адаптационные возможности человека. Они являются причинами хронических болезней: бронхитов, легочных болезней, эмфиземы, рака легких, аллергий. В местах с высокой степенью загрязненности рождаются «желтые» дети, страдающие врожденной желтухой. Выявлены новые болезни: «Минамата», вызванная отравлением ртути, «Итаи-итаи» – отравлением кадмием.

3. Физические факторы риска. К физическим воздействиям относятся различные излучения, шумы, климатические погодные условия и др. Большинство физических факторов внешней среды имеют электромагнитную природу.

Электромагнитный спектр включает много видов излучений: от микроволн до длинноволновых (рис.8.1, 8.2).

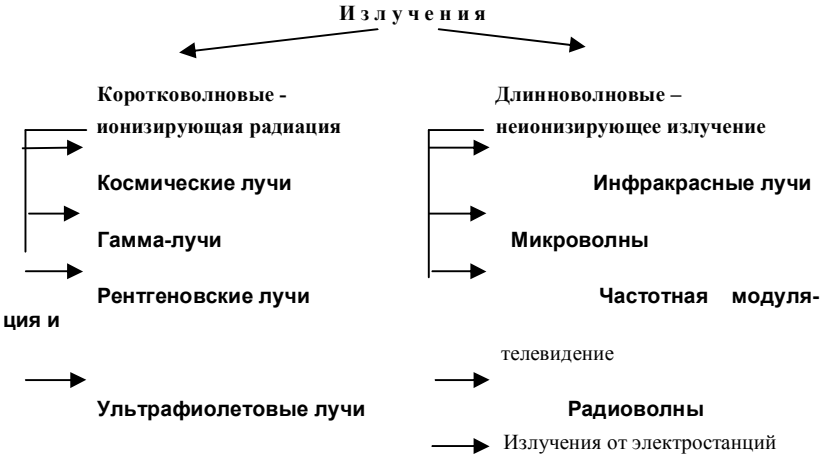


Рис. 8.1. Виды излучений

При радиационном поражении воздействуют короткие волны. *Коротковолновые* излучения известны как *ионизирующая радиация*.

Воздействие *длинных волн* (от ближних ультрафиолетовых до радиоволн) называют *неионизирующим излучением*.

Ионизирующее излучение состоит из рентгеновских лучей, гамма-лучей и космических лучей. Распад ядер радиоактивных элементов порождает ионизирующее излучение, состоящее из альфа-, бэтта- и гамма-лучей. Наиболее опасно гамма-излучение.

Доза облучения чаще всего измеряется в бэрах (бэр эквивалентен дозе в 1 рентген).

Естественный фон в США равен 100 – 150 миллибэр (мбэр) в год. На высоте более 3 км фоновые излучения больше – 160 мбэр. Средняя доза, получаемая при рентгене, оценивается в 90 мбэр в год.

Радиоактивные элементы аккумулируются в живых организмах и передаются по пищевым цепям.

О радиации смотри материал «Глобальные проблемы».

Неионизирующее излучение – микроволны, радиоволны и волны от линий электропередачи – могут вызывать тепловое повреждение тканей, разрушать клетки и провоцировать рак. Сегодня отсутствуют

эколого-гигиенические нормативы для защиты окружающей среды от возможного вредного действия этих полей.

Влияние шумов и звуков. Колебания большой частоты называют ультразвуком, а меньшей – инфразвуком. Громкие звуки называют шумом. Естественный шумовой фон (20 – 30 дБ) практически безвреден и даже приятен для человека (шелест листвы, журчание ручья, шум прибоя и др.) (табл. 8.1).

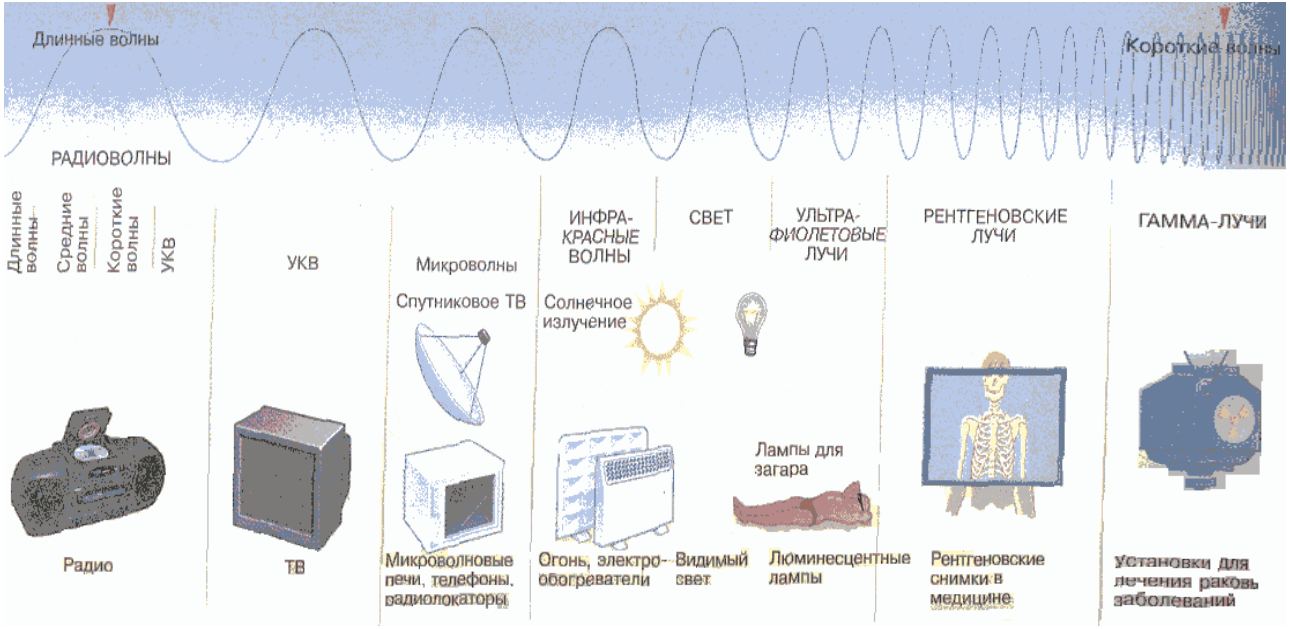


Рис.8.2. Виды электромагнитных волн

Таблица 8.1

Интенсивность шума от различных источников

Вызывает болевые ощущения	130	Реактивный самолет
Шумовое загрязнение	120	Громкая музыка
Шумовое загрязнение	110	Дробильная машина
Шумовое загрязнение	100	Автомобильная сирена
Шумовое загрязнение	90	Поезд метрополитена
Допустимый уровень шумов	80	Будильник
Допустимый уровень шумов	70	Пылесос
Допустимый уровень шумов	60	Шум машин на автостраде
Допустимый уровень шумов	50	Транспорт на городской улице
Допустимый уровень шумов	40	*Разговор*
Естественный шумовой фон	30	Шум морского прибоя
Естественный шумовой фон	20	**Журчание ручья**
Естественный шумовой фон	10	Шелест листвы

Допустимая граница громких звуков 80 дБ, болевые ощущения вызывают 130 дБ, а 150 дБ непереносимы. В средние века существовала казнь «под колоколом», гул которого мучил и медленно убивал человека.

Шум обладает аккумулирующим эффектом, т.е. акустические раздражения аккумулируются в организме и постепенно угнетают нервную систему, вызывая нервно-психические заболевания. Однако абсолютная тишина тоже может угнетать человека.

Природные ритмы и климат заметно влияют на здоровье людей. Работоспособность и эмоциональное состояние зависят от активности Солнца, фазы Луны и природных ритмов. Ритмические процессы в организме называются биоритмами. Центральное место занимают суточные ритмы. Изменения в суточных ритмах могут вызывать некоторые заболевания сердечно-сосудистой и нервной систем. действие лекарственных препаратов также различно в зависимости от времени суток. Открытие этих явлений породило новые направления в медицине – хронодиагностику, хронотерапию, хронофармакологию и др.

Установлено, что отрицательные ионы в атмосфере благоприятны для здоровья человека, а положительные – влияют отрицательно. Например, в воздухе после грозы много отрицательных ионов, так же как в воздухе около текущей воды. Поэтому такой воздух освежает и

бодрит. А в тесных помещениях с обилием электромагнитных приборов воздух насыщен положительными ионами. В этих условиях у людей наблюдается заторможенность, сонливость и головные боли. То же можно почувствовать в ветреную, пыльную и влажную погоду.

4. Добровольный риск. Помимо факторов окружающей среды, воздействие которых мало зависит от отдельного человека, существует так называемые факторы добровольного риска, которым люди подвергают себя в процессе курения, употребления наркотиков и алкоголя.

Курильщики добровольно отравляют себя. Так, при курении выделяется оксид углерода – угарный газ CO, который взаимодействует с гемоглобином крови, который связывает этот газ в 200 раз прочнее, чем кислород. Поэтому происходит кислородное голодание – недопоставка в ткани тела кислорода. Наличие в пище курильщика нитритов даже в допустимых дозах еще более снижает содержание кислорода, превращая гемоглобин в метгемоглобин, неспособный транспортировать кислород.

С дымом сигарет в легкие попадают никель, мышьяк, кадмий, свинец. Мышьяк и свинец раньше использовались как пестициды при выращивании табака. В почвах эти металлы остаются длительное время.

Серьезны проблемы с наркоманией и алкоголизмом. Известны последствия этих недугов. Еще более опасно исходное сырье, выращенное на гербицидах, последствия от попадания в организм которых приводит к необратимым последствиям. Так, например, плантации конопли и опийного мака производят с помощью гербицида параквата, содержание которого в некоторых наркотиках составляло 2 – 3 %. При таком уровне 1 – 3 сигареты марихуаны в день могут вызвать необратимое рубцевание легких.

Злоупотребление спиртными напитками оказывает пагубное влияние на здоровье и трудоспособность человека, сказывается на будущих поколениях людей, приводит к деградации личности.

Таким образом, в современном обществе главными доминирующими факторами риска являются: гиподинамия, переедание, вредные привычки, стрессы, загрязнение окружающей среды.

Негативное воздействие окружающей среды на человека проявляется в:

- нарушении биоритмов (сна) в результате появления искусственного освещения, продлевающего световой день и изменившего ритм жизни;
- рост онкозаболеваний;

- рост доли людей с избыточным весом (связано с перееданием, несбалансированным рационом и ритмом питания, низкой физической нагрузкой);
- рост рождаемости недоношенных детей (связан с нарушением в генетическом аппарате или плохой адаптацией к изменениям окружающей среды);
- высокий процент аллергии у людей (связано со снижением функций иммунной системы);
- акселерация (связан с улучшением условий жизни, возможно, изменением солнечной активности, электромагнитной насыщенностью от радио и телевидения и др. Так, рост современного человека на 10 см выше, чем 100 лет назад);
- рост близорукости;
- рост профессиональных заболеваний;
- курение, наркомания, алкоголизм и др.

8.4. Человек в экстремальных условиях

В процессе эволюции у человека выработались приспособления к определенным условиям гравитации, магнитного поля, излучений, климата (освещенности, влажности и др.), высоты над уровнем моря. Попадая в экстремальные условия, человек может адаптироваться к ним до определенных пределов. Закон оптимума применим также к виду Homo sapiens.

Экстремальные условия – крайние, опасные условия среды, к которым организм не имеет должных адаптаций.

Так, отклонения от давления, характерного для уровня моря, изменения парциального давления газов, участвующих в дыхании, высокий или низкий уровень солнечной радиации, отсутствие гравитации вызывают развитие ряда адаптивных признаков. В условиях невесомости организм человека приспосабливается к отсутствию гравитации, гидростатического давления крови.

Длительность пребывания в космосе зависит от возможности адаптаций к невесомости.

Для человека, как и для каждого вида живых существ, характерны адаптации к определенным оптимальным условиям.

Стресс и адаптации. В течение сравнительно короткого отрезка своей истории человечество прошло через периоды рабства, крепостного права, мировых войн, но при этом не деградировало, продемонстрировав высокую эффективность адаптации к экстремальным ситуа-

циям. Конечно, цена такой адаптации неоправданно высока, но факты неизбежно приводят к заключению, что организм обладает достаточно эффективными механизмами, *которые ограничивают стресс-реакцию и предупреждают повреждения организма.*

Адаптация включает две цепи явлений: увеличения функции системы и стресс-реакции.

Чрезмерная стресс-реакция может способствовать возникновению тяжелых неинфекционных заболеваний, которые современная медицина еще не умеет предотвращать.

Стрессовые условия – все условия жизни людей, вызывающие отрицательные эмоции и определенное напряжение некоторых или всех систем органов человека (страх, холод, голод, скученность, неуверенность в своем будущем и т.д.).

Отрицательные реакции – нарушения уравновешенных физиологических или психологических процессов, приводящие к физическим или психическим заболеваниям.

Адаптация человека к стрессовым ситуациям – процесс, в результате которого организм постепенно приобретает отсутствующую ранее устойчивость к определенным факторам среды и таким образом получает возможность жить в условиях, ранее не совместимых с жизнью, и решать задачи, ранее неразрешимые.

Стресс-реакция – открытая канадским биологом Г.Селье реакция, обозначенная им как «общий адаптивный синдром», не просто мобилизует ресурсы и вещества организма, но и обеспечивает направленную их передачу на решение новой жизненно важной задачи, выдвинутой средой.

Адаптивные приспособления человеческого организма разнообразны и достаточно велики. Так, человеческие сообщества успешно выживают в различных областях с температурой от –51 до +38 ^{o}C (Верхоянск и алжирский Судан). Многие исследователи считают критической для человека температуру между +28 и +29,5 ^{o}C.

8.5. Здоровый образ жизни

На рубеже XX и XX1 вв. природная среда теряет свои свойства, обезображиваются ландшафты, загрязняются воздух, вода, почвы, загрязнители накапливаются и циркулируют в окружающей среде, проявляя синергетический эффект по отношению к живым существам, включая человека.

Меняется образ жизни человека.

На протяжении многовековой эволюции важнейшие системы жизнеобеспечения организма человека формировались под влиянием тяжелого физического труда и недоедания. Ныне в жизни человека все более значимую роль играют факторы противоположного характера – недостаточная мускульная и двигательная активность (гиподинамия), нерациональное питание, психоэмоциональные перегрузки.

Наш современник испытывает постоянный моторно-висцеральный голод – недостаток импульсов, поступающих от интенсивно работающих мышц (моторные рефлексы) и внутренних органов (висцеральные рефлексы). Наша нервная система подвергается постоянной, усиливающейся год от года «бомбардировке» как здоровыми, возбуждающими эмоциями, так и отрицательными, даже болезненными.

Возрастает темп жизни, ускоряются сроки «износа» знаний, техники, «стареют» некоторые профессии, убыстряется развитие науки, культуры. Все это предъявляет повышенные требования к внутренним ресурсам человека, его физическому и психическому здоровью.

Человек должен организовать свой образ жизни, научиться быть здоровым и счастливым.

Таким образом, образ жизни человека определяется историческим временем, уровнем развития цивилизации, особенностями культуры, а также личными качествами – характером и волей. Образ жизни охватывает такие стороны жизнедеятельности человека, как труд, культура, общение, специфика питания и многое другое, например, здоровый образ жизни связан с умелым планированием семьи, т. к. вступление в брак предполагает определенный ритм половой жизни и возможность беременности женщины.

Человечество в биосфере. В настоящее время наблюдаются существенные изменения в естественных параметрах биосферы. Это происходит потому, что за последние десятилетия ускоренно развиваются экономика, материальное производство, сокращаются площади лесов и пахотных земель. Загрязнение окружающей среды происходит в невиданных ранее масштабах, осуществляется стремительное истощение природных ресурсов.

Необходимость всестороннего осмысления и гармонизации природопреобразующей деятельности общества предопределило *возникновение социальной экологии*. Она становится основой переориентации различных сфер деятельности человека, изменения их содержания.

9. ПРОБЛЕМЫ ЦИВИЛИЗАЦИИ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

- *Проблемы цивилизации;*
- *Глобальные экологические проблемы: угроза ядерной войны; энергетические проблемы; демографическая проблема; продовольственная проблема; глобальное загрязнение.*

9.1. Проблемы цивилизации

К общепланетарным проблемам мировой цивилизации относятся: бурный рост населения; проблема голода; обострение энергетического кризиса, нехватка продовольствия, нищета в слаборазвитых странах; эскалация этнических конфликтов и малые войны: экологические причины и следствия войн, военно-промышленный комплекс и среда обитания; возникновение эпидемий; разгул бандитизма и терроризма; религиозные конфликты; кризис культуры, нравственности, семьи; экологические проблемы регионального и глобального уровней.

Сегодня на первое место среди проблем, касающихся всех людей на Земле, вышли экологические проблемы, усугубляемые варварским использованием природных ресурсов, приводящим к деградации окружающей природной среды, ее интенсивному загрязнению. Остается угроза ядерной войны; энергетические проблемы (невозобновимость нефти, газа, угля; опасность ядерной энергетики; возобновляемые альтернативные источники энергии: солнечная, ветровая, океаническая, геотермальная, приливов и отливов, ветра, биомассы, водорода и др.); деградация наземных экосистем: почв, лесов (эрозия, опустынивание, засоление, вырубка); снижение биоразнообразия растительного и животного мира; проблема истощения природных ресурсов Земли; угрозы безопасности ноосферы: космические (астероидная и др.); техногенные; военные угрозы.

9.2. Глобальные экологические проблемы

9.2.1. Угроза ядерной войны



Угроза ядерной войны носит экологический характер. По мнению ученых, последствия ядерной войны – гибель всего живого, изменение климата, циркуляции воздушных и водных масс, состава атмосферы, деградация биосферы в целом. Охлаждение поверхности Земли приведет к «ядерной зиме», после которой наступит «ядерное лето» – стойкое повышение температуры, разрушение озонового слоя и шансов на выживание человеку не окажется.

9.2.2. Энергетические проблемы

К традиционным видам топлива относятся уголь, торф, нефть, древесина. Ископаемое топливо, по разным оценкам, в среднем иссякнет приблизительно через 150 лет, в том числе нефть – через 35 лет, газ – через 50 лет, уголь через 400 лет. Для освоения новых месторождений требуются технически совершенные и дорогостоящие технологии, позволяющие извлекать их из географически трудных и глубокозалегающих районов.

Причинами возникновения энергетической проблемы являются: неверные прогнозы 60-хг. XX века о том, что запасы горючего топлива достаточно большие, причем доступна лишь ¼ ее часть, кроме того не было создано эффективной технологии добычи; возлагались надежды на атомную энергетику (одной из проблем которой является то, что сырья U-235 всего 0,7 %, U-238 – неделящегося – 99,3 %; проблематичны захоронение отходов и аварии).

По происхождению энергоресурсы делятся на:

- первичные (естественные возобновляемые – солнце, ветер, геотермальные и невозобновляемые – нефть, газ, уголь, уран) и вторичные (искусственные).

Традиционная энергетика: нефть и газообразное топливо.

Основой современной энергетики являются нефть и газообразное топливо (рис.9.1), используемый на 60 % в развитых и на 40 % – в развивающихся странах.

Газообразное топливо является самым технологичным видом топлива.

Энергетический кризис начался в начале 70-х годов. Япония, Западная Европа, США, более всех зависимые от импорта топлива, уменьшили потребление энергии. Япония стала мировым лидером в области энергосберегающих технологий, использования альтернативных источников энергии, повышении эффективности ее использования

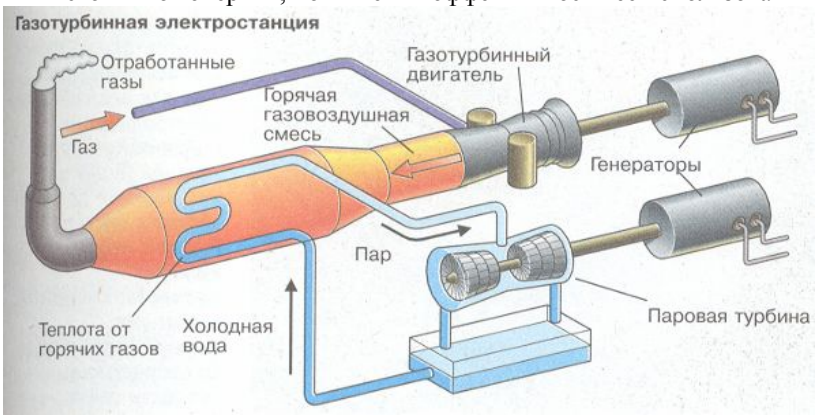


Рис.9.1. Электростанция, работающая на газе

Традиционная энергетика: уголь. Запасы наиболее распространенного на планете вида топлива – угля составляют 7 трлн.т. Запасы разведанных месторождений составляют 300 млрд.т., достаточны для использования в течение нескольких веков.

Лидерами угольной энергетики и главными загрязнителями атмосферы углеродом являются Китай, США, СНГ. В США в 2000 году построена ТЭС на угле с полной очисткой выбросов. На рисунке 9.2. показана принципиальная технологическая схема ТЭЦ, работающая на угле или нефти.

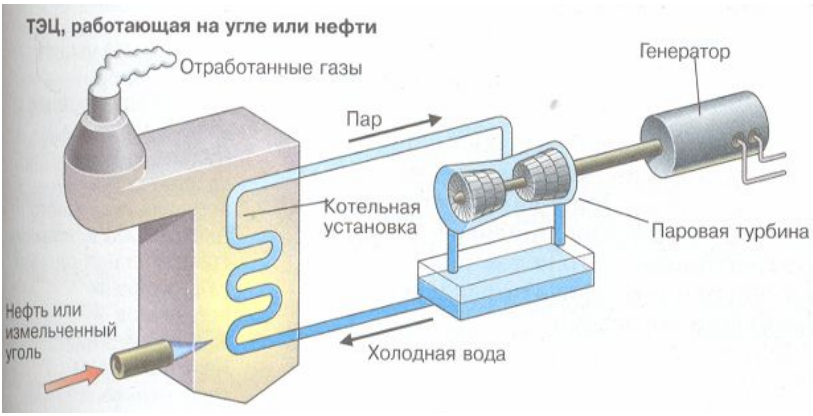


Рис. 9.2. ТЭЦ, работающая на угле или нефти

В ЮАР производится 3 млн.т. синтетического жидкого топлива, синтезированного из угля. Угольная промышленность стран СНГ заметно снизила темпы развития.

Сегодня электростанций, работающих на угле значительно больше, чем других видов станций. Хотя их нельзя причислить к экологически чистым, т.к. они образуют огромное количество твердых отходов – золы и шлаков, сточных вод, выбросов пылегазовой смеси, содержащей в составе значительное количество оксидов серы, азота, углерода и др.

Традиционная энергетика: биогаз. Новым способом получения горючего газа являются биохимические методы, позволяющие решать проблемы утилизации отходов. В Японии, например, используются установки по получению биогаза для отопления квартир из отходов животноводческих комплексов.

Альтернативные источники энергии. К альтернативным источникам энергии относятся: *водородная, ядерная, солнечная, ветровая, океаническая, геотермальная* и др., которые являются возобновляемыми.

Водородная энергетика. Разработаны различные химические методы разложения воды с получением искусственного водородного топлива, например, методом фотолиза воды. В больших количествах водород можно получать в атомных или термоядерных реакторах. При этом энергия атома пойдет не только для производства энергии, но и на разложение воды (рис.9.3).

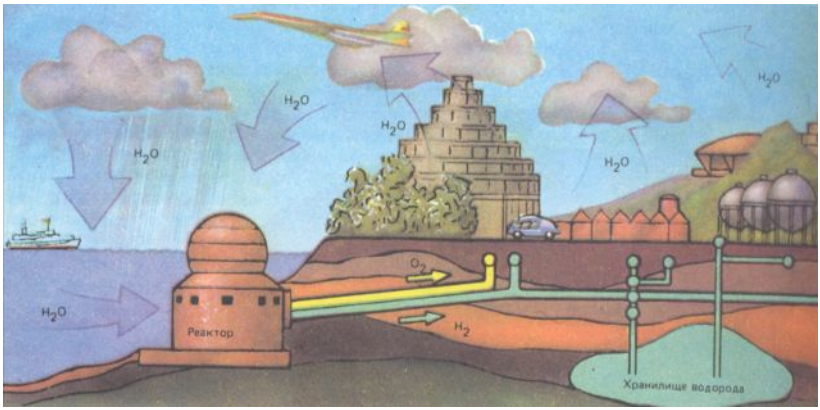


Рис. 9.3. Схема получения и хранения водородного топлива

Получаемый кислород и водород направят по трубам к потребителю, где искусственное горючее в газообразном, жидком или твердом виде будет распределяться на автомобили, тепловые электростанции, самолеты.

Одной из проблем метода является передача энергии на большие расстояния, а также немалые при этом потери энергии (20 %).

Преимущества водородной энергетики:

- экологически чистое топливо – при сгорании образуется вода;
- теплотворная способность водорода в 4 раза больше, чем у угля;
- ресурсы неограниченны;
- возможность использования ядерных реакторов для получения водорода.

Ядерная энергетика. Развитие этой отрасли снизилось после Чернобыльской аварии и дальнейшее развитие зависит от степени ее безопасности.

Авария на Чернобыльской АЭС является одной из глобальных по своим последствиям. Однако она является 27-ой в мире по мощности. Суммарный выброс радиоактивных продуктов в атмосферу оценивается в 77 кг (над Хиросимой выброшено 740 г радионуклидов в составе атомной бомбы). 70 % выброса попало на территорию Белоруссии. Загрязнены радионуклидами 100 тыс.кв.км европейской территории СНГ, также черноморское побережье Кавказа; особенно пострадали Польша, Румыния, Финляндия, Швеция, Венгрия, Австрия, Турция и др. Радионуклидами загрязнены бассейны Днепра, Дуная, Днестра, Волги, Дона.

В радиусе 30 км от реактора полностью прекращена деятельность человека. В пострадавших районах резко повысились заболеваемости анемией, онкологическими болезнями, сердечно-сосудистыми и инфекционными болезнями.

На рис. 9.4 показана принципиальная технологическая схема работы АЭС.

В настоящее время единственной страной, продолжающей активно развивать атомную энергетику, является Франция. Под давлением общественности Швейцария, Австрия и Италия отказались от дальнейшего развития атомной энергетики, не планируют строительство АЭС также Бельгия и Финляндия.

Весьма обманчиво мнение о том, что развитие атомной энергетики исключительно выгодно с экономической точки зрения. Приведем несколько цифр. Стоимость только одного подземного хранилища для высокоактивных радиоактивных отходов составляет свыше 13 млрд. долларов. На расчистку 17 объектов США по производству радиоактивных веществ потребуется не менее 110 млрд. долларов в течение 20 лет.

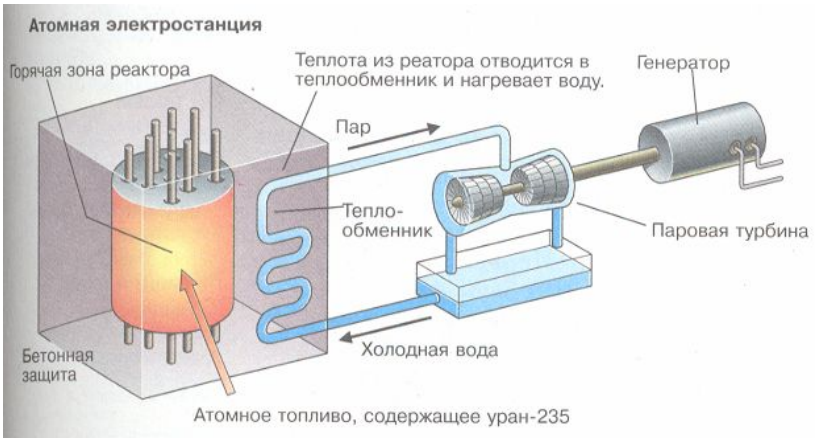


Рис.9.4. Атомная электростанция

Сегодня самый высокий уровень безопасности принадлежит крупнейшей в мире японской АЭС Фукусиме, построенной в сейсмоопасной зоне (до 10 баллов). Япония продолжает наращивать мощности АЭС (из 23 строящихся в мире в 1991 г. – 12 японских). Из стран Западной Европы продолжает внедрять АЭС Франция. Австрия не

ввела в строй единственную АЭС, Швеция закрыла 6 станций. Армянская АЭС находится в 25 км от Еревана в сейсмоопасной зоне и представляет большую угрозу. В настоящее время в мире 400 блоков АЭС, дающих 20 % всей энергии.

Энергия рек. Сегодня **ГЭС** нельзя назвать абсолютно экологически чистыми станциями, т.к. хотя они и не дают отходов, но при сооружении гигантских водохранилищ затапливаются огромные территории земель, наносится ущерб рыболовству. Самые мощные ГЭС – в Китае (13 млн.кВт), Бразилии (12,6 млн.кВт), в Венесуеле (10 млн.кВт). Средняя мощность Нурекской, Рогунской, Куйбышевской, Братской ГЭС – около 10 млн.кВт.

На рис. 9.5 представлена принципиальная технологическая схема работы ГЭС.

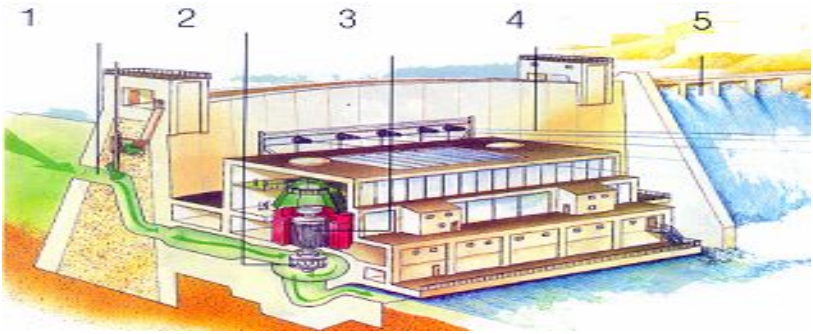


Рис. 9.5. Гидроэлектростанция:

1 – вода из водохранилища проходит через затвор;
2 – поток воды вращает турбины;
3 – турбины передают вращение генераторам,вырабатывающим электричество;
4 – электричество по проводам поступает потребителю;
5 – избыток воды сливают через холостой водосброс

Солнечная энергия считается абсолютно экологически чистой, однако сегодня этот альтернативный источник энергии экономически не оправдывается и является не совсем экологически чистым, т.к. отходы производства гелиотехники представляют экологическую опасность. Кроме того, для концентрации солнечной энергии необходимо множество зеркал в районах с сильной солнечной радиацией и большим количеством солнечных дней в году, расходуются металлические детали и кремний, требуется свободная площадь и традиционное топли-

во, т.е. стоимость гелиоустановок достаточно велика. Солнечная энергия применяется в бытовых водонагревателях, в калькуляторах, работающих на солнечных батареях и др. Самые крупные солнечные электростанции (СЭС) построены в Калифорнии (типовая мощность – 30 тыс.кВт). Одна станция может снабжать до 10 тыс. домов. СЭС функционируют в Испании, Италии, Израиле, Японии.

Энергия приливов. Современные технические и экономические возможности позволяют использовать пока далеко не все источники энергии. Практически начато освоение энергии приливов.

Самая большая в Мировом океане величина приливов (15 – 18 м) наблюдается в Атлантическом океане, в заливе Фанди, расположенном между материковой часть Северной Америки и полуостровом Новая Шотландия. Высокие приливы (12 – 13 м) зарегистрированы в Тихом океане, в Пенжинском заливе Охотского моря. Величины приливов 7–10 м отмечаются в Мезенском заливе Белого моря и Кольском заливе Баренцева моря.

К настоящему времени предложено около 300 различных технических проектов строительства *приливных электростанций* (**ПЭС**). Наиболее рациональным и экономически эффективным решением специалисты считают применение ПЭС поворотно-лопастной (обратимой) турбины. Идея ее создания еще в 1946 г. была предложена советским ученым Л.Б.Бернштейном. Впервые в практике мировой энергетики такие турбины (погруженные или капсульные) были созданы во Франции в конце 50-х годов. Первая в мире ПЭС мощностью 240 тыс.кВт построена и введена в действие в 1967 г. во Франции. Она расположена на берегу Ла-Манша в Бретани, в устье реки Ранс, где высота прилива достигает 13,5 м. Ширина реки здесь 750 м. Плотина ПЭС находится между мысом Ла-Бреби и мысом Брианте с опорой на островок Шалибер. В теле плотины находятся 24 капсульных агрегата мощностью по 10000 кВт каждый. Выработка электроэнергии в «пиковый час» достигает 540 тыс.кВт/час (средняя мощность 240 тыс.кВт).

В Росси и ПЭС действует на Кольском полуострове неподалеку от Мурманска, в губе Кислой. Это экспериментальная Кислогубская ПЭС мощностью 400 кВт. Первый ток она дала в 1968 г., а в 1970 г. была подключена к Кольской энергосистеме, однако пока она остается опытной.

В 1973 г. во Франции начала проектироваться ПЭС в заливе Монт-Сель-Мишель мощностью 10 млн. кВт. В Англии возобновились работы по проектированию ПЭС в эстуарии реки Северн, впадающей в Бристольский залив. Американские и канадские специалисты спроектиро-

вали ПЭС мощностью около 1 млн. кВт в заливе Фанди для использования ее электроэнергии в обеих государствах.

Энергия морских волн. У волн с периодом в 5 с сила равна 12 т, а при периоде 10 с – почти 19 т по американским данным, общая мощность волн Мирового океана равна 90 млрд. кВт. Пока энергия волн используется для получения энергии на установках малой мощности: для работы маяков, буев, сигнальных морских огней, удаленных от берега стационарных океанологических приборов и т.п. Такое использование энергии волн широко используется в Японии, где более 300 буев, маяков.

В прибрежных водах Норвегии сооружена первая энергетическая установка, использующая мощную силу морского прибоя. Опытная волновая электростанция построена норвежской фирмой «Квернер Брюгс».

Тепловая энергия Земли. *Гидротермальные электростанции* (**ГТЭС**) работают в США, Филиппинах, Мексике, Италии, Японии. (общая мощность 6 млн.кВт).

Ветровая энергия. Ветряные электростанции построены в Дании, Калифорнии, Индии, Греции, Китае, Нидерландах, Швеции.

В качестве экологически чистого топлива и, главным образом, в связи с дефицитом нефти, в Бразилии применяется бензоспирт, получаемый из сахарного тростника и бензина, в США из кукурузы и бензина.

В настоящее время экологические проблемы решаются на основе:

- поиска новых запасов топлива (в первую очередь, разведка нефтяных месторождений);
- совершенствования использования всех видов энергии, повышение КПД энергоустановок (до 40 % паровых и газовых турбин);
- изыскания и освоения новых источников энергии, могущих заменить нефть и газ.

Реально либо развитие атомной энергетики при условии повышения безопасности, либо резкое увеличение потребления твердого топлива, запасы которого на несколько порядков выше, чем нефти и газа.

9.2.3. Демографическая проблема

Сегодня численность населения мира достигла 6 млрд. человек. Численность населения мира за последние 2000 лет изменялась согласно рис. 9.6.

Численность населения мира в XX веке, млн.: 1900–1550; 1930–2070; 1960–3003; 1990–5300; 1996–5700.

Знаменитая диаграмма «Полон ли бокал?» из «Курьера ЮНЕСКО» 1974 г. прогнозировала, что с 1970 г., когда людей на земле было 3,6 млрд, начинается демографический «взрыв» – в 2000 г. нас будет 6,5 млрд. а в 2010 – 7,6 млрд., в 2020 – 8,7; в 2030 – 9,7; в 2040 – 10,6; в 2050 – 11,2; в 2070 – 12,0; и до 2120 г. – продержится до 12,3 млрд. человек, причем площадь Земли останется неизменной. Современная диаграмма численности населения мира, представленная на рис. 9.6, показывает численность людей в 2000 г. около 6 млрд. На сегодняшний день нас 6 млрд. человек.

Структура населения северных и южных стран различается. На юге много молодежи, половину населения составляют люди в возрасте 25 – 30 лет. На севере рождается меньше детей, молодежь чаще умирает, поэтому число людей во всех возрастных группах примерно одинаковое.

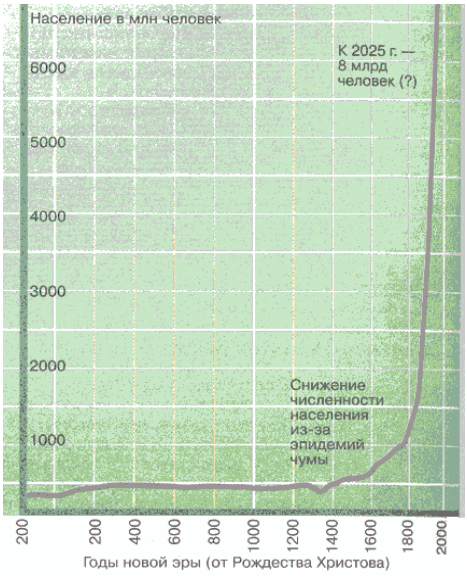


Рис. 9.6. Численность населения мира за последние 2000 лет

В северных странах больше пожилых людей. В Китае живет больше людей, чем в какой-либо другой стране мира, - более 1,2 млрд. человек. В 80-е г. XX века китайским семьям позволялось иметь только по одному ребенку, в Индии – двух. На карте мира (рис. 9.6) показано, как распределено население Земли. Размер каждой страны соответствует числу живущих в ней людей, а не площади, которую занимает страна.

В бедных странах темп роста населения продолжает увеличиваться. Рекордсменом является Африка, где ежегодно прирост составляет 2,8 % (в 3 раза выше, чем в США). В Индостане–2,5 %, на Ближнем Востоке – 2,0 % в год. Бурный рост населения сопровож-

дается нищетой, голодом, болезнями, неграмотностью, что может привести к социальным и политическим взрывам.

К 2025 г. население слаборазвитых стран составит 84 % всех жителей Земли, сейчас эта цифра – 68 %. Ожидается увеличение числа мусульман с 800млн. в 1980 г до 4,4 млрд. – в 2010 г., а число христиан увеличится всего с 1,4 до 2,2 млрд. человек. Больше будет городского населения. Из 5 самых крупных городов мира 3 будут находиться в странах «третьего мира»: Мехико (более 18 млн.человек), Сан-Паулу и Калькутта. Такой демографический взрыв приведет к «трущобной урбанизации».

Существует несколько прогнозов дальнейшего изменения численности населения Земли.

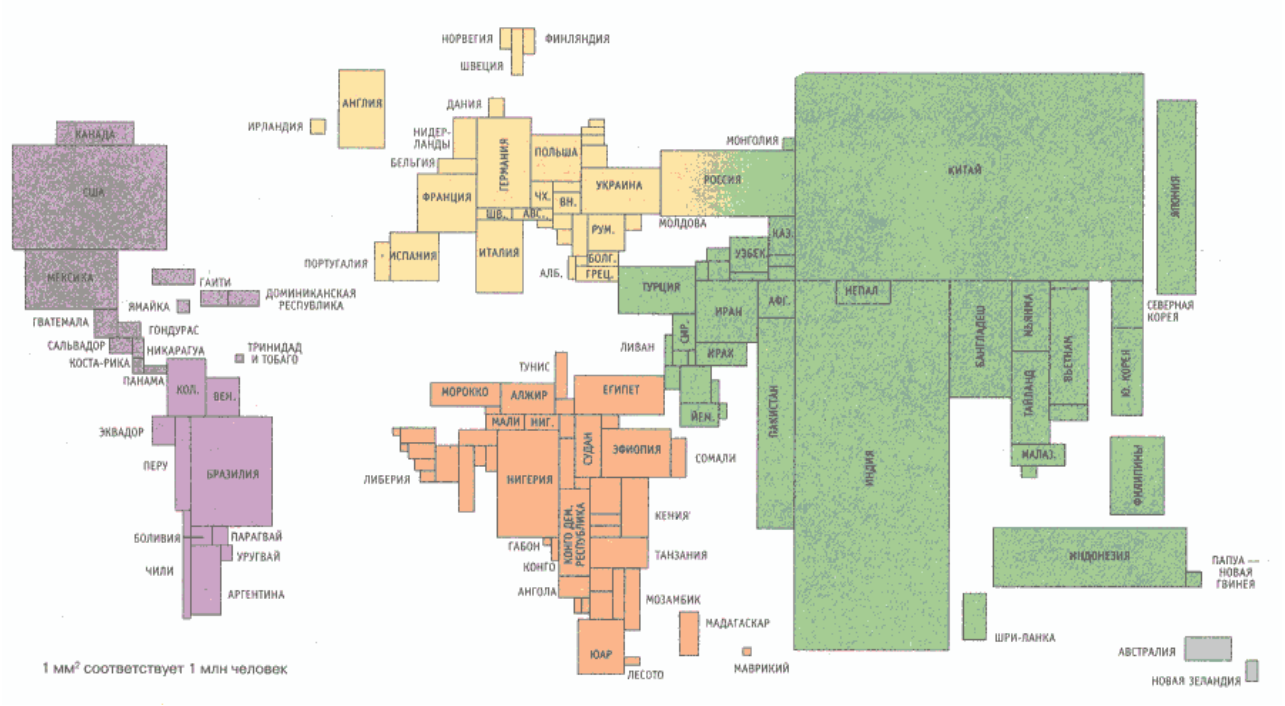


Рис. 9.6. Распределение населения Земли по числу живущих в стране

Первый вариант – неустойчивое развитие – к концу XXI в. возможен рост численности до 28 – 30 млрд.человек. В этих условиях Земля уже не сможет (при современном состоянии технологий) обеспечивать население достаточным питанием и одеждой. Начнутся голод, массовые заболевания, большаядетская смертность, резкое уменьшение численности населения. Такие процессы наблюдаются в настоящее время в экологически неблагоприятных регионах.

Второй вариант – устойчивое развитие – для нормального развития общества при современном уровне развития техники и технологий численность населения необходимо стабилизировать на уровне 10 млрд. человек.

По данным Международного Банка Реконструкции и Развития (МБРР), сократить рождаемость можно разумными социальными преобразованиями: поднятием жизненного уровня, улучшением социального обеспечения, повышением уровня образования и грамотности населения.

9.2.4. Продовольственная проблема

Проблема голода неизбежно связана с прогрессирующим ростом населения. Голодают страны Африки, Азии, Латинской Америки. По данным ООН голодающих на Земле 500 млн. человек, по мнению МБРР – более 1 млрд. человек. По данным ВОЗ около 50 % детской смертности (до 5 лет) в Латинской Америке связано с плохим питанием, в частности нехваткой животных белков.

Голод может наступать также в результате климатических катастроф (неурожая, наводнений, засухи). В истории человечества голодные периоды были обычным явлением начиная с семилетнего голода в Египте, описанного в Библии, и до нехватки пищи в африканских странах в конце XX в.

9.2.5. Глобальное загрязнение

Специфика угрозы глобального экологического коллапса заключается не только в недостатке продуктов питания, в исчерпании природных ресурсов, известных давно, но в усиливающемся загрязнении природной среды.

Проблеме глобального загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы посвящена отдельная 10 г.

10. ГЛОБАЛЬНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ БИОСФЕРЫ

- *Виды загрязнения биосферы;*
- *Ксенобиотики. Экотоксиканты. Суперэкотоксиканты;*
- *Глобальное загрязнение гидросферы: загрязнение Мирового океана; эвтрофикация водоемов; кислотные осадки;*
- *Глобальное загрязнение атмосферы: озоновые дыры; аэрозоли. Смог; «Парниковый эффект»;*
- *Глобальное загрязнение литосферы: деградация почвы; деградация лесов; деградация растительного и животного мира;*
- *Перестройка пирамиды жизни.*

10.1. Виды загрязнения биосферы

Загрязнение – привнесение в окружающую среду или возникновение в ней новых, обычно не характерных физико-химических и биологических веществ, агентов, оказывающих вредные воздействия на природные экосистемы и человека. Уровень загрязнений контролируется различными нормативами: ПДК, ПДС, ПДВ.

Выделяют: естественное загрязнение (извержение вулканов, лесные пожары, выветривание и пр.) – без какого-либо влияния человека; антропогенное – являющееся результатом деятельности человека).

Загрязнения делятся на следующие типы: физическое, химическое, биологическое (рис. 9.7).



ФИЗИЧЕСКОЕ	ХИМИЧЕСКОЕ	БИОЛОГИЧЕСКОЕ
тепловое	аэрозоли	биотическое (биогенное)
шумовое	хим. вещества	микробиологическое
электромагнитное	тяжелые металлы	генная инженерия
световое	пестициды (ядохимикаты)	
радиоактивное	пластмассы	
	СПАВ	

Рис. 10.1. Основные типы загрязнения окружающей среды

Физическое загрязнение связано с изменением физических, температурно-энергетических, волновых и радиационных параметров

внешней среды. Источниками теплового загрязнения являются: подземные газопроводы промпредприятий (140 – 160 ºС), теплотрассы (50 – 150 ºС), сборные коллекторы и коммуникации (35 – 45 ºС) и т.д. Это воздействие шума и электромагнитное излучение (высоковольтные линии элетропередач, электроподстанции, антенны радио- и телепередающих станций, микроволновые печи, компьютеры и радиотелефоны).

Биологическое загрязнение – случайное или связанное с деятельностью человека проникновение в экосистемы чуждых им растений, животных и микроорганизмов. Особенно загрязняют предприятия, производящие антибиотики, ферменты, вакцины, сыворотки, кормовой белок, биоконцентраты и др., т.е. предприятия промышленного биосинтеза, в выбросах которого присутствуют живые клетки микроорганизмов.



Химическое загрязнение – увеличение количества химических компонентов определенной среды, не свойственных ей или в концентрациях, превышающих норму. Наиболее опасным для экосистем и человека является химическое загрязнение различными токсикантами (аэрозоли, химические вещества, тяжелые металлы, пестициды, пластмассы, детергенты и др.). Многие химические вещества обладают канцерогенными (канцерогеном может быть вещество-химикат, физический агент-радиация или биологические организмы-вирусы, способствующие возникновению или развитию злокачественных – раковых новообразований. Большинство канцерогенов антропогенного происхождения) с мутагенными свойствами (мутация – изменения в генетическом материале организма, способные передаваться по наследству и выражающиеся внешне в изменении физиологических, морфологических и других признаков). Среди канцерогенов опасны 200 наименований (согласно ЮНЕСКО): бензол, асбест, бенз(а)пирен, пестициды (ДДТ, элдрин, линдан и др.), тяжелые металлы (особенно ртуть, свинец, кадмий), разнообразные красители и пищевые добавки класса Е.

Среди десяти наиболее опасных веществ и факторов воздействия можно назвать тяжелые металлы (Zn, Cu, Mn, Hg, Co, Mo, Pb, Cd, As и

др.), летучие органические соединения, формальдегид, пестициды, побочные продукты сгорания (CO, CO_2, NO_2, SO_2 и др.), пыль, асбест, бактерии, недостаток солнечного света, радиацию.

10.2. Ксенобиотики. Экотоксиканты. Суперэкотоксиканты.

Ксенобиотики. ***Особую опасность для живых организмов представляют вещества, являющиеся чужеродными для них, это такие ксенобиотики, как свинец, ртуть, кадмий, никель, радионуклиды, нефть и нефтепродукты, персис- тентные пестициды и гербициды типа ДДТ, 2,4,5–Т пентахлорфенола, полихлорированные бифенилы, ПАВ, токсичные отходы химических, металлургических и др. предприятий. Все эти вещества являются экотоксикантами.***

Экотоксиканты ***– вредные химические вещества, загрязняющие окружающую среду и отравляющие находящиеся в ней живые организмы. Основными источниками поступления их в среду являются: предприятия химической, нефтеперерабатывающей, металлургической, деревообрабатывающей, топливной и других отраслей; различные виды транспорта (особенно автомобильный); ТЭЦ; сельскохозяйственное производство (минеральные удобрения, пестициды); АЭС. Последствия дозированного воздействия токсиканта или сочетания их, вносимых в реальные экосистемы, изучает экотоксикология – наука, возникшая на стыке экологии и токсикологии. Экотоксиканты оказывают поражающее действие:*** **канцерогенное, мутагенное, эмбритоксическое, иммунодепрессивное, тератогенное.**

Канцероген – вещество (химикат), физический агент (радиация) или биологические организмы (вирусы), способствующие возникновению или развитию злокачественных новообразований. Большинство канцерогенов антропогенного происхождения (в 1990 г их число со-

ставило 237 веществ), это асбест, мышьяк, бензол, винилхлорид, сажа, вар, деготь, нефтяные сланцы, оксид кадмия, афлатоксины и др.

Мутаген – любой агент или фактор, вызывающий мутацию – изменения в генетическом материале организма, способные передаваться по наследству и выражающиеся внешне в изменении физиологических, морфологических и других признаков.

Тератоген – вещество, при воздействии на организм вызывающее возникновение уродств и других аномалий в его развитии.

К наиболее главным загрязнителям биосферы относят *10 экотоксикантов*: *углекислый газ, окись углерода (угарный газ), сернистый газ, оксиды азота, фосфаты, ртуть, свинец, нефть, ДДТ и другие пестициды, радиация.*

1. *Углекислый газ* CO_2 – нетоксичный газ, выделяемый в воздух всеми живыми существами, а растения даже усваивают его в процессе фотосинтеза. Образуется при сгорании всех видов топлива, пожарах, производстве цемента и т.п. Увеличение его содержания в атмосфере приводит к повышению ее температуры – потеплению климата (парниковый эффект). Нормальное содержание CO_2 в атмосфере составляет 0,03 – 0,04 %. При концентрации CO_2 5 % в помещении, у человека появляется повышенная утомляемость, повышается угроза удушья.

2. *Оксид углерода – CO* – угарный газ представляет серьезную экологическую опасность – очень ядовитый газ, без цвета и вкуса, с очень слабым запахом чеснока. Летальный исход для человека может наступить при 10-минутном вдыхании воздуха, содержащего 5,7 г/м^3.

Ядовитость CO обусловлена тем, что этот оксид соединяется с гемоглобином крови, в результате чего кровь не способна переносить достаточное количество кислорода из легких к тканям. Сродство гемоглобина к оксиду углерода CO гораздо больше, чем к кислороду. Из воздуха кровь поглощает CO_2 и CO в равных количествах. Поэтому ничтожная концентрация CO снижает способность крови воспринимать кислород и тем самым вызывает удушье. При вдыхании чистого воздуха или чистого кислорода, CO постепенно удаляется из крови. Угарный газ CO образуется в тех процессах, где существуют условия для неполного сгорания веществ, содержащих углерод, а также при взаимодействии CO_2 с раскаленным углем:

$2C_2H_4 + 5O_2 = 2CO_2 + 2CO + 4H_2O$ (при недостатке кислорода),

$C + CO_2 = 2CO$.

В городах основной поставщик CO в атмосферу является автомобильный транспорт.

Максимальное выделение CO при работе двигателей внутреннего сгорания автомобилей приходится на режим холостого хода. Для уменьшения токсичных выбросов в выхлопных газах необходима организация безостановочного движе-ния с высокой скоростью путем строительства подземных переходов, увеличе-ния времени работы зеленого сигнала светофора на более загруженных дорогах и т.д. Значительно снижается выброс CO (до 10 раз) и повышается КПД при применении газового топлива (метан, этан, пропан), а также смесей жидких (бензин + метанол), жидкого и газообразного (водород + бензин) топлива.

В настоящее время каталитическая очистка выхлопных газов автотранспорта признана во всем мире. Она предполагает окисление CO и углеводородов до CO_2. В качестве катализаторов используются различные композиции на основе оксидов металлов (и, прежде всего оксида алюминия), содержащие небольшие количества благородных металлов (Pt, Pd, Rh и др.).

3. *Сернистый газ (SO_2)* выделяется при сжигании топлива, переработке сырья металлургической и химической промышленности. Вызывает кислотные осадки, участвует в смогообразовании.

4. *Оксиды азота* образуются при взаимодействии молекулярного азота воздуха с кислорода в результате горячих выбросов ТЭЦ, запусках ракет, полетах реактивных самолетов. Они создают смог, являются причиной кислотных осадков, вызывают респираторные заболевания и бронхит у новорожденных и малышей. Способствуют чрезмерному разрастанию водной растительности (эвтрофикации).

5. *Фосфаты* содержатся в удобрениях, детергентах (синтетических моющих средствах), загрязняя почвы, водотоки и водоемы, приводят к эвтрофированию водоемов.

6. *Ртуть* – один из опасных загрязнителей пищевых продуктов, особенно морского происхождения. Накапливается в организме и вредно действует на нервную систему.

7. *Свинец* в виде тетраэтилсвинца добавляется в бензин в качестве антидетонатора. Накапливаясь в организме, действует на ферментные системы и обмен веществ в живых клетках.

8. *Нефть* загрязняет почвы, реки, Мировой океан, вызывая гибель планктонных организмов, рыбы, морских птиц и млекопитающих. Ежегодно в Мировой океан попадает от 1,7 до 8,8 млн.т нефти. Сточные воды нефтепере-рабатывающих фабрик содержат нефть, нефтепродукты, фенолы, сернистые соединения и др. Большую опасность представляет сжигание мазута, при котором выделяется ядовитый пен-

таоксид ванадия. С экологической точки зрения сжигание мазута необходимо прекратить.

9. *ДДТ и другие пестициды* – ядохимикаты (применяемые для уничтожения насекомых, как оказалось, не только вредных, но и полезных) очень токсичны для ракообразных, убивают рыбу и организмы, служащие кормом для рыб. Многие являются канцерогенами, мутагенами.

ДДТ (гезорал, или дуст). За открытие инсектицидных свойств Паулю Мюллеру была присуждена Нобелевская премия в области физиологии и медицины. Казалось, что ДДТ принес человечеству долгожданное освобождение от малярии, желтой лихорадки, эпидемий тифа; во время второй мировой войны ДДТ использовался для борьбы с платяными вшами, после войны – в борьбе за урожай. Позже стало ясно, что результаты плачевны. ДДТ стали находить в жировой ткани человека. Считалось, что он нейтрализуется в ней и не опасен. Однако депонированный в жире ДДТ при голодании попадает в кровь. Пестициды, которые широко применялись в прошлом (ДДТ, диэлдрин, паратион), теперь усиливают размножение колорадского жука и паутинного клещика.

10. *Радиация*. В настоящее время радиационный фон планеты складывается из естественного фона и искусственного, связанного с деятельностью человека. Естественную радиацию образуют космическая радиация и радиоактивные элементы, содержащиеся в земных породах, в строительных материалах, в пище (земная радиация).

Естественные радионуклиды подразделяются на три группы:

1 группа – радиоактивные элементы, все изотопы которых радиоактивны: уран-238, торий-232, радий-226, радон-222 и 220;

2 группа – изотопы обычных элементов, обладающие радиоактивными свойствами: калий-40, рубидий-87, кальций-48, цирконий-96 и др.

3 группа – радиоактивные изотопы, образующиеся в атмосфере под действие космических лучей: тритий-3, бериллий-7 и 10, углерод-14.

Характеристика наиболее важных радиоактивных веществ представлена в таблице 10.1

Таблица 10.1

Характеристика радиоактивных веществ

Элемент	Период полураспада	Вид излучения	Элемент	Период полураспада	Вид излучения
C^{14}	5568 лет	β	Sr^{90}	28 лет	β
K^{42}	12,4 часа	β, γ	Cs^{137}	33 года	γ
Zn^{65}	250 суток	β, γ	Pu^{239}	$2{,}4 * 10^4$	α, γ

I^{131}	8 суток	β, γ	Co^{60}	5,27 лет	β, γ

Искусственная радиоактивность обусловлена поступлением в биосферу радиоактивных изотопов, образующихся в результате атомных и термоядерных взрывов, в виде отходов атомной промышленности или в результате аварий на атомных предприятиях. Часто искусственное радиоактивное загрязнение биосферы вызывают изотопы урана-235 и 238, плутония-239, йода-129 и 131, церия-144, бария-140, стронция-90, цезия-137 и др. В экологическом отношении наибольшую опасность представляют высокоизлучаемые стронций-90 и цезий-137 с длительным периодом полураспада 28 и 33 г/ соответственно. Эти изотопы легко вступают в биологический круговорот и цепи питания. Так, цезий по химическим свойствам близок к калию и потому легко вступает в реакции живых клеток организма, стронций близок к кальцию и входит в состав костных тканей.

Искусственные радионуклиды накапливаются в верхнем слое почвы (до 80 – 90 %), так, на целине – в слое 0 – 10 см, на пашне – в пахотном горизонте. Гумусные почвы с тяжелым грансоставом накапливают изотопы больше других видов почв. По степени подвижности в почвах радионуклиды образуют ряд

$$Sr^{90} > Ru^{106} > Cs^{137} > Ce^{144} > I^{129} > Pu^{239}.$$

Основная доля эквивалентной дозы от искусственных источников, воздействующих на человека, приходится на медицинские обследования с целью диагностики и лечения. Затем следуют ядерные испытания, радиоактивные отходы и атомные электростанции. На карте мира (рис. 10.2) показаны места захоронения радиоактивных отходов, которые становятся потенциальными источниками загрязнения радиацией, т.к. в агрессивной морской воде захороненные контейнеры со временем корродируют и возникают утечки.



Рис. 10.2. Места захоронения радиоактивных отходов

Наблюдаются так называемые «красные» приливы, содержащие огромное количество мелких морских животных, погибших, по мнению экологов, в результате радиационного облучения. Морские растения и животные являются активными переносчиками радиации, т.к. перенос ее осуществляется по пищевой цепи и в результате миграции животных на большие расстояния.

На процесс поглощения и накопления радиоактивных изотопов живыми организмами влияют многие факторы:

1. *природа радиоактивных элементов* (наибольшее значение имеют изотопы с длинным периодом полураспада и особенно те, которые накапливаются в тканях: стронций-90 и йод-132 в щитовидной железе);

2. *значение коэффициента концентрации радиоактивных элементов* (который представляет отношение радиоактивного элемента в организме к его количеству в окружающей среде и изменяется от 1 до 200 и более). Поэтому организмы, накапливая радиоактивные элементы сами становятся токсичными.

3. *содержание в окружающей среде элементов-антагонистов* (в пищевых цепях радиоизотопы могут вступать в конкурентные отношения с другими химическими элементами, поэтому чем меньше содержание таких элементов в окружающей среде, тем более опасны изотопы. Например, в бедной экосистеме накапливание изотопов в организме животных больше, чем в более богатой экосистеме.

4. *вид и возраст организмов.* Микроорганизмы более чувствительны к α-лучам и β-лучам, а крупные организмы – к γ-лучам. По степени устойчивости к радиации живые организмы образуют ряд: бактерии > насекомые > млекопитающие. Молодые особи более чувствительны к радиации, чем старые.

Скорость самоочищения биосферы от радиоизотопов зависит от скоростей их радиоактивного распада. Период полураспада радиоактивного изотопа – время, необходимое для распада половины количества его атомов.

Суперэкотоксиканты. В последнее время в отдельную группу выделены особо опасные вещества *суперэкотоксиканты*, отличающиеся от обычных токсикантов тем, что их токсичное действие проявляется в чрезвычайно низких концентрациях, измеряемых не в мг/кг веса организма, а в мкг/кг или даже нг/кг. В эту группу входят полихлорированные дибензо-пара-диоксины, дибензофураты. Они биодоступны, аккумулируются в органах дыхания, почках, щитовидной железе, печени. Многие из них обладают (кумулятивностью) хроническим токсическим действием, скрытым, незаметным, после накопления токсической дозы наступает необратимое поражение.

Из суперэкотоксикантов известны 75 различных соединений, называемых *диоксинами*. Наиболее активное из них – 2,3,7,8-тетрахлордибензо-N-диоксин – образуется при горении искусственных органических материалов в качестве примеси некоторых химических производств, а также входит в состав дефолиантов. Диоксин – смертоносный яд, который в тысячи раз сильнее цианистого калия. Он поражает все организмы – от бактерий до человека. Диоксин более ядовит, чем все известные в настоящее время газы нервно-паралитического действия. Диоксин и его соединения входят составной частью в ряд гербицидов или образуются при их приготовлении, а также являются промежуточным веществом синтеза при приготовлении дезодорантов и встречаются в отходах ряда производств. Диоксин стойкий, может сохраняться более 20 лет. Так, во Вьетнаме было применено 100 тыс. т высокотоксичных веществ. Эйхлер пишет, что если бы 100 мл диоксина попало в систему питьевого водоснабжения Нью–Йорка, этого было бы достаточно, чтобы уничтожить все 8-миллионное население города. Над Вьетнамом было распылено около 5 т диоксина. Последствия до сих пор сказываются на детях вьетнамцев и американцев, участвовавших в войне (уродства, мертворождение, бесплодие).

10.3. Глобальное загрязнение гидросферы

Загрязнение окружающей среды носит трансграничный характер. Распространение и поражение загрязняющими веществами не знает ни границ в воздухе, воде, почве, ни отдельных государств.

Огромное количество вредных веществ поступает в реки, озера, океаны, подземные воды, метеоосадки.

10.3.1. Загрязнение Мирового океана

Мировой океан интенсивно загрязняется нефтяными углеводородами, биогенными компонентами, пестицидами, тяжелыми металлами, радионуклидами. Основные пути попадания загрязняющих веществ – это прямой сброс, поступление токсикантов с речным стоком и из атмосферного воздуха, в результате уничтожения отходов в море, а также морским транспортом и во время аварий танкеров. Особую опасность представляет нефтяное загрязнение морей и океанов; 20 – 30 % поверхности Мирового океана покрыто нефтяными пленками.

Все чаще наблюдается бурное цветение водорослями в результате загрязнения вод. Этот феномен получил название «красные приливы».

Особенно интенсивно происходит загрязнение при захоронении радиоактивных отходов на дне морей и океанов, испытаниях ядерного оружия, авариях на АЭС, судах с атомными реакторами. Наиболее опасны радионуклиды цезия-137, стронция-90, церия-144, иттрия-91, ниобия-95, обладающие высокой био-аккумулирующей способностью. Они переходят по пищевым цепям и концент-рируются в морских организмах высших трофических уровней, создавая опас-ность человеку. Семипалатинский полигон, авария на Чернобыльской АЭС имеет глобальные последствия. Загрязнены воздух, вода, почва.



10.3.2. Эвтрофикация водоемов

Эвтрофикация – повышение первичной продуктивности водоемов в результате накопления в воде биогенных элементов,

главным образом, азота и фосфора, а также углерода (рис. 10.3). Этот естественный процесс может быть ускорен антропогенной деятельностью. Биогенные компоненты поступают в водные экосистемы как водным, так и воздушным путем.

Основными причинами эвтрофикации водоемов являются: эрозия почвы; применение в сельском хозяйстве минеральных удобрений; использование фосфорсодержащих детергентов (поверхностно-активных синтетических веществ, используемых в быту и промышленности как моющие средства и эмульгаторы; одна из основных групп веществ, загрязняющих водоемы, т.к. с трудом подвергаются разложению микроорганизмами); отходы животноводства; выбросы в атмосферу, приводящие к образованию кислотных осадков и т.д. Органическое загрязнение, обусловленное деятельностью человека, называется культурной эвтрофикацией – обогащением.

Рис.10.3. Эвтрофированный водоем

Выделяют три степени трофности водоемов:

1. дистрофные водоемы характеризуются превышением скорости деструкции органических веществ над скоростью фотосинтеза:

$$V_{фот} / V_{деструк} < 1.$$

2. олиготрофные водоемы имеют сбалансированные скорости продукционно-деструкционных процессов: $V_{фот} / V_{деструк} \approx 1$.

3. эвтрофные водоемы характеризуются цветением водорослей и накоплением органических веществ, т.к. скорости продукции превышают скорости деструкции: $V_{фот} / V_{деструк} > 1$.

Выделяют также промежуточные виды трофности:

- ультраолиготрофные – между дистрофными и олиготрофными;
- мезотрофные – между олиготрофными и эвтрофными.

Эвтрофикация происходит как естественным путем (сотни и тысячи лет) и антропогенным (несколько лет) – в результате поступления в водоемы питательных веществ со сточными (бытовыми и промышленными) водами и поверхностным стоком, что приводит к массовому размножению микроскопических планктонных водорослей, фитопланктона и высших водных растений (рис.10.4).

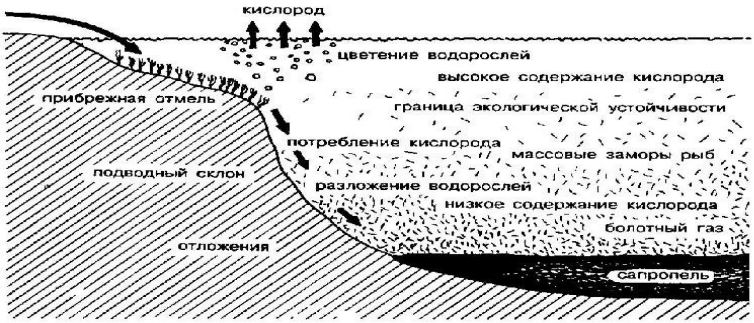


Рис. 10.4. Процесс эвтрофикации водоема

По данным Б.Хандерсона-Селлерса и Х.Маркленда (1990) основными критериями для характеристики процесса эвтрофикации водоемов являются:

1) уменьшение концентрации растворенного кислорода в водной толще;

2) увеличение концентрации биогенных элементов (азот, фосфор, калий);

3) увеличение содержания взвешенных частиц, особенно органического происхождения;

4) увеличение концентрации фосфора в донных отложениях;

5) уменьшение проникновения солнечного света из-за возрастания мутности воды;

6) последовательная смена популяций донных водорослей с преобладанием сине-зеленых и зеленых водорослей (выделяющих сильнейшие токсины и неприятный гнилостный запах);

7) значительное увеличение биомассы фитопланктона при уменьшении разнообразия видов.

Мероприятия по предотвращению антропогенного эвтрофирования разрабатываются в двух направлениях:

1) ограничение поступления в водоемы эвтрофирующих веществ;

2) воздействие на комплекс условий в самом водоеме с целью снижения скорости развития водорослей. Ограничить поступление в водоем эвтрофирующих веществ со стоками можно отведением их за пределы водосбора или удалить биогенные вещества из воды в системе очистных сооружений.

Даже современные методы не всегда эффективно могут удалить азот и фосфор из стоков. Поэтому вынужденно внедряется третий этап глубокой очистки стоков. Для очистки воды от азота и фосфора можно применить: физико-химические методы (осаждение, коагуляция ионный обмен, электролиз); биологические (биоценоз активного ила: бактерии, водоросли и др.).

Основная трудность предотвращения поступления фосфора и азота в водоемы – различное поведение соединений азота и фосфора. Так, соединения азота хорошо растворимы и переходят в состав жидкого стока, а соединения фосфора плохо переходят в раствор и смешиваются с почвой. Вынос фосфора осуществляется в процессе эрозии почвы, поэтому необходимо вести борьбу с эрозией и снижать потери вносимых в почву азотных удобрений. Для предупреждения загрязнения вод минеральными удобрениями необходимо: развивать водоохранную мелиорацию; применять противоэрозионную и агротехнику; необходимо устройство прибрежных водоохранных зон.

Для устранения цветения им зарастания водоемов применяют обработку водоемов сульфатом меди, механическое удаление прибрежной растительности за пределы водосбора. Для того, чтобы фосфор не выщелачивался из донных отложений, предлагается принудительное насыщение дна кислородом (аэрацией), нанесение на дно мелкодисперсных глины, вулканической породы и др. Эти способы не получили широкого применения.

Для борьбы с цветением водоемов начали разрабатываться биологические методы, например, предлагается разведение растительноядных рыб: белого амура или толстолобика в пресноводных водоемах.

10.3.3. Кислотные осадки

Кислотные осадки – это любые метеорологические осадки: дожди, туманы, снег, уровень кислотности которых превышает норму.

Основная причина кислотных осадков – оксиды азота и серы в атмосфере.

Как видно из рис. 10.5 оксиды серы поступают в атмосферу при сжигании ископаемых видов топлива, содержащих серу. До 90 % оксидов серы выделяется при сжигании каменного угля; меньше – нефть и затем газ).



Рис. 10.5. Количество выбросов оксидов серы и азота от различных источников

Оксиды серы поступают в воздух при сжигании ископаемых видов топлива, содержащих серу: в первую очередь, каменного угля (до 90 %); во-вторых, нефти, затем газа. При сжигании топлива образуются также оксиды азота, в том числе при работе автомобильного транспорта. В атмосфере SO_2 окисляется до SO_3:

$$SO_2 + O_2 = SO_3.$$

Образовавшаяся трехокись взаимодействует с водяным паром, образуя серную кислоту:

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4\,.$$

Серная кислота присутствует в воздухе в виде легкого тумана, состоящего из мелких капель.

При сжигании топлива в атмосферу выбрасываются также оксиды кальция и железа, которые вступают в реакцию с серной кислотой, образуя твердые частички сульфатов кальция и железа:

$$\boldsymbol{CaO + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O,}$$

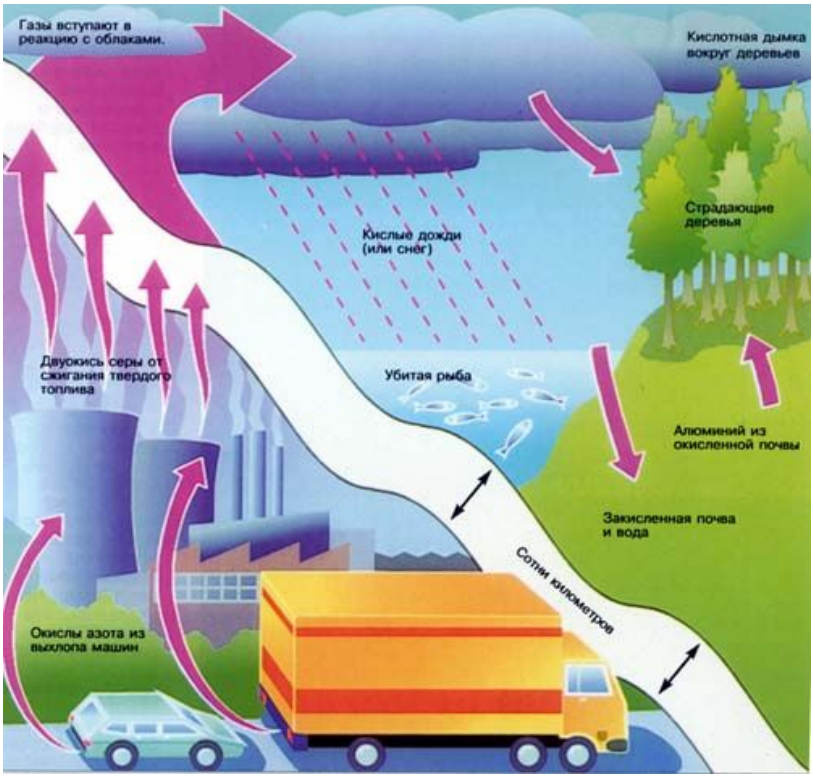


Рис. 10.6. Причины кислотных дождей

$$Fe_2O_3 + 3H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O.$$

В воздухе города может находиться до 20 % твердых частиц сульфатов и капелек серной кислоты, образующих туманы и смоги.

Выпадение кислотных дождей связано с антропогенным загрязнением атмосферы выбросами *оксида азота.* ***В природе молекулярный азот воздуха связывается в оксиды при естественных процессах – грозах, нитрификации почвы, лесных пожарах (770 млн.т в год). В атмосфере каждый год наблюдает-***

ся до 3 млрд. молний. Создаваемые ими высокие температуры в несколько тысяч градусов инициируют процесс окисления молекулярного азота по радикально-цепному механизму:

- **$O \rightarrow 2O$; $N_2 + O \rightarrow NO + N$; $O_2 + N \rightarrow NO + O$.**

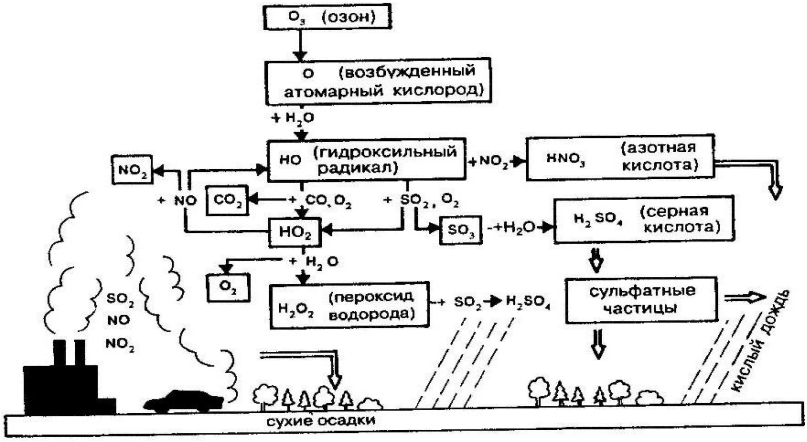


Рис. 10.7. Формирование кислотных осадков (И.Т.Суравегина)

Обратной реакции препятствует быстрое охлаждение продукта реакции – монооксида азота, который окисляется: $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$.

При взаимодействии с атмосферной влагой происходит образование азотистой и азотной кислот: $2NO_2 + H_2O = HNO_2 + HNO_3$.

Эти кислоты и их соли являются причинами кислотных осадков. Причем соли могут выпадать в виде сухих частиц.

Основным источником оксидов азота являются энергетика и транспорт, дающие около 90 % выбросов; на долю химической промышленности приходится менее 5 %. Нитраты, поступающие в организм в повышенных дозах, способны повышать частоту инфекционных заболеваний, болезней кожи и подкожной клетчатки, лор-органов, ослабляют иммунитет.

В норме у дождевой воды реакция слабокислая – pH = 5,6. Кислотные свойства дождя обусловлены присутствием чрезвычайно активных ионов водорода. Это обусловлено образованием естественной слабой угольной кислоты при растворении в воде углекислого газа, содержащегося в воздухе:

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3.$$

Поэтому в случаях, когда воздух загрязнен оксидами серы и азота, присутствующими в выхлопных газах электростанций, промышленных котельных, автомобилей и др., в каплях дождя обнаруживаются серная и азотная кислоты.

Таким образом, кислотные осадки (pH 2,0 – 4,5) в 10 – 1 000 раз кислее нормальных. Их главные последствия – безрыбные озера, усыхание лесов, потери урожайности сельскохозяйственных растений, рост аллергических заболеваний и т.д. Так, понижение pH в пресноводных водоемах до pH 6,5 и ниже приводит к бурному развитию белого мха, что свидетельствует о том, что данный водоем стал биологически мертвым. При pH ниже 5 все «нормальные» формы жизни водоема прекращаются.

Кислотные дожди отрицательно воздействуют на почвы, при pH = 3 почвы становятся практически бесплодными. Попадая на поверхность почвы, кислотные дожди вызывают в ней серьезные изменения: увеличивают общую кислотность почвы, выщелачивают кальций, магний, калий, связывают фосфор, повышают токсичность тяжелых металлов, что приводит к ослаблению устойчивости растений к болезням и более сильному повреждению вредителями, прекращению усвоения азота, замедлению роста и, наконец, к гибели. Урожай культур в районах с кислотными дождями заметно снижается. Повышенная кислотность ускоряет коррозию металлических конструкций зданий, мостов, плотин, наносит ущерб памятникам мировой архитектуры.

10.4. Глобальное загрязнение атмосферы

Загрязнение атмосферы характеризуется образованием в ней физико-химических агентов и веществ, обусловленных природными и антропогенными факторами. Антропогенные загрязнения стали превышать по масштабам естественные, приобретая глобальный характер. К основным источникам загрязнения относятся: промышленные предприятия, транспорт, теплоэнергетика, сельское хозяйство и др.; среди отраслей промышленности особенно токсичные выбросы в атмосферу дают предприятия цветной металлургии, химической, нефтехимической, черной металлургии, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности и т.д.

На рис. 10.8 представлены источники загрязнения атмосферы.

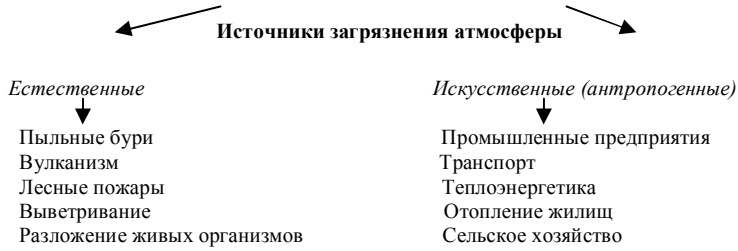


Рис.10.8. Источники загрязнения атмосферы

10.4.1. Озоновые дыры

Озон – трехатомная молекула кислорода (O_3), обладающая большой химической активностью и токсичностью, является аллотропной модификацией кислорода и при нормальных условиях представляет собой газообразное вещество (t кип = –128 ºС). Озон сосредоточен на высоте 15 – 60 км в стратосфере, образуя озоносферу. Наибольшая плотность озоносферы на высоте 20 – 25 км.

Озоновый слой – это тонкая и хрупкая оболочка вокруг Земли (всего 3 мм при нормальном давлении и температуре), которая защищает жизнь на Земле от губительных радиоактивных ультрафиолетовых лучей. Ультрафиолетовое излучение лежит в области длин волн от 10 до 350 нм. К более коротковолновой области спектра относится рентгеновское излучение, более длинноволновой – видимый свет, излучение с длиной волны меньше 240 нм начинает интенсивно поглощаться молекулами O_2. Максимальное поглощение озоном происходит на длине волны 250 нм. Содержание озона меняется в зависимости от сезона, времени суток и многих других факторов.

Антропогенные загрязнители мешают регенерации озона, удлиняют процессы его разрушения.

На рис. 10.9 и 10.10 показаны причины разрушения озонового слоя.



Рис.10.9. Причины разрушения озоновых дыр



Рис.10.9. Причины разрушения озоновых дыр

В начале 70-х г. ученые пришли к выводу, что озоносфере грозит истощение из-за глобального загрязнения атмосферы, связанное с развитием стратосферной авиации, когда были созданы сверхзвуковые пассажирские самолеты «Конкорд» и «Ту-144». *Образующиеся в результате горячих выбросов молекулы оксидов азота (NO) разрушают озоновый слой.*

Так, озон окисляет монооксид азота до диоксида азота:

$$NO + O_3 = NO_2 + O.$$

Диоксид азота, в свою очередь, может реагировать с атомарным кислородом, предотвращая его взаимодействие с молекулярным кислородом для регенерации озона: $NO_2 + O = NO + O_2$.

Таким образом, *оксиды азота действуют как катализаторы процессов разложения озона.*

Каждый год от уменьшения толщины озонового слоя страдает антарктический фитопланктон – основная пища жителей моря. Чем его меньше, тем труднее выжить морским обитателям, что влечет за собой сокращение улова. Обитатели морей находятся под двойной угрозой: во-первых, истощаются их пищевые ресурсы, во-вторых, личинки рыб и моллюсков, обитающих на мелководье очень чувствительны к ультрафиолетовому излучению.

Озоновая дыра регулярно появляется весной в Южном полушарии. Сейчас она простирается до Южной Америки.

Во второй половине 70-х г. было высказано предположение о том, что для озонового слоя, *кроме оксидов азота, существует и другая опасность – использование галогенов и хлорфторуглеродов (ХФУ).*

Чаще ХФУ называют фреонами или хладонами. Это насыщенные фторуглероды или полифторуглеводороды, часто содержащие атомы хлора или брома. Эти вещества широко распространены в промышленности.

Галогены используются в системах пожаротушения и так опасны, что с 1994 г. развитые страны прекратили их производство.

Сложнее дело обстоит с *хлорфторуглеродом*. Его можно найти везде: в холодильниках, морозильниках, кондиционерах – как охлаждающие жидкости, аэрозольных баллончиках – удобных упаковках лекарственных препаратов, красок, косметических средств, моющих препаратов, инсектицидов и др. (как носители активных химикатов – пропеллентов), в вычистителях, применяемых в электронике, при производстве пороллона, при получении пенопластов для формирования пузырьков, как растворители (тетрахлорметан, метилхлороформ, бромистый метил) в производстве пестицидов.

Наиболее распространены фреоны: $CFCl_3$ – фреон-11, CF_2Cl_2 –

фреон-12, $CHClF_2$ – фреон-22, $CF_2ClCFCl_2$ – фреон-113, CF_2ClBr – фреон-12В1, CF_3Br – фреон-13В1. Только фреон-11 образуется в природе в газовых выбросах вулканов на Курильских островах, остальные фреоны естественным путем не образуются. Фреоны уникальны – имеют низкие температуры кипения, не ядовиты, негорючи, взрывобезопасны, химически инертны. Они не действуют на распространенные конструкционные материалы, а в малых дозах безвредны для людей. При высоких концентрациях некоторые фреоны обладают наркоти-ческим (фреон-12), а иногда удушающим действием (фреон-142, фреон-22).

Фреоны стали интенсивно применяться с 50-х г. Получают их реакцией хлорированных углеводородов с SbF_5 , HF или KF:

$$CCl_4 + 2HF \text{ — } SbF_5 \rightarrow CCl_2F_2 + 2HCl.$$

Фреоны, попадая в тропосферу, не разрушаются, т.к. химически инертны.

Например, время удаления фреонов из океана гидролизом или микробиологи-чески для фреона-11 – 70 лет, фреона-12 – 200 лет, из почвы с помощью микро-организмов через 10 тыс. лет. Из тропосферы они медленно диффундируют в стратосферу за счет турбулентных движений. Сами фреоны инертны к озону, однако, свободно мигрируют в тропосфере без больших потерь в стратосфере на высоте 20 км фотохимически распадаются, т.е. под действием УФ-излучения солнца, выделяя Cl, Br, ClO:

$$CF_3Cl \xrightarrow{h\nu} CF_3 + Cl\cdot$$

$$CF_2Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CF_2Cl\cdot + Cl\cdot$$

$$CFCl_3 \xrightarrow{h\nu} CFCl_2\cdot + Cl\cdot \quad \text{длина волны} = 185 – 225 \text{ нм.}$$

Образующийся атомарный хлор может взаимодействовать с озоном:

$$Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2.$$

А монооксид хлора взаимодействует с атомарным кислородом:

$$ClO + O = Cl + O_2.$$

При этом атомарный хлор регенерируется и действует как катализатор основной реакции разрушения озона, причем один атом может участвовать в 10^2 –10^7 реакциях разложения озона.

Кроме УФ-излучения солнца фреоны разрушает и атомарный кислород в возбужденном состоянии, образующийся при фотодиссоциации озона.

Уменьшение концентрации озона в стратосфере подвержено сезонному колебанию. Над Антарктикой в 1989 г., на высотах 20 км в сентябре – октябре концентрация озона была равна нулю. Подобная “дыра” была зарегистрирована и над Северным полюсом с января по март 1988 г. Здесь концентрация хлора в 100–400 раз превышала его

содержание, чем в окружающей стратосфере. Почему же дыры появляются над Антарктидой – удаленным от промышленности материком? Предполагается, что фреоны, рассеиваясь в атмосфере, попадают в особые условия – изолированный полярный вихрь, где в течение всей южнополярной зимы и начала весны не происходит обмена воздушными массами. При температуре минус 80–90º С в стратосфере Антарктиды возникают полярные стратосферные облака. На кристаллах этих облаков все реакции разрушения озона протекают быстрее.

Существуют различные версии разрушения озоносферы. Например, в результате реакций с участием соединений водорода, в том числе и выделяющегося из земной коры. *Наиболее авторитетной является озоново–фреоновая модель разрушения озона, созданная в 1974 г.*

Создателям этой модели, ученым-химикам: П.Крутцену (Германия), Ш.Роуленду и М.Молино (США), в 1995 г была присуждена Нобелевская премия по химической экологии. Согласно этой теории при появлении солнца в стратосфере начинают протекать фотохимические процессы разрушения антропогенных примесей – фреонов, и образующийся атомарный хлор начинает разрушать озоновый слой. Процесс беспрепятственно продолжается до тех пор, пока к середине весны полярный вихрь не распадется – дыра начинает затягиваться .

Озонные аномалии существуют и в тропических и субтропических областях планеты. Это “мини-дыры” – области стратосферы, где содержание озона понижается иногда вдвое по сравнению с нормой. Это относительно недолго живущие образования (2–3 недели), а размер не достигает до 3000 км в диаметре. Ученые полагают, что озоновые “мини-дыры” – это феномен не антропогенного, а природного характера, т.к. таковы размеры обычно зон циклонов и антициклонов.

1 января 1989 г. вступил в силу международный Монреальский протокол о защите озонового слоя, выработанный 57 странами, согласно которому в течение 10 лет производство озоноразрушающих веществ будет сокращено на 50 %.

Этот протокол имеет юридическую силу. К 2000 г. мир должен полностью отказаться от использования в промышленности веществ, опасных для озонового слоя. Однако этого недостаточно, т.к. в стратосферу продолжают поступать вредные для озонового слоя вещества, выбрасываемые при запуске ракет, работающих на твердом топливе, содержащем перхлораты. Так, при запуске одного космического корабля многоразового использования в атмосферу на высоте до 50 км выбрасывается около 200 т соединений хлора.

Снижение концентрации стратосферного озона и изменение спектрального излучения Солнца у поверхности Земли (появление

компонента коротковолнового ультрафиолета – смертоносного диапазона “Б”) может повысить частоту раковых заболеваний кожи, разрушить фитопланктон – микроскопические растения, являющиеся начальным звеном пищевой цепи в океане. При превышении дозы ультрафиолетового излучения угнетается фотосинтез растений, происходят генетические изменения на уровне ДНК, РНК.

Солнце производит в одну секунду 5–6 т озона. Но процесс его разрушения идет быстрее. Озон можно получить искусственно. Консорциум “Интер-озон” выдвинул проект получения озона в стратосфере с помощью лазеров, установленных на 30 спутниках. Этим способом необходимо произвести 20 млн.т озона – столько, сколько его уничтожает техногенная цивилизация. По расчетам физиков, очистить атмосферу от фреона можно всего за один год, имея в качестве энергетического источника один блок АЭС мощностью в 10 гигаВатт.

Помимо «озоновых дыр» над территориями США, Европы и бывшего СССР обнаружены «ионосферные дыры» после запусков ракет «Сатурн-5», «Шаттл», «Союз». Молекулы диоксида углерода и воды, выбрасываемые при работе ракетных двигателей, взаимодействуют с ионами кислорода ионосферы быстрее, чем в естественных условиях, в результате резко снижаются концентрации заряженных частиц и образуются «ионосферные дыры».

Если снижение стратосферного озона опасно – появляются озоновые дыры, то снижение его концентрации в приземном слое привело бы к улучшению качества воздуха в загрязненных промышленных районах, т.к. озон является одним из основных компонентов фотохимического смога.

Таким образом, исходя из того, что по мнению ученых парниковый эффект замедляет процесс разрушения озона, т.к. нагрев происходит лишь вблизи поверхности Земли, что озон образуется в тропосфере, а разрушается в стратосфере, можно в общем виде заключить:

1. образованию озона (O_3) способствуют: метан (CH_4), монооксид азота (NO), диоксид азота (NO_2);

2. замедляет разрушение озона (O_3) – диоксид углерода (CO_2);

3. разрушают озон (O_3): CH_3Cl_3, CCl_4 (промышленные выбросы); хлор- и фторзамещенные углеводороды (холодильные и пенообразующие агенты); закись азота (N_2O) (сверхзвуковые реактивные самолеты).

10.4.2. Аэрозоли. Смог

Побочным продуктом хозяйственной деятельности человека являются аэрозоли, образующиеся в результате промышленного и энергетического производства, при эксплуатации автомобильного транспорта, отоплении жилищ, при вырубке леса, выжигании растительности, лесных пожарищ. Аэрозоли являются значительной примесью в атмосфере больших городов мира.

Аэрозоль – газообразная среда со взвешенными в ней твердыми или жидкими частицами. К аэрозолям относятся дымы, туманы.

Аэрозоли могут как рассеивать, так и поглощать солнечную радиацию. При рассеивании часть потока излучения уходит вверх, исчезая в космическом пространстве. Такой эффект равноценен увеличению общего альбедо системы атмосфера – Земля, а значит, может привести к общему похолоданию.

Однако аэрозоли могут поглощать солнечное излучение, нагреваться и нагревать вокруг себя воздух. Этот эффект аналогичен уменьшению общего альбедо (отражение солнечной энергии). Когда аэрозоли находятся над океаном альбедо увеличится, в случае же скопления аэрозолей над снежным полем или облаками альбедо уменьшится.

Большая часть антропогенных аэрозолей собирается в промышленных районах Северного полушария, часть переносится ветрами через Атлантический или Тихий океан, относится к северу Африки.

Та самая молекула из трех атомов кислорода – озон – играющая ключевую роль в поглощении ультрафиолета в стратосфере, уменьшение которой приводит к образованию озоновых дыр, в приземном же слое атмосферы оказывает негативное воздействие у поверхности Земли, вызывая смогообразование (рис.10.10).

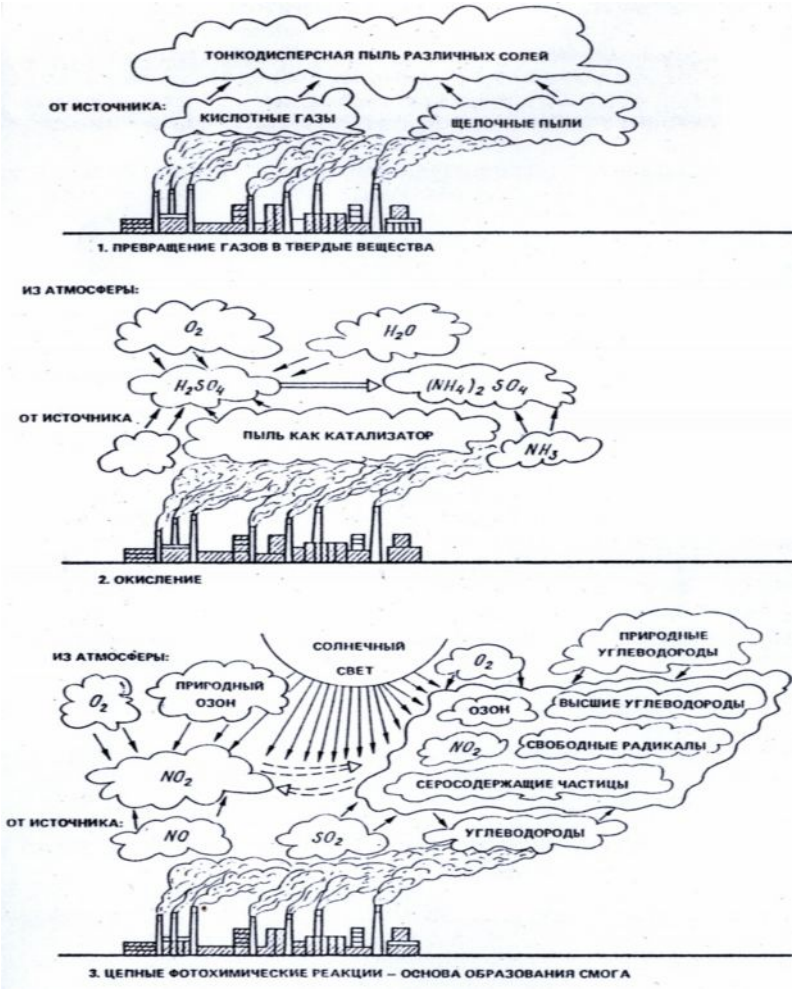


Рис.10.10. Химические реакции смогообразования, протекающие в атмосфере (по В.Г.Немзер)

Смог (англ. smoke – дым + fog – туман) – ядовитая смесь дыма, тумана и пыли. Аэрозольная пелена, дымка, туман образуются в результате интенсивного поступления в атмосферу пыли, дыма, выхлопных и промышленных газов и других загрязняющих веществ.

Образование пыли в атмосфере и ее гранулометрический состав показаны на рисунке 10.11.

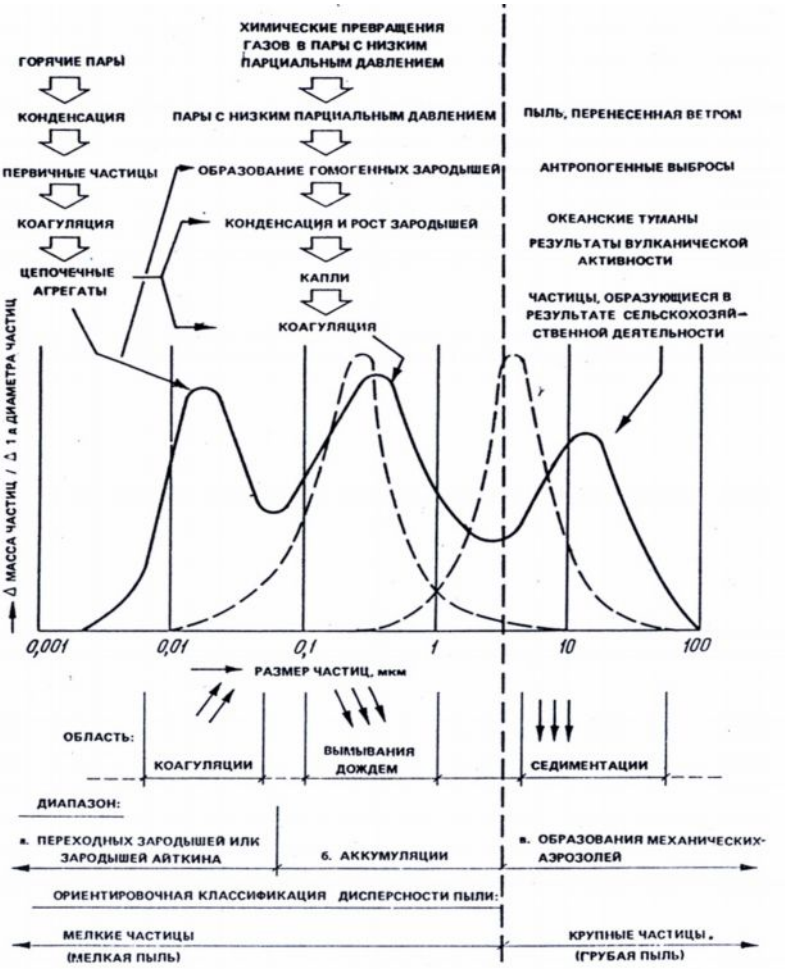


Рис.10.11. Образование пыли и ее гранулометрический состав в атмосфере (по В.Г.Немзер)

Термин «фотохимический смог» отражает инициирующую роль солнечного света в формировании этого явления.

Безвредное на первый взгляд сжигание топлива с образованием диоксида углерода, при недостатке кислорода образует моноксид углерода – ядовитый угарный газ. Если кислорода еще меньше, то получается углерод (сажа).

Существуют два основных типа смогов:

– влажный (лондонского типа);

– фотохимический сухой (лос-анджелесского типа).

Смог влажный (лондонского типа или зимний) – это сочетание дыма, сажи, пыли, диоксида серы и капель тумана, относится к *первичному загрязнению* атмосферы. Этот смог образуется обычно зимой в крупных промышленных центрах при неблагоприятных погодных условиях: отсутствии ветра и температурной инверсии.

Обычно достигает максимального уровня рано утром при температуре примерно от –1 до +4 ºС, безветрии, высокой влажности (85% + туман), (чаще в декабре – январе) и дополняется состоянием инверсии в атмосфере (*инверсия* – смещение холодных слоев воздуха вниз и скопление их под слоем теплого воздуха. Это ведет к снижению рассеивания загрязняющих веществ вверх, и они устремляются в нижний слой. При этом увеличивается приземная концентрация этих загрязнений, образуется туманная завеса). Смог раздражает бронхи и дыхательные пути, имеет запах. Видимость менее 30 м. Во время смога повреждаются железо и бетон.

5 декабря 1952 г. над Англией возникла волна высокого давления, и в течение нескольких дней стояло мертвое безветрие. За 3 – 4 дня в Лондоне погибло более 4 000 человек. Смог содержал несколько тонн дыма и сернистого ангидрида.

В 1963 г. наблюдался смог над Нью-Йорком, который убил более 400 человек.

Смог фотохимический сухой (лос-анджелесского типа, летний) – смесь продуктов *вторичного загрязнения* воздуха, возникает летом также при отсутствии ветра и температурной инверсии, но обязательно в солнечную погоду. Вторичные загрязнители образуются в ходе физико-химических процессов, идущих непосредственно в окружающей среде, возникают в результате разложения загрязняющих веществ солнечными лучами (озон, оксиды азота, угарный газ, органические вещества). Достигает максимального уровня около полудня при температуре 24 – 32° С, (чаще в августе – сентябре), при низкой влажности и дополняется инверсией. Вызывает раздражение глаз и снижение зрения.

С 30-х г. в теплое время года стал появляться смог над Лос-Анджелесом (туман влажностью менее 70 %). Этот фототуман возникает при солнечном свете, вызывающем сложные фотохимические превращения смеси углеродов и оксидов азота, выбрасываемых автомобильным транспортом, с образованием высокотоксичных загрязнителей – фотооксидантов, состоящих из озона, органических пероксидов, пероксида водорода, альдегидов и т.д. (Например, на каждом ки-

лометре пути легковой автомобиль выделяет около 10 г только оксида азота). Фототуман сопровождается неприятным запахом, резко снижается видимость. У людей воспаляются глаза, слизистые оболочки носа и горла, возникает удушье, обостряются легочные заболевания и бронхиальная астма.

В Лос-Анджелесе 260 дней в году наблюдаются температурные инверсии, фототуман более 60 дней в году. Во время смога трескается резина.

В настоящее время во многих крупных городах мира – Нью-Йорке, Чикаго, Бостоне, Детройте, Токио, Милане – образуется фотохимический туман.

В мире действуют три основных стандарта, по которым измеряются ПДВ автомобиля страны-производителя:

1) европейский международный стандарт, утвержденный в 1993 г, действует на территории всех европейских государств и является действительным по всему миру;

2) более жесткий американский стандарт, который в последнее время планируется объединить с европейским для упрощения процедуры контроля;

3) самый строгий стандарт, также действительный во всем мире, действует в Японии.

Казахстанский стандарт экологической безопасности не только не соответствует нынешним мировым требованиям, но и отстает от них на 15 лет, т.к. закон РК «О стандартизации» принят в середине 1999 года.

Прогноз смогов тесно связан с прогнозом погоды. Рассеять смог может только ветер, а бороться с ним можно путем сокращения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Снизить автомобильные выбросы токсичных газов можно различными путями: необходимо совершенствование двигателя внутреннего сгорания; повысить качество автомобильных бензинов; установить нейтрализаторы в выхлопных трактах автомобилей; перевести автомашины на газовое топливо, в будущем на водородное топливо; создать электромобили; заменить бензин на топливный спирт или дизельное топливо из рапсового масла; порошковый бензин; тетраэтилсвинец заменить на метилтретбутиловый эфир; правильно организовать движение городского транспорта и др.

10.4.3. «Парниковый эффект»

«Парниковый эффект» («эффект гринхауз») – это постепенное потепление климата на планете в результате накопления в атмосфере антропогенного углекислого и других газов (метана, фтор- и хлоруглеводородов (фреонов), оксида азота, озона), которые аналогично покрытию теплицы, пропуская солнечные лучи, препятствуют длинноволновому инфракрасному (тепловому) излучению с поверхности земли (рис.10.12, 10.13).



Рис. 10.12. Источники «парниковых» газов

Часть этого поглощенного теплового излучения атмосферы излучается обратно к земной поверхности, создавая парниковый или тепличный эффект. Фреоны, как и CO_2, поглощая инфракрасное излучение, препятствуют его уходу в космическое пространство от земной поверхности – создают «фреоновый эффект».

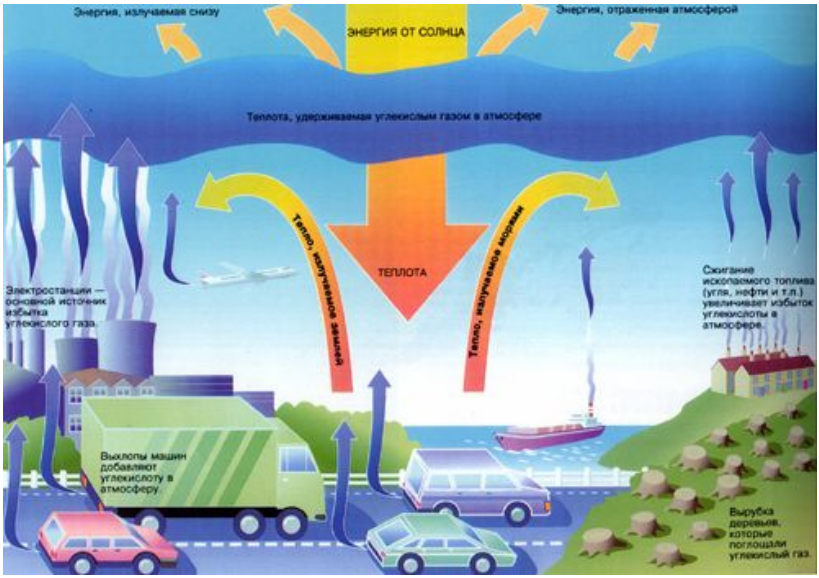


Рис.10.13. «Парниковый» эффект

Последние 10 лет были самыми теплыми в XX столетии. За последние 100 лет потепление на Земле составило 0,5 – 0,7 ^{o}C: в 1980 г средняя температура была 14,5 ^{o}C, в 1990 г – 15,0 – 15,2 ^{o}C.

Основным источником CO_2 антропогенного происхождения является сжигание ископаемого топлива (уголь, нефть, газ и др.). Увеличение выбросов CO_2 в атмосферу составляет ежегодно 4 – 5 % .

Стало отмечаться постепенное возрастание в атмосфере содержания метана (около 1 % в год). Это связано как с природными факторами (болота), так и с антропогенными причинами (сжигание биомассы, рисовые поля, крупный рогатый скот, угольное производство, гниение органических остатков и пр.).

Увеличение содержания в атмосфере оксида азота (примерно 0,3 % ежегодно) объясняется возрастанием производства и применения азотных удобрений в сельском хозяйстве.

Применение фреонов (или хлорфторуглеродов) в промышленности ежегодно возрастает на 4 %.

Отрицательные последствия парникового эффекта: повышение уровня Мирового океана (в настоящее время на 25 см за 100 лет, к концу XX1 в. ожидается повышение на 2 м) в условиях потепления климата планеты. Основные причины: таяние материковых и горных

ледников, морских льдов, тепловое расширение океана и т.п. Возможен не только «всемирный потоп», но и сильнейшая засуха, влекущая за собой пожары. Экосистемы не смогут быстро приспособиться к изменению климата. В природе действуют и обратные связи, которые могут скомпенсировать изменения.

Положительные экологические последствия: увеличение испарения с поверхности океана и связанное с ним возрастание увлажнения климата. Повышение концентрации CO_2 в атмосфере может увеличить интенсивность фотосинтеза и способствовать увеличению продуктивности экосистем (пшеница, картофель, сахарная свекла, подсолнечник; меньше кукуруза, сорго, просо, сахарный тростник).

Несмотря на положительные последствия парникового эффекта для наземных экосистем, только одна проблема – подъем уровня Мирового океана может отрицательно повлиять на жизнь населения более 30 стран. Поэтому по линии ЮНЕСКО, ЮНЕП, ФАО уже действует Межправительственный комитет по предотвращению глобального потепления климата.

Так, «парниковые» газы разогревают нижний слой атмосферы: углекислый газ – на 60 %, метан – на 15 %, оксиды азота – на 5 %, озон – на 8 %, хлорфторуглеводороды – на 12 %.

Предполагают, что накопление в атмосфере “парниковых” газов приведет к потеплению, которому будут сопутствовать таяние полярных льдов, подъем уровня Мирового океана, затопление густонаселенных приморских низменнос-тей и целых островных государств (Дания, Нидерланды, Северная Германия и др.); опустынивание, в том числе территории Казахстана; сокращение летних осадков в основных сельскохозяйственных районах. Наиболее перспективными способами борьбы с “парниковым эффектом” являются: увеличение КПД использования горючего на транспорте и другие виды экономии энергии, т.к. ее производство почти полностью основано на сжигании ископаемого топлива; разработка и внедрение солнечных и других бестопливных источников энергии; прекращение сведения лесов; организация озеленений и т.п.На конференции в Рио-де Жанейро (1992) была принята Рамочная Конвенция ООН об изменении климата с целью стабилизации парниковых газов в атмосфере на безопасном уровне.

10.5. Глобальное загрязнение литосферы

10.5.1. Деградация почвы

Деградация почв – ухудшение качества почвы в результате снижения плодородия. Деградация и полное разрушение почвы могут происходить как в результате природных явлений (вулканы, ураганы и т.д.), так и в результате хозяйственной деятельности человека.

В результате бессистемного использования около 2 млрд. гектар продуктивных земель мира превратились в пустыню. Таким образом, из 4,5 млрд. га продуктивных земель осталось 2,5 млрд.га. Величайшая пустыня мира Сахара ежегодно расширяется с 1,5 до 10 м. За последние 60 лет она расширилась на 700 тыс.кв.км.

Причиной деградации земель являются: интенсификация посевов монокультур; увеличение числа вредителей; водная и ветровая эрозии; вторичное засоление в результате искусственного орошения.

Сегодня налицо деградация в Латинской Америке, Южной Азии, Австралии, Казахстане, Поволжье. Здесь большие площади пахотных земель изымаются под горнопромышленные разработки, селитебные зоны, промышленное и гидротехническое строительство. Загрязнение атмосферы и гидросферы приводит к загрязнению земель. Большое количество твердых отходов, хранящихся и захораниваемых в земле, плохо контролируемая подземная закачка отходов приводят к загрязнению почв и недр.

С.И.Колесников предложил следующие признаки и причины деградации почв:

«1) *нарушение биоэнергетического режима почв и экосистем*. При этом наблюдаются:

- девегетация почв – потеря почвами растительного покрова, ведущая к омертвлению почв;
- дегумификация почв – потеря почвами гумуса;
- почвоутомление и истощение почв – при длительном возделывании сельхозкультур.

2) *патологическое состояние почвенных горизонтов и профиля почв*:

- отчуждение почв и исключение их из экосистемы (города, поселки, дороги, ЛЭП, трубопроводы, карьеры, водохранилища, свалки и т.д. (промышленная эрозия почв);
- дефляция почв (вводная и ветровая эрозии);
- разрушенные бесструктурные, переуплотненные почвы виде корок в результате работы тяжелой техники.

3) нарушение водного и химического режима почв:

- опустынивание почв (естественный процесс общеземного послеледникового опустынивания, а также искусственный процесс неграмотной хозяйственной деятельности человека);
- оползни и сели;
- вторичное засоление почв (при неправильном орошении минерализованными и пресными водами);
- природная и вторичная кислотность почв (для сельхозкультур оптимальная pH почв 5,5 – 8);
- переосушение почв (результат неправильной осушительной мелиорации).

4) затопление, разрушение и засоление почв водами водохранилищ (в результате затопления пойменных и надпойменных террас, подъема уровня грунтовых вод и подтопления почв, абразии берегов и засоления дельт, загрязнения и щелочного засоления вод и почв и др.).

5) загрязнение и химическое отравление почв:

- промышленное загрязнение почв (выпадение поллютантов на поверхность почвы с атмосферными осадками);
- сельскохозяйственное загрязнение почв (неправильное применение пестицидов, минеральных и органических удобрений, отходы и стоки животноводческих ферм);
- радиоактивное загрязнение почв (природное и антропогенное: аварии, утечки, ядерные взрывы, захоронения отходов ядерной промышленности).

6) деградация ландшафтов регионов вечной мерзлоты (в результате перевыпаса, неупорядоченного движения транспорта нарушается растительный покров, протаивает грунт, начинается эрозия почвы).

7) разрушение почв военными действиями».

10.5.2. Деградация лесов

Деградация лесов способствует разрушению почв и эрозийным процессам. Сокращение лесов приводит к нарушению водного баланса, уровня грунтовых вод, изменению состава атмосферного воздуха. Огромные площади лесов гибнут от вырубки, пожаров, из-за кислотных дождей. Из-за вырубки лесов в Сибири происходит заболачивание территорий. Вырубаются сосновые и кедровые леса, которые первыми повреждаются в результате кислотных дождей. Леса относятся к возобновляемым природным ресурсам, поэтому сохранение устойчивости этих экосистем позволит использовать их ресурсы длительное время.

10.5.3. Деградация растительного и животного мира

Деградация растительного и животного мира. По мнению ученых уничтожение влажных тропических лесов может привести к исчезновению от 2 до 5 млн. видов животных (на Земле проживает около 10 млн.видов). На Конференции ООН в 1992 г. подписана Конвенция о сохранении биологического разнообразия – условие устойчивости нашей большой экосистемы – биосферы.

10.6. Перестройка пирамиды жизни

Как было рассмотрено выше, все многообразие биологических форм жизни представляют в виде пирамиды жизни. В основании этой пирамиды находятся низшие биологические формы (насекомые, грибки, планктон, бактерии). Следующая ступень – растения. Затем – животный мир. Венец природы – человек (в этой естественной системе отдельно выделяются подразделы – группы окультуренных растений и домашних животных).

Как известно, закон экологии гласит: пирамида жизни устойчива, если каждая более высокая ступень представлена меньшей биологической массой, чем предшествующая.

В настоящее время происходит бурная перестройка пирамиды жизни. Последние десятилетия охарактеризованы как демографическая революция или демографический взрыв.

Экологическая ситуация в мире во многом зависит от состояния народонаселения. Чем больше людей на Земле, тем больше они осваивают природу, развивают промышленность, сельское хозяйство и т.д., следовательно, тем сильнее давление на биосферу, природную среду в целом.

Последние 150 лет население Земли росло и продолжает расти феноменальными, взрывоподобными темпами. Это порождает для человечества новые проблемы. Население земного шара растет по экспоненте, о чем предупреждал еще Мальтус. Сейчас население Земли 6 млрд. человек. Плотность заселения Земли приближается к критической. Под сомнение ставится возможность существования такого количества людей в нашей биосфере. Поскольку в ней вот-вот произойдут серьезные климатические сдвиги, ресурсы быстро истощаются и деградируют под давлением шестимиллиардного населения, сомнительно, что биосфера выдержит его дальнейший рост. Чтобы человечество продолжало устойчиво развиваться, требуется дальнейшее

снижение темпов роста населения и формирование экологического сознания.

Существенно опережая рост населения, увеличивается численность домашних животных. Неуклонно расширяется площадь под культурные растения. В результате происходит перестройка пирамиды биологических форм.

Одной из сложных проблем является проблема сохранения многообразия форм жизни на земле, приводящая к серьезным последствиям – потеря генофонда, т.е. резерва потенциально полезных животных и растений. Например, 90 % продовольствия растительного происхождения приходится всего на 12 видов растений; 75 % урожая ржи в Канаде производится на основе 4 сортов, 72 % урожая картофеля в США дают 4 сорта, а весь урожай гороха – лишь 2 сорта. Почти так же узка генетическая база животноводства.

Это генетическое однообразие способствует возникновению эпидемий, т.к. возбудители болезней и вредители постепенно преодолевают естественную, а также искусственную устойчивость растений, опирающуюся на химические средства. В силу ослабления защитных свойств средний срок службы обычных сортов зерновых составляет ныне всего 5 – 10 лет.

В 40-х годах человек открыл пенициллин, ДДТ – мощные средства химической борьбы против насекомых-вредителей, грибков, бактерий, вирусов-возбудителей болезней. Тем самым изменил среду своего обитания. Организмы быстро приспособились к новой среде и практически не боятся пестицидов. Во многих случаях устойчивость возросла в сотни раз. Уже нет эффективных препаратов против колорадского жука, совки, капустной моли. Через 10 лет число устойчивых к пестицидам видов насекомых достигнет 1500. Непредвиденное увеличение численности насекомых следует сразу после проведения мероприятий по борьбе с ними. Это так называемый бумеранг-эффект. Выжившие дают потомство устойчивых «супервредителей». После ряда спокойствия вновь дает знать о себе саранча. Более 1/5 территории планеты может подвергнуться ее нашествию. Это самый опасный (после крыс) вредитель. Малярия, передаваемая комарами сейчас вновь возвращается. Насчитываются 7 видов грызунов (включая крыс) невосприимчивых к ядохимикатам.

Как видим, решение современных сложных проблем сохранения жизни на Земле требуют серьезных экологических знаний.

11. ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

- *Природные ресурсы. Классификация;*

- *Природопользование;*

- *Проблемы использования природных ресурсов.*

11.1. Природные ресурсы. Классификация

Природные ресурсы – это совокупность естественных тел, веществ и явлений природы, которые человек использует для достижения целей, направленных на обеспечение своего существования. К ним относятся: воздух, солнце, ветер, вода, земля, лес, естественные строительные материалы, полезные ископаемые и многое другое.

С появлением на земле человека естественные процессы, протекающие в природной среде, стали меняться.

Природопреобразующая деятельность людей, явившаяся новой движущей силой развития природы, называется антропогенным фактором.

Человек использует отдельные компоненты окружающей природной среды для своих разнообразных целей. Таким образом, эти компоненты становятся ресурсами деятельности человека.

Классификацию природных ресурсов можно представить в виде схемы (рис.11.1).

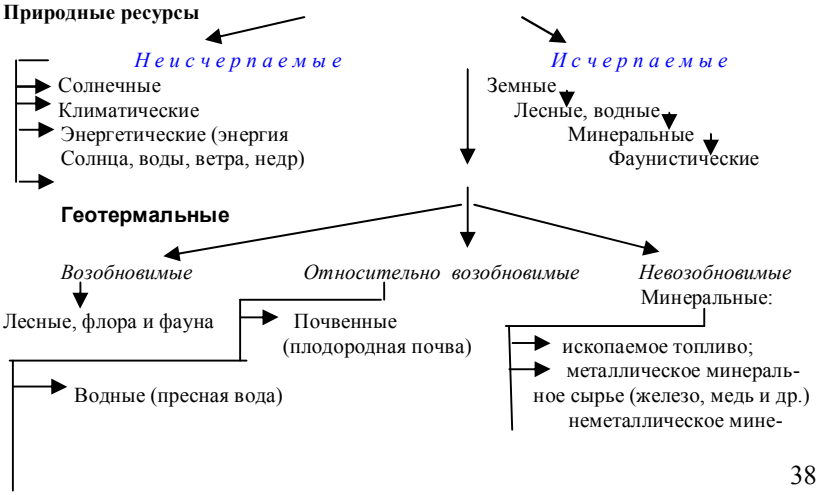




Рис. 11.1. Классификация природных ресурсов

Первым признаком классификации природных ресурсов является их *вид*. Согласно этому признаку они делятся на природные явления (например, солнечная энергия, ветер, приливы и отливы океана), животный мир, растительный мир, природные вещества (вода, воздух, почва) и полезные ископаемые (например, нефть, золото, руды). Причем, полезные ископаемые могут быть готовыми к потреблению (уголь, драгоценные и отделочные камни, соль) и требующими переработки, синтеза (нефть, руда, синтетические удобрения).

Вторым признаком классификации природных ресурсов является их *исчерпаемость*. По этому признаку они делятся на исчерпаемые и неисчерпаемые.

Неисчерпаемые природные ресурсы – это природные физические явления и тела, количество и качество которых практически не меняется или меняется лишь неощутимо в процессе длительного природопользования. Такими ресурсами являются солнечная энергия, ветровая энергия, энергия движущейся воды, энергия земных недр.

Исчерпаемые природные ресурсы – это природные физические тела и явления, количество и качество которых существенно изменяются в процессе длительного природопользования.

Третий признак классификации – это возобновимость исчерпаемых ресурсов. По этому признаку исчерпаемые ресурсы делятся на:

- возобновимые – способные к самовоспроизводству (растительный и животный мир, мир микроорганизмов);
- невозобновимые – образовавшиеся в недрах земли в течение миллионов лет (рудные и нерудные полезные ископаемые, длительное пользование которыми приводит к истощению их запасов, пополнение которых практически невозможно);
- относительно возобновимые – способные к воспроизводству в темпах, отстающих от темпов потребления (чернозем, спелая древесина).

11.2. Природопользование

Природопользование – это использование человеком в целях своего жизнеобеспечения веществ и свойств окружающей среды.

Природопользование человека проявляется в четырех формах:

- жизнеобеспечивающей,
- хозяйственно-экономической,

- оздоровительной,
- культурной.

Наиболее важной является *жизнеобеспечивающая* форма природопользования, включающая использование воздуха для дыхания, воды для питья, растительный и животный мир для питания.

Формы природопользования осуществляются в двух видах: *общего и специального природопользования.*

Общее природопользование не требует специального разрешения (пользование водой, воздухом).

Специальное природопользование осуществляется физическими и юридическими лицами на основе разрешения уполномоченных государственных органов.

В зависимости от последствий хозяйственной деятельности человека различают:

- нерациональное;
- рациональное природопользование.

Нерациональное природопользование ведет к истощению природных ресурсов, загрязнению окружающей среды, нарушению экологического равновесия экосистем, в конечном счете, к экологическому кризису или катастрофе.

Это связано с незаинтересованностью производителей, низкой экологической культурой, недостаточными знаниями экологических процессов, принципов охраны окружающей среды.

Охрана природы (окружающей среды) – система международных, государственных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование, воспроизводство и охрану природных ресурсов, улучшение состояния природной среды в интересах удовлетворения материальных и культурных потребностей как существующих, так и будущих поколений людей. Рациональное природопользование и охрана природы (окружающей среды) тесно связаны друг с другом.

Рациональное природопользование. Основные аспекты рационального природопользования и охраны природы: экономический; здравоохранительный, эстетический , научно-познавательный и воспитательный.

Рациональное природопользование отличается следующими особенностями:

1) использование природных ресурсов должно сопровождаться их восстановлением (для возобновляемых природных ресурсов);

2) комплексное использование природных ресурсов;

3) вторичное использование природных ресурсов;

4) проведение природоохранных мероприятий;

5) внедрение новейших технологий с целью снижения антропогенной нагрузки на окружающую природную среду.

1. Использование природных ресурсов должно сопровождаться их восстановлением. Восстановительные мероприятия могут использоваться только для возобновляемых природных ресурсов, к которым относятся растительный и животный мир, плодородие почв. Строго контролируются государством, например, вырубка лесов, охота и другие виды деятельности, которые могут нанести невосполнимый урон этим видам ресурсов.

Для охраны животного и растительного мира предусмотрено создание особо охраняемых территорий, к которым относятся: заповедники, заказники, национальные и природные парки, памятники природы.

2. Комплексное использование природных ресурсов. Это направление рационального природопользования должно осуществляться, в первую очередь, для исчерпаемых природных ресурсов, т.е. для полезных ископаемых.

В свою очередь, здесь можно выделить две тенденции: во-первых, использование одних и тех же ресурсов в разных отраслях хозяйства; во-вторых, более полное извлечение ресурсов на стадии добычи.

Отходы многих промышленных производств, в том числе шлаки металлургической промышленности, каменно-угольные и буроугольные золы, отходы бумажной промышленности, могут использоваться в сельском хозяйстве для известкования кислых почв.

Перспективным направлением является *комплексная разработка месторождений полезных ископаемых*. Практически все месторождения рудных полезных ископаемых являются комплексными: они содержат, как правило, несколько различных минералов и химических элементов, один из которых является основным, другие – попутными.

Получаемый при добыче нефти попутный газ, который часто сжигают в факелах, можно использовать в химической промышленности для получения многих ценных соединений.

3. Вторичное использование природных ресурсов. Практически все виды производимых материалов: металл, бумагу, ткани, пластмассу – можно подвергать вторичной переработке. Во-первых, вторичная

переработка позволяет экономить первичное сырье и энергию, т.к. на производство продуктов из вторичного сырья требуется намного меньше энергии.

Во-вторых, вторичная переработка позволяет уменьшить количество твердых отходов.

Вторичная переработка, несмотря на очевидные преимущества, используется пока далеко не для всех видов отходов, т.к. технологии переработки являются весьма сложными и дорогостоящими.

4. Проведение природоохранных мероприятий. Эти мероприятия должны проводиться *промышленными предприятиями*, а государственные органы, отвечающие за охрану окружающей природной среды, должны *контролировать* их выполнение.

Любое промышленное предприятие должно быть оснащено очистными сооружениями, принимать меры по внедрению малоотходных технологий, обеспечивать соблюдение режима санитарно-охранных зон, которые устанавливаются вокруг каждого предприятия.

Государственные контролирующие органы должны следить за тем, чтобы не вводились в эксплуатацию предприятия, не обеспеченные очистными соору-жениями, не нарушались нормы и правила по охране окружающей природной среды.

5. Внедрение новейших технологий с целью снижения нагрузки на окружающую природную среду. Новейшие технологии разрабатываются сейчас по многим направлениям: энергопроизводство, ресурсосбережение, вторичная переработка, очистка выбросов, мониторинг окружающей среды.

К энергосберегающим технологиям относится, например, использование нетрадиционных источников энергии: солнечной энергии, энергии морских приливов, энергии земных недр.

Внедрение ресурсосберегающих технологий особенно актуально для исчерпаемых природных ресурсов. Например, разрабатываются технологии, которые позволят увеличить глубину переработки нефти.

К новым технологиям очистки выбросов можно отнести нейтрализаторы выхлопных газов автомобилей, которые позволят снизить количество углекислого, угарного газов и углеводородов.

11.3. Проблемы использования природных ресурсов

Рассмотрим проблемы использования природных ресурсов: воды, полезных ископаемых, земли, растительного и животного мира.

А) Вода является неисчерпаемым природным ресурсом в общепланетарном масштабе, т.к. ее общее количество на планете поддерживается постоянным влагооборотом между океаном, атмосферой и сушей Земного шара.

Основной проблемой в настоящее время является загрязнение пресных вод различными загрязнителями: пестицидами и ядохимикатами, нефтью и нефтепродуктами, поверхностно- активными веществами. Нарастающее загрязнение водоемов и водостоков наблюдается во всех промышленных странах.

Основными направлениями рационального использования водных ресурсов являются:

1) вторичное использование;

2) применение новых технологий очистки;

3) организационные мероприятия.

1) Вторичное использование воды применяется на промышленных предприятиях в различных технологических процессах.

Для проведения экзотермических химических реакций, т.е. процессов, идущих с выделением тепла, требуется отвод тепла, т.е. охлаждение аппарата, в котором эта реакция протекает. Для проведения эндотермических химических реакций, т.е. процессов, идущих с поглощением тепла, требуется подвод тепла, т.е. нагревание аппарата. Обычно используют теплообменные аппараты, одним из видов которых является аппарат с рубашкой. В рубашке циркулирует вода. В первом случае в рубашку подается холодная вода, которая отводит тепло, т.е. в процессе циркуляции нагревается. Во втором случае подается предварительно нагретая вода, которая в свою очередь обогревает аппарат, т.е. выполняет роль теплоносителя и в процессе циркуляции охлаждается.

При совмещении экзо- и эндотермических процессов холодная вода, используемая в первом аппарате, выходит из рубашки уже горячей, и ее можно использовать во втором аппарате без дополнительного подогрева. Таким образом можно вторично использовать воду и сэкономить энергию для ее нагрева.

2) Новые технологии очистки воды. В настоящее время применяются более совершенные методы очистки воды: физико-химические, биотехнологические.

К физико-химическим методам относятся: радиационные, ионообменные, окислительно-восстановительные и другие методы очистки.

3) Организационные мероприятия – это административно-правовое и экономическое регулирование водопользования.

К экономическим методам регулирования водопользования относятся: *платность, лицензирование и лимитирование водопользования.*

Плата за пользование водными объектами вносится потребителями в виде регулярных платежей в течение срока водопользования и платежей на восстановление и охрану водных объектов.

Лицензии выдаются на отдельные виды водопользования. Они удостоверяют право на пользование водным объектом в определенных границах, в соответствии с указанной целью, на установленный срок.

Лимиты утверждаются органами водного хозяйства. Существуют лимиты на потребление вод для орошаемого земледелия, для промышленного потребления, на выбросы и сбросы сточных вод.

Б) Полезные ископаемые. Большинство минералов-спутников до сих пор остаются неизвлеченными из отходов промышленной переработки руд в виду несовершенных методов комплексного использования минерального сырья. Сохраняются потери руд при их добыче. Миллиарды кубометров нефтяного газа сжигается в факелах.

Классификацию полезных ископаемых можно представить в виде схемы (рис. 11.2).



Рис. 11.2. Классификация полезных ископаемых

В) Земли. Любой вид использования земель ведет к их деградации. О проблемах нарушенных земель мы коснемся, изучая раздел «Охрана почв и их рациональное использование».

Г) Растительный и животный мир. Рациональное использование растительного мира предполагает эфективное использование земель Лесного фонда и повышение их продуктивности. Комплексное использование лесных ресурсов предполагает рациональное использование древесины, переработку отходов деревообработки, недревесной продукции: плодов, семян, соков, грибов, ягод, лекарственных растений, организация сенокошения, пчеловодства, охоты и использование рекреационных функций лесов.

В целях рационального использования природных ресурсов созданы особо охраняемые природные территории: заповедники (в том числе биосферные – т.е. первозданные, их 300 в мире), государственные природные заказники (временно охраняемые природные комплексы), национальные природные парки (используются в природоохранных, рекреационных, научных и культурных целях); памятники природы и особо ценные лесные массивы (места произрастания редких и ценных видов растений, места типичных ландшафтов).

12. ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

- Строение гидросферы;
- Состав природной воды;
- Источники загрязнения поверхностных и подземных вод;
- Самоочищение гидросферы;
-Очистка сточных вод: механическая очистка; физико-химические методы очистки; химические методы; биологическая очистка; доочистка сточных вод; обработка осадков;
- Опреснение воды;
- Рациональное использование водных ресурсов Казахстана;
- Конструкции и эксплуатация отдельных очистных сооружений.

12.1. Строение гидросферы

Гидросфера – совокупность всех вод Земли: материковых, океанических, атмосферных (океаны, моря, озера, реки, горные ледники, льды, болота, атмосферные пары, влага почвы, подземные воды) (рис.12.1). Жизнь в гидросфере распространена повсеместно.

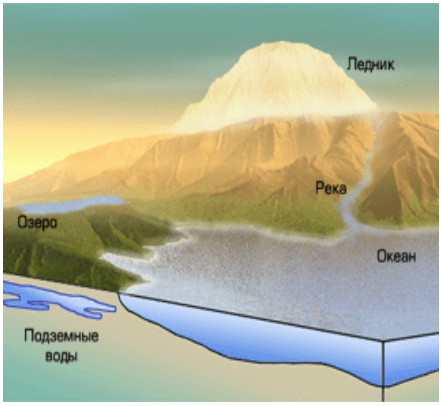


Рис.12.1. Гидросфера Земли

Поверхностные воды. Наибольшее значение в биосфере имеют воды Мирового океана, атмосферы и поверхностных водоемов. В океане зародилась жизнь, его роль в биосфере огромна, но воды суши более активны в современных биосферных процессах. 93,9 % общего количества воды в гидросфере Земли сосредоточено в Мировом океане. *Океаническая* вода представляет собой раствор солей со средней концентрацией 35 г/дм^3, - причем в составе, г/дм^3:

$NaCl$ – 27,2; $MgCl_2$ – 3,4; $MgSO_4$ – 2,0; $CaSO_4$ – 1,3; KCl – 0,6; $CaCO_3$ – 0,1.

Морские животные приспособлены к жизни в соленой воде, так, у рыб соли натрия выделяются клетками жаберного аппарата, а соли магния – почками. Предельная соленость, при которой возможно существование живых организмов в 8 раз превышает концентрацию солей морской воды. При большей солености в озерах живут только рачок артемия (Artemia salina) и бактерии.

Преобладающая часть поверхностных водоемов и водотоков имеет пресную воду с концентрацией солей, как правило, не более 0,5 г/дм^3.

К *внутренним водоемам* относятся озера, водохранилища и пруды, разделенные участками суши.

В соленых озерах концентрация солей может превышать 300 г/дм^3.

К *пресным* относятся водоемы с концентрацией солей менее 0,5 %. Химический состав зависит от нахождения их в определенной зоне.

В *воде озер тундры* присутствуют ионы кремния и гидрокарбонат-ионы (HCO_3^-), *лесной зоны* – ионы кальция и гидрокарбонат-ионы, *степной* – ионы натрия и сульфат-ионы (SO_4^{2-}) или ионы натрия и хлора, *пустынной* – ионы натрия и хлора.

Характерной чертой водоемов суши является *стратификация*. В очень глубоких озерах существует застойная зона, лишенная кислорода, с постоянными температурой и химическим составом.

Водотоки (реки, ручьи, источники) отличаются от водоемов несколькими особенностями: подвижность воды, способствующая равномерной и большей концентрации кислорода в ней; воды рек и ручьев пресные, минерализованные; бывают «черные» реки с большим содержанием взвесей органических веществ.

Источники бывают холодные и горячие. По мере повышения температуры воды видовой состав биоты обедняется: зеленые водоросли исчезают при 38 ºС, диатомовые – при 45 ºС, сине-зеленые – свыше 60 ºС, а бактерии могут существовать при температуре 77 ºС.

Подземные воды. Самые большие запасы воды находятся в *подземных* кладовых – более 1,3 млрд.км^3 воды, примерно столько же сколько и в Мировом океане. В состав *подземной гидросферы* входят грунтовые воды и водоемы пещер. В грунтовых водах полностью отсутствует солнечное освещение, потому в них могут жить только хемосинтезирующие бактерии.

До глубины 300 – 500 м находится зона интенсивного водообмена: верховодка и грунтовые воды, которые постоянно связаны с наземными водоемами (рис.12.2). Скорость движения воды здесь небольшая (см/с) и полный обмен с поверхностными водами может достигать столетий. Ниже, на глубине 1,5 – 2 км водообмен затруднен из-за уменьшения пористости и трещин пород. Средние темпы возобновления запасов воды составляют здесь десятки – сотни тысяч лет, еще глубже водообмен может происходить за миллионы лет.

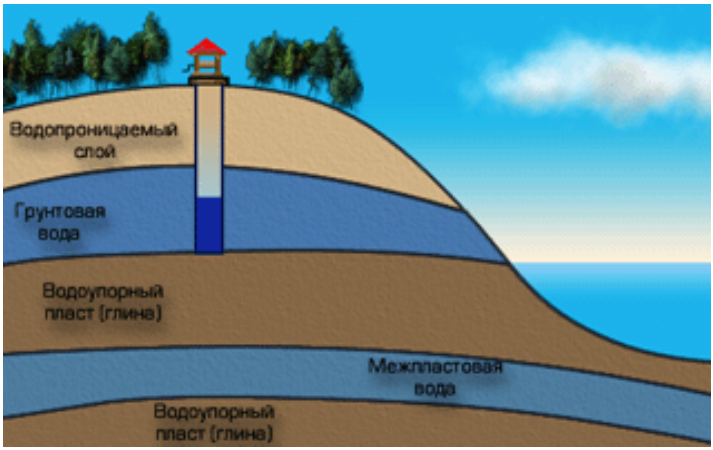


Рис.12.2. Залегание подземных вод

На рис. 12.3 показана схема залегания подземных вод.

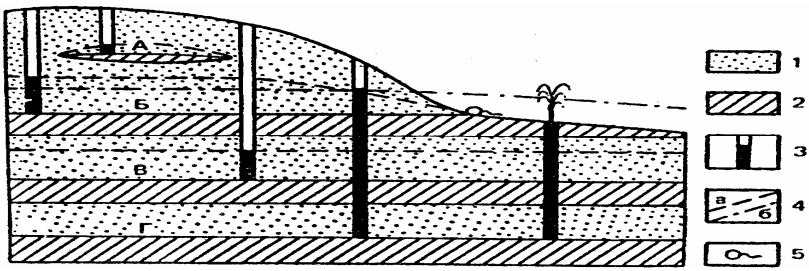


Рис. 12.3. Схема залегания подземных вод:

А – верховодка; Б – грунтовые воды, образующие зону активного водообмена; В – безнапорные межпластовые воды; Г – напорные подземные воды: 1 – проницаемые, 2 – непроницаемые породы – водоупоры; 3 – буровые скважины и уровни воды в ней, одна из них – артезианская – фонтанирует; 4 – уровни воды; а – свободный (у грунтовых вод); б – напорный; 5 – источник (родник)

Примерно также подземные воды располагаются по минерализации – степени содержания растворенных солей. В пределах первых сотен метров вглубь от поверхности минерализация составляет около 1 % (1 г/дм^3) с преобладанием гидрокарбонатного аниона HCO_3^-; глубже минерализация возрастает до 3,5 %, здесь много сульфатных анионов; еще глубже минерализация превышает 3,5 %, состав подземной воды приближается к составу морской воды, увеличивается концентрация хлора. Поэтому часто подземные воды делят на три класса: гидрокарбонатные, сульфатные и хлоридные.

Подземные воды содержат азот и кислород, глубже появляются сероводород и метан, а в глубоко залегающих водах – углекислый газ и водород. В подземных водах на глубине от 1 до 4 км содержится до 1000 см^3/л газов, а в океане только до 20 см^3/л. Общая масса газов, растворенных в глубинных водах, приближается к массе атмосферы Земли.

В подземной гидросфере содержится значительное количество растворенных органических веществ.

12.2. Состав природной воды

Качество природной воды в большей степени определяется концентрацией растворенных в ней минеральных солей. Выделяют два больших класса минеральных солей, обычно встречающихся в природной воде (табл. 12.1).

Таблица 12.1

Основные компоненты минерального состава воды

Класс	Компонент минерального состава воды	Предельно-допустимая концентрация (ПДК) (хоз.питьевого назначения)
1-й класс	КАТИОНЫ:	
	Кальций (Ca^{2+})	200 мг/дм^3
	Магний (Mg^{2+})	100 мг/дм^3
	Натрий (Na^{+})	200 мг/дм^3
	АНИОНЫ:	
	Нитрат (NO_3^{-})	45 мг/дм^3
	Карбонат (CO_3^{2-})	100 мг/дм^3
	Гидрокарбонат (HCO_3^{-})	1000 мг/дм^3
	Хлорид (Cl^{-})	350 мг/дм^3
	Сульфат (SO_4^{2-})	500 мг/дм^3
2-й класс	КАТИОНЫ:	
	Аммоний (NH_4^{+})	2,5 мг/дм^3
	Металлы	0,001 ммоль/дм^3
	Железо общее (сумма Fe^{2+} и Fe^{3+})	0,3 мг/дм^3
	АНИОНЫ:	
	Нитрит (NO_2^{-})	0,1 мг/дм^3
	Фосфат (PO_4^{3-})	3,5 мг/дм3

Основной вклад в общее солесодержание вносят соли 1-го класса.

Соли 2-го класса также необходимо учитывать при оценке качества воды, т.к. на каждую из них установлено значение ПДК, хотя они вносят незначительный вклад в общее солесодержание природных вод. Концентрации растворенных в воде минеральных солей определяют методами аналитической химии.

Нарушенный минеральный состав воды сказывается на жизнедеятельности простейших (клеточных) организмов, т.к. растворенные соли определяют обмен веществ клеток с окружающей средой и являются строительным материалом для элементов живой клетки. Повышенная концентрация солей в воде пагубно сказывается на минеральном составе окружающей водоем почвы, вызывая ее засоление как в процессе впитывания грунтовой воды почвой (транспирации), так и при орошении такой водой сельскохозяйственных полей.

Как известно, все примеси воды по фазово-дисперсному состоянию классифицированы Кульским Л.А. на 4 группы:

примеси 1 группы – грубодисперсные примеси воды, образующие с водой суспензии, эмульсии, а также планктон и патогенная микрофлора, – находятся во взвешенном состоянии и эффективно удаляются из нее под действием сил гравитации, прилипания (адгезии, когезии и аутогезии), сопряженного соосаждения;

примеси 2 группы – примеси *коллоидной* степени дисперсности: неорганические и органические вещества, высокомолекулярные соединения, вирусы – удаляют главным образом *коагуляцией, сорбцией и окислением*;

примеси 3 группы – образующиеся *молекулярные* растворы (растворимые в воде газы и органические вещества – неэлектролиты или слабые электролиты), способны взаимодействовать друг с другом и с водой. В первом случае молекулы ассоциируются, во втором – гидратируются. Газообразные вещества удаляют *аэрированием,* органические вещества – *сорбцией, экстракцией.*

примеси 4 группы – примеси *ионной* степени дисперсности, образующиеся в результате диссоциации в воде кислот, солей, оснований, – удаляют, переводя их из ионного в *нерастворимое (осадок)* и *малодиссоциированное* состояния, а также *ионообменной сорбцией, электродиализом, обратным осмосом.*

12.3. Источники загрязнения поверхностных и подземных вод

Поверхностные воды. Одной из глобальных проблем сегодня является *загрязнение Мирового океана*. Основные загрязняющие компоненты которого: нефтяные углеводороды, биогенные компоненты, пестициды,



тяжелые металлы, радионуклиды и др. В настоящее время в океан поступает более 30 тыс. различных химических соединений в количестве до 1,2 млрд.т., 20 – 30 % поверхности океана покрыто нефтяной пленкой, а это ухудшает круговорот воды, процесс обогащения воды кислородом (фотосинтеза), отравляет жизнь обитателям океана (рис.12.4).

Рис.12.4. Нефтяной разлив в океане

Более 48 % нефтепродуктов дает танкерный флот в результате аварий. Океан загрязнен радиоактивными веществами в результате ядерных испытаний, захоронения радиоактивных отходов на дне в контейнерах, корродирующих в агрессивной соленой воде, крупномасштабных аварий судов с атомными реакторами.

Основные *источники загрязнения водоемов* – предприятия черной, цветной металлургии, химической и нефтехимической, целлюлозно-бумажной, легкой промышленности, бытовые стоки, суда.

Основной причиной загрязнения водных бассейнов является сброс в водоемы неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод промпредприятиями, коммунальным и сельским хозяйством.

Среди загрязнителей водной среды выделяют:

- легко поддающиеся разложению органические вещества (бытовые стоки);

- трудно или совсем не поддающиеся разложению (главным образом промышленные стоки);
- соли (хлориды, сульфаты, нитраты и пр.);
- соединения тяжелых металлов (ртути, кадмия, свинца, ниобия и др.).

В табл. 12.2 показаны приоритетные загрязнители водных экосистем.

Таблица 12.2

Приоритетные загрязнители водных экосистем по отраслям промышленности

Отрасль промышленности	Преобладающие виды загрязнителей
1. Целлюлозно-бумажный комплекс, деревообработка	Органические вещества (лигнины, смолистые и жирные вещества, фенол, метилмеркаптан и др.), аммонийный азот, сульфаты, взвеш. Вещества
2. Нефтегазодобыча	Нефтепродукты, СПАВ, фенолы, аммонийный азот, сульфиды
3. Машиностроение, металлообработка, металлургия	Тяжелые металлы, взвешенные вещества, цианиды, аммонийный азот, нефтепродукты, смолы, фенолы, флотореагенты
4. Химическая, нефтехимическая	Фенолы, нефтепродукты, СПАВ, полициклические ароматические углеводороды, бензапирен, взвеси
5. Горнодобывающая, угольная	Флотореагенты, минеральные взвешенные вещества, фенолы
6. Легкая, текстильная, пищевая	СПАВ, нефтепродукты, органические красители, органические вещества
7. Предприятия транспорта и транспортные средства	нефтепродукты, взвеси, тяжелые металлы, ПАВ

Загрязнения, поступающие в сточные воды, условно делятся на: *нерастворимые, коллоидные, растворенные примеси, а также минеральные, органичес- кие, бактериальные или биологические.*

Минеральные загрязнители: песок, глина, частицы руды, шлака, минеральных солей, кислоты, щелочи, нефть и нефтепродукты и др.

Органические загрязнения: растительного и животного происхождения.

Биологические загрязнения: микробиологическое загрязнение в результате поступления в водоемы дрожжевых, плесневых грибков, мелких водорослей, и разнообразных бактерий, в том числе патогенных (болезнетворных) микроорганизмов; загрязнения производителей антибиотиков, ферментов, вакцины, сыворотки, кормового белка, биоконцентратов, промышленного биосинтеза, в выбросах которых присутствуют живые клетки микроорганизмов; стоки некоторых предприятий – бойни, кожевенных, меховых, обработки шерсти и др.

До 58 % органических веществ и 42 % минеральных содержится в бытовых сточных водах, включающих воды кухонь, туалетов, душевых, прачечных, бань, столовых, больниц, т.е. органическое загрязнение невысокое, но значительно бактериальное загрязнение. Эти загрязнения можно отнести к органическим, но ввиду особой значимости их выделили в самостоятельную группу.

В промышленности вода используется не только в производственных циклах, но и для охлаждения, промывки емкостей и пр. Поэтому физические загрязнения водоемов и водотоков – теплые сточные воды, радиоактивные.

Среди *химических* загрязнителей водоемов наиболее распространены: синтетические поверхностно-активные вещества (ПАВ), пестициды и др.

ПАВ зачастую появляются в питьевой воде водопроводов из-за неэффективной очистки вод. Различают 4 класса ПАВ: анионоактивные, неионогенные, катионоактивные, амфолитные.

Анионоактивные вещества являются основой синтетических моющих средств (детергентов). К ним относятся алкилсульфаты, сульфонолы, алкилсульфонаты, динатриевая соль моноалкилсульфоянтарной кислоты (ДНС).

Неионогенные вещества в меньшей степени применяются в синтетических моющих средствах (СМС), в основном – в промышленных целях. Это ОП-7, ОП-10, синтанолы, синтамид, проксанолы, проксамины и др.

Катионоактивные вещества вводятся в СМС как дезинфицирующее средство в незначительных количествах.

ПАВ могут попадать в подземные воды при использовании почвенных методов очистки сточных вод, содержащих ПАВ. ПАВ образуют стойкую пену. Наряду с ПАВ в бытовых стоках могут быть другие ингредиенты СМС – триполифосфат натрия, кальцинированная сода, силикат натрия, отбеливатели, парфюмерные отдушки, антистатики, сульфат натрия и многие другие.

Основной загрязнитель ПАВами – легкая промышленность: текстильная, меховая, кожевенная, хлопкопрядильная при мойке, отбелке, крашении, печатании тканей. ПАВ применяются при флотообогащении руд, синтезе полимеров, для улучшения условий бурения нефтяных и газовых скважин, заводнения нефтяных пластов, борьбы с отложениями парафина, коррозией оборудования.

Пестициды поступают в водоемы с дождевыми и талыми водами (поверхностный сток), смывающими их с растений и почвы; при авиа- и наземной обработке сельскохозяйственных полей, лесов и др.

Азот и фосфор. Повышение содержания в воде азота и фосфора, поступающих в водоем в составе стоков (из почв вымываются минеральные удобрения), приводит к эвтрофикации водоема.

Нефтепродукты. К наиболее токсичным и быстродействующим относятся низкокипящие ароматические углеводороды (бензин, толуол, бензол, ксилил и др.). При концентрации более 1 мг/м^3 нефти проявляется токсичность в воде. Специфический запах появляется уже при 200 – 400 мг/м^3 нефти.



Рис. 12.5. Нефтяной разлив в водотоке

Со временем нефть испаряется, растворяется, фотохимически окисляется, эмульгируется, биодеградирует и ее концентрация уменьшается. Окисленная нефть оседает на дно водоемов. Растворимость нефти в морской воде зависит от ее солености. Нефтяная пленка на воде может образовывать эмульсии типа «вода в нефти » и «нефть в воде». Эмульсия типа «вода в нефти» способна разрушаться или разлагаться под действием бактерий. Высокомолекулярные соединения, смолы, асфальтены способствуют образованию стойкой эмульсии «нефть в воде». Эта эмульсия содержит 30–80 % стабилизированного планктона, органических остатков и бактериальной слизи («шоколадный мусс»). Эмульсия типа «шоколадный мусс» практически не поддается бактериальному разрушению. Вода постепенно вымывается и образуются твердые сгустки – «смоляные шарики». В зависимости от плотности они плавают на поверхности или опускаются на дно. Нефть взаимодействует со льдом, который способен поглощать ее в количествах до одной четверти от своей массы. Лед, насыщенный нефтью, может при таянии стать источником загрязнения любого района океана.

Различные виды бактерий по-разному реагируют на нефтяное загрязнение. Группа нефтеокисляющих бактерий разлагают нефть, за счет которых происходит самоочищение водоема. Другие бактерии (бактеринейстон и бактериопланктон) при концентрации загрязнения 150 – 200 мг/л в 100 – 1000 раз снижают скорость своего размножения.

Нефть пагубно действует на донные организмы (бентос). Нефть оказывает наркотическое действие и некоторые рыбы не стремятся покинуть загрязненную зону. Содержание нефти в воде выше 100 мг/м^3 придает мясу специфический запах и привкус, неустранимый ни при какой технологической обработке.

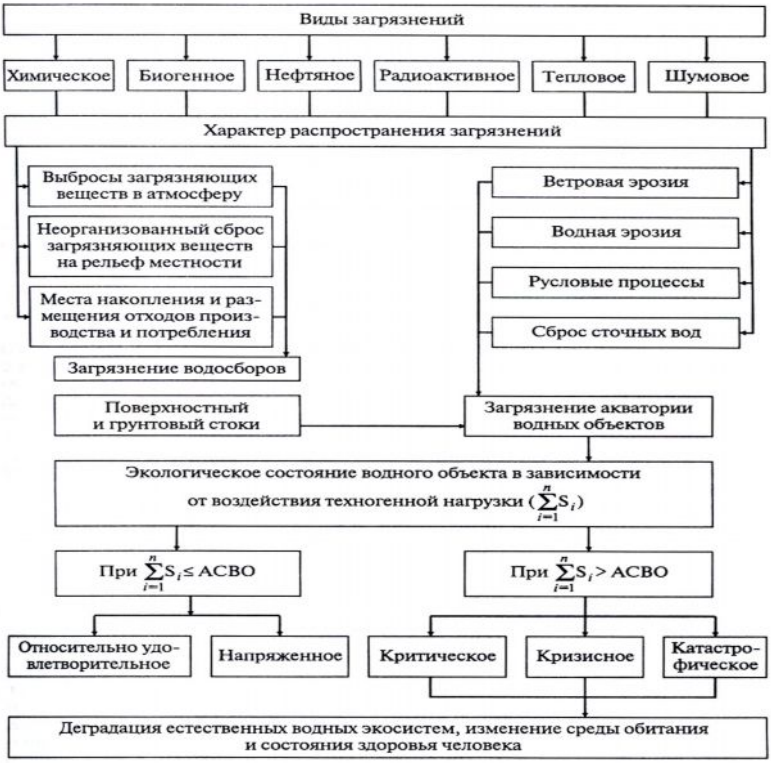


Рис. 12.6. Структурно-логическая схема возможного изменения экологического состояния водного объекта:
АСВО – ассимилирующая способность водного объекта
(по В.И.Сметанину)

Источниками антропогенного обогащения природной воды *минеральными солями*, приводящего к нарушению природного солевого равновесия в воде, являются:

– талые воды с посыпаемых солями зимой улиц городов и дорог;

– сточные дождевые воды с полей, газонов после применения на них минеральных удобрений;

– неочищенные сточные воды, рассолы, сбрасываемые промышленными предприятиями и др.

Повышенная концентрация солей ухудшает вкус питьевой воды, а при концентрации солей, превышающих ПДК, вода становится непригодной для питья и хозяйственных нужд.

Структурно-логическая схема возможного изменения экологического состояния водного объекта от воздействия техногенных загрязняющих веществ представлена на рис. 12.6.

Подземные воды. Выделяют микробное и химическое загрязнение подземных вод. Источники загрязнения подземных вод – промпредприятия и коммунально-бытовые объекты. При микробном загрязнении подземных вод патогенные бактерии и вирусы длительно сохраняются (до 100 и более суток). Чаще загрязняются грунтовые воды из-за полей ассенизации, фильтрации, скотных дворов, сбросных ям, колодцев, скважин, прудов-отстойников, шламовых прудов, прудов-накопителей, прудов-испарителей, хвостохранилищ, золоотвалов, атмосферных осадков и др.

Артезианские воды загрязняются в случае сбросов стоков в поглощающие скважины, заброшенные скважины, через аварийные корродированные трубы.

Химическое загрязнение возможно через поверхностные воды, которые подпитывают подземные.

12.4. Самоочищение гидросферы

Любой биогеоценоз обладает уникальным свойством самоочищения.

Самоочищение водотоков протекает более интенсивно, чем водоемов и тем более подземных вод. Если не нарушать биологическое состояние реки, она восстановится уже через 20 дней после прекращения сбросов загрязняющих веществ. Подземные же воды восстановятся только через 300 – 400 лет.

Самоочищение в гидросфере связано с круговоротом веществ. Факторы самоочищения водоемов: первостепенное значение имеют разбавление, растворение и перемешивание поступающих загрязнений. Интенсивное течение реки обеспечивает хорошее перемешивание и снижение концентраций взвешенных частиц. Оседание в воде нерастворимых осадков, а также отстаивание загрязненных вод способствует самоочищению водоемов. Важным физическим фактором самоочищения водоемов (обеззараживания воды) является ультрафиолетовое излучение Солнца.

Природными накопителями воды называют болота. На земном шаре болота занимают всего 2 – 4 % поверхности суши. Различают *низинные* (питаются грунтовыми или речными водами; встречаются в засушливых областях по долинам и в дельтах крупных рек), *верховые* (питаются атмосферными осадками; встречаются в тундровой и таежной зонах Евразии) и *переходные* болота. В восстановлении и очистке воды большое значение имеют мхи – основа торфа. Мох всасывает воду всем телом как капиллярный насос, фильтрует воду. В годы войны сфагновый мох использовали для остановки кровотечений, дезинфекции ран, для перевязок.

В Казахстане из 222,6 млн.га сельхозугодий только 21,7 млн.га пригодны для земледелия, из них заболоченных и переувлажненных земель – 4 млн.га, в т.ч. под пашнями – 0,6 млн.га.

В настоящее время разработаны международные проекты МАР и ТЕЛЬМА по охране болотных угодий.

В странах третьего мира 1 т неочищенной воды уже стоит 20 долларов. Японцы поставляют питьевую воду в обмен на нефть странам Персидского залива (28 центов за 1 т воды). Себестоимость 1 т воды в самом безводном государстве мира – Аравии – 2,5 доллара. В Японии 1 л воды по стоимости равен 1 л молока.

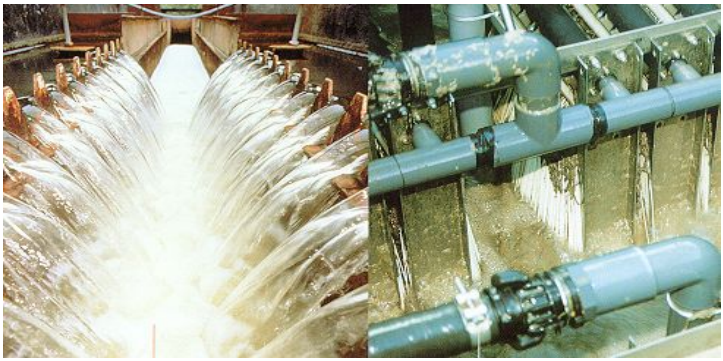
12.5. Очистка сточных вод

Сточные воды подразделяют на:

- *бытовые* (а также городские, их выделяют в отдельную группу);

- *производственные* (в зависимости от отрасли и конкретной технологической операции);

- *ливневые* (дождевые, с территории промышленной площад-



ки).

Загрязнения, содержащиеся в сточных водах, бывают минерального, органического и бактериального происхождения и могут находиться в растворенном, коллоидном и нерастворенном состояниях. Степень загрязненности сточных вод определяют по ряду показателей санитарно-химического анализа.

В общем виде для очистки сточных вод применяются технологии, включающие собственно очистку и доочистку, включающие различные операции (рис. 12.6).

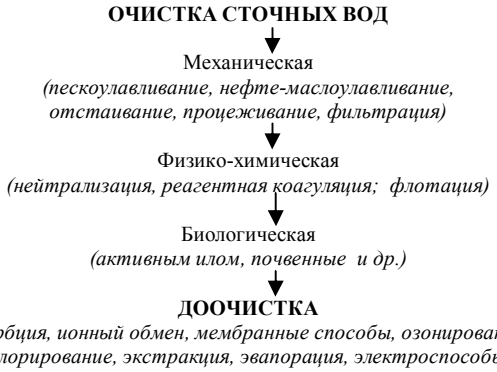


Рис. 12.6. Способы очистки сточных вод

В зависимости от типа процессов, протекающих в очистных сооружениях, различают механическую, физико-химическую и биологическую очистку сточных вод (рис. 12.7).

Дождевая вода стекает в водохранилище
Водохранилище

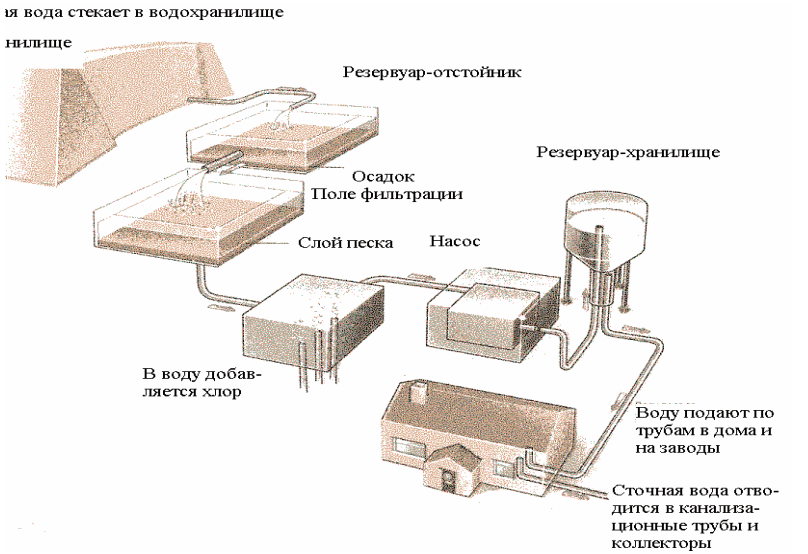


Рис. 12.7. Принципиальная схема очистки сточной воды

На очистных сооружениях образуются большие массы осадков, которые подготавливают к дальнейшему использованию: обезвоживают, сушат, обезвреживают и обеззараживают. При необходимости сточные воды, прошедшие сооружения полной биологической очистки, подвергают доочистке. После основной очистки, перед сбросом в водоемы, сточные воды должны обеззараживаться с целью уничтожения патогенных микроорганизмов.

Для оценки работы сооружений механической очистки основными показателями являются БПК, ХПК, перманганатная окисляемость, содержание биогенных элементов, реакция среды, температура.

Известно, что для одних и тех же сточных вод ХПК всегда больше ВПК. При этом, если отношение БПК / ХПК > 0,5, сточные воды следует направлять на сооружения биологической очистки. В противном случае их подвергают физико-химической обработке. Для нормального хода процесса биологической очистки необходимо присутствие в водах биогенных элементов – азота и фосфора. По СНиП 2.04.03 – 85 содержание азота и фосфора должно удовлетворять соотношению БПК : N : P = 100 : 5 : 1. Для контроля за ходом процесса очистки в случае необходимости определяют содержание в воде токсичных веществ, которые не должны превышать предельно допусти-

мых концентраций (ПДК). К таким веществам относят ртуть, свинец, кадмий, цианиды, ПАВ и др.

Чтобы предотвратить нарушение кислородного режима в водоеме в результате сброса очищенных сточных вод, определяют содержание растворенного кислорода в воде водоема, которое регламентируется «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами».

12.5.1. Механическая очистка

Механическая очистка – предназначена для задержания нерастворенных примесей.

Механическая очистка – это, как правило, предварительная ступень перед биологической очисткой. В некоторых случаях можно ограничиться механической очисткой: например, если небольшое количество сточных вод сбрасывается в очень мощный водоем, или, если вода после механической очистки повторно используется на предприятии. При механической очистке удается задерживать до 60 % нерастворенных примесей (рис.12.9).

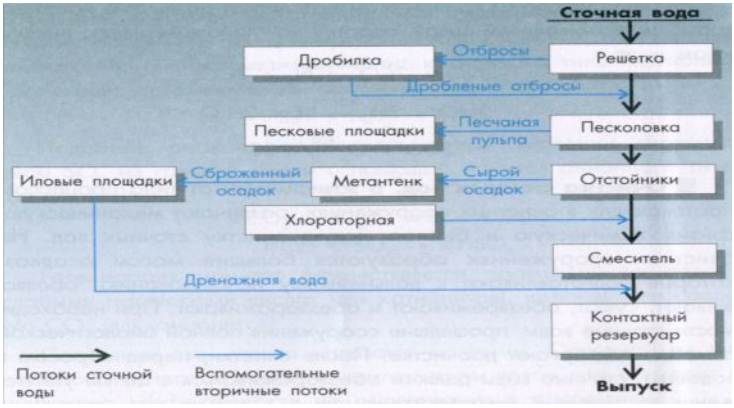


Рис. 12.9. Технологическая схема очистной станции с механической очисткой сточных вод

К сооружениям для механической очистки относятся: *решетки* и *сита* (для задержания крупных примесей), *песколовки* (для улавливания минеральных примесей, песка), *отстойники* (для медленно оседающих и плавающих примесей) и *фильтры* (для мелких нерастворенных примесей) (рис.12.10). Специфические загрязнения производственных сточных вод удаляются с помощью *жироловок, нефтелову-*

шек, масло- и смолоуловителей. Очистные сооружения располагаются по высоте обычно таким образом, чтобы вода из одного в другое поступала самотеком.

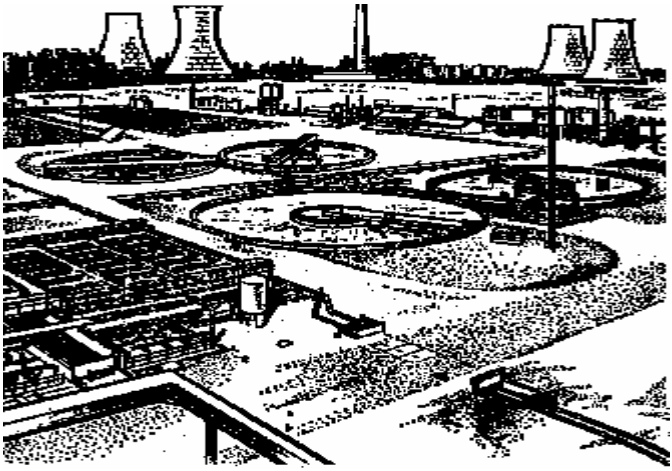


Рис. 12.10. Вид очистных сооружений

12.5.2. Физико-химические методы очистки

Физико-химические методы очистки применяются, в основном, для производственных сточных вод (в случае бытовых стоков их применение ограничено по экономическим соображениям). К этим методам относятся: *реагентная очистка (нейтрализация, коагуляция, озонирование, хлорирование и др.), сорбция, экстракция (лат. extrahere - извлекать), эвапорация (лат. evaporatio – выпаривание), флотация, электродиализ* и др.

Наибольшее распространение находят методы *реагентной очистки* с применением коагулянтов, в качестве которых используют сернокислый алюминий Al_2SO_4, хлорное железо $FeCl_3$, сернокислое железо $Fe_2(SO_4)_3$, известь $CaCO_3$ и др. (рис.12.11).

Производственные сточные воды от технологических процессов многих отраслей промышленности содержат щелочи и кислоты, а также соли тяжелых металлов. Для предупреждения коррозии материалов канализационных очистных сооружений, нарушения биохимических процессов в биологических окислителях и в водоемах, а также для осаждения из сточных вод солей тяжелых металлов кислые и щелочные стоки подвергают нейтрализации.

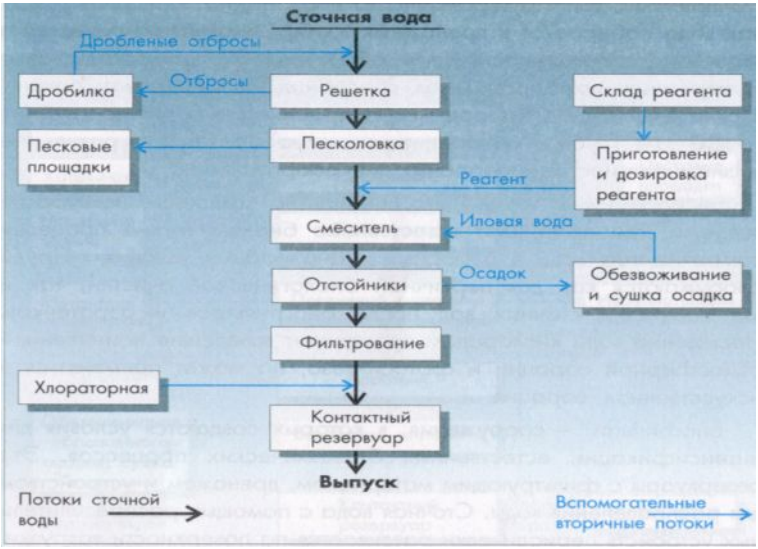


Рис. 12.11. Технологическая схема очистной станции с физико-химической очисткой сточных вод

В практике химической очистки применяются следующие способы нейтрализации:

а) взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод;

б) нейтрализация реагентами (растворы кислот, негашеная известь CaO, гашеная известь $Ca(OH)_2$ и др.);

в) фильтрование через нейтрализующие материалы (известь, известняк, доломит, магнезит, мел).

При нейтрализации сточных вод наиболее часто приходится иметь дело со сточными водами, содержащими серную кислоту; в этом случае реакция нейтрализации в зависимости от применяемого реагента протекает по уравнениям:

$$H_2SO_4 + Ca(OH)_2 = CaSO_4 + 2H_2O;$$
$$H_2S0_4 + CaCO_3 = CaSO_4 + H_2O + CO_2.$$

Образующийся в результате нейтрализации сульфат кальция (гипс) кристаллизуется из разбавленных растворов в виде $CaSO_4 \cdot 2H_20$, выпадая в осадок.

Процессы реагентной нейтрализации производственных сточных вод осуществляются на нейтрализационных установках или станциях, в состав которых входят: песколовки, резервуары-усреднители, склады нейтрализующих реагентов, растворные баки для приготовления рабочих растворов

реагентов, дозаторы рабочих растворов реагентов, смесители сточных вод с реагентами, камеры реакции (нейтрализаторы), отстойники для нейтрализованных сточных вод, осадкоуплотнители (перед механическим обезвоживанием образующихся осадков), сооружения для механического обезвоживания осадков, а при их отсутствии – шламовые площадки, места для складирования обезвоженных осадков, устройства химического контроля за процессом нейтрализации.

Коагуляция – это слипание частиц коллоидной системы при их столкновениях в процессе теплового движения, перемешивания или направленного перемещения во внешнем силовом поле. В результате коагуляции образуются агрегаты – более крупные (вторичные) частицы, состоящие из скопления более мелких (первичных).

В процессе механической очистки из сточных вод достаточно легко удаляются частицы размером 10 мкм и более; мелкодисперсные и коллоидные частицы в результате механической очистки практически не удаляются. Таким образом, сточные воды после сооружений механической очистки представляют собой агрегативно-устойчивую систему. Для очистки таких стоков применяют методы коагуляции и флокуляции; агрегативная устойчивость при этом нарушается, образуются более крупные агрегаты частиц, которые удаляются из сточных вод механическими методами.

При введении в сточную воду минеральных коагулянтов (солей алюминия и железа) в результате реакции гидролиза образуются малорастворимые в воде гидроксиды железа и алюминия, которые сорбируют на развитой хлопьевидной поверхности взвешенные, мелкодисперсные и коллоидные вещества и при благоприятных гидродинамических условиях оседают на дно отстойника, образуя осадок:

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4$$

$$FeCl_3 + 3H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 3HCl$$

$$FeSO_4 + 2H_2O \rightarrow Fe(OH)_2 + H_2SO_4$$

Коагуляционный метод очистки применяют при небольших расходах сточных вод, при наличии дешевых коагулянтов, необходимости обесцвечивания стоков и неполной их очистки.

Для интенсификации процессов коагуляции и осаждения образующихся хлопьев широко используют органические природные и синтетические реагенты – высокомолекулярные вещества, называемые флокулянтами. Их применяют самостоятельно и в сочетании с минеральными коагулянтами.

Очистка сточных вод методами коагуляции или флокуляции включает в себя процессы приготовления водных растворов коагулянтов и флокулянтов, их дозирование в обрабатываемую сточную воду, смешение со всем

объемом воды, хлопьеобразование, выделение хлопьев из воды. В ряде случаев физико-химическая очистка обеспечивает такое глубокое удаление загрязнений, что последующая биологическая очистка не требуется.

Флотация – это процесс молекулярного прилипания частиц флотируемого материала к поверхности раздела двух фаз, обычно газа (чаще воздуха) и воды, обусловленный избытком свободной энергии поверхностных пограничных слоев, а также поверхностными явлениями смачивания. Часто применяется для очистки сточных вод нефтепромыслов и нефтеперерабатывающих предприятий для удаления эмульгированной нефти. Растворенная же нефть подвергается биохимическому окислению активным илом.

12.5.3. Химические методы

Окислительный метод очистки применяют для обезвреживания сточных вод, содержащих токсичные примеси (цианиды, комплексные цианиды меди и цинка) или соединения, которые нецелесообразно извлекать из сточных вод, а также очищать другими методами (сероводород, сульфиды).

В практике обезвреживания сточных вод используют окислители: хлор, гипохлорит кальция, гипохлорит натрия, хлорную известь, диоксид хлора, озон, технический кислород и кислород воздуха.

Обезвреживание сточных вод хлором или его соединениями – один из самых распространенных способов их очистки от ядовитых цианидов, а также таких органических и неорганических соединений, как сероводород, гидросульфиды, сульфиды, метилмеркаптан и др.

Для окисления сульфидных стоков целлюлозных, нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов применяют кислород. Реакция окисления идет в жидкой фазе при повышенных температуре и давлении. Сильным окислителем является озон, который обладает способностью разрушать в водных растворах при нормальной температуре многие органические вещества и примеси. По сравнению с другими окислителями (например, хлором) озон имеет ряд преимуществ. Его можно получать непосредственно на очистных установках, причем сырьем для его получения служит или технический кислород, или атмосферный воздух. Перспективность применения озонирования как окислительного метода обусловлена также тем, что озонирование не приводит к увеличению солевого состава очищаемых сточных вод и не загрязняет воду продуктами реакции, а сам процесс легко поддается полной автоматизации.

12.5.4. Биологическая очистка

Биологическая очистка сточных вод основана на использовании мик-

роорганизмов, которые в процессе своей жизнедеятельности разрушают органические соединения, т.е. минерализуют их.

Микроорганизмы используют органические вещества в качестве источника питательных веществ и энергии. Сооружения биологической очистки условно делят на два типа:

1) сооружения, в которых процессы протекают в условиях, близких к естественным (поля фильтрации и биологические пруды);

2) те, в которых очистка происходит в искусственно созданных условиях (биофильтры и аэротенки).

Поля фильтрации – это земельные участки, искусственно разделенные на секции, по которым равномерно распределяется сточная вода, фильтрующаяся через поры грунта. Профильтрованная вода собирается в дренажных трубах и канавах и стекает в водоемы. На поверхности почвы образуется биологическая пленка из аэробных микроорганизмов, способных минерализовать органические вещества. Кислород может проникать в грунт на глубину до 30 см; глубже минерализация осуществляется в результате жизнедеятельности анаэробных микроорганизмов.

Биологические пруды – это специально созданные неглубокие водоемы, где протекают естественные биохимические процессы самоочищения воды в аэробных и анаэробных условиях. Пруды сооружаются как для первичной биологической очистки, так и для доочистки сточных вод после биофильтров и аэротенков. Насыщение воды кислородом происходит вследствие естественной атмосферной аэрации и фотосинтеза, но может применяться и искусственная аэрация.

Биофильтр – сооружение, в котором сточная вода фильтруется через загрузочный материал, покрытый биологической пленкой, образованной колониями микроорганизмов. Биофильтр состоит из нескольких основных частей: фильтрующей загрузки, помещенной в резервуар круглой или прямоугольной формы в плане; водораспределительного устройства, обеспечивающего равномерное орошение сточной водой поверхности загрузки биофильтра; дренажного устройства для удаления профильтровавшегося воды; воздухораспределительного устройства, с помощью которого поступает необходимый для окислительного процесса воздух. Отработанная и омертвевшая пленка смывается сточной водой и выносится из тела биофильтра. Необходимый для биохимического процесса кислород воздуха поступает в толщу загрузки путем естественной и искусственной вентиляции фильтра.

Процессы биоокисления, происходящие в биофильтре, аналогичны процессам, происходящим в других сооружениях биологической очистки, и, в первую очередь, на полях орошения и полях фильтрации, т.е. протекает минерализация органических веществ. Однако в биофильтре эти процессы протекают значительно интенсивнее. Отмершая биопленка смывается водой

и задерживается во вторичном отстойнике.

Биофильтры могут работать на полную и неполную биологическую очистку и классифицируются по различным признакам, основным из которых является конструктивная особенность загрузочного материала: Объемная загрузка (гравий, шлак, керамзит, щебень и др.) и плоскостная загрузка (пластмассы, асбестоцемент керамика, метал, ткани и др.)

Аэротенк – это резервуар, в который поступают сточная вода после механической очистки, активный ил и непрерывно воздух. Хлопья активного ила представляют собой биоценоз аэробных микроорганизмов-минерализаторов (бактерий, простейших, червей и др.). Для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов необходима постоянная аэрация воды. Из аэротенка сточная вода (в смеси с активным илом) поступает во вторичные отстойники, где ил осаждается. Основная масса его возвращается в аэротенк, а вода подается в контактные резервуары для хлорирования – обеззараживания (рис. 12.12).

Доочистка сточных вод требуется, если по условиям водоотведения перед сбросом в водоем необходимо дополнительно снизить концентрацию взвешенных веществ, азота, фосфора, БПК и др. Кроме того, доочистка необходима при повторном использовании сточных вод в технологических процессах водоотведения.

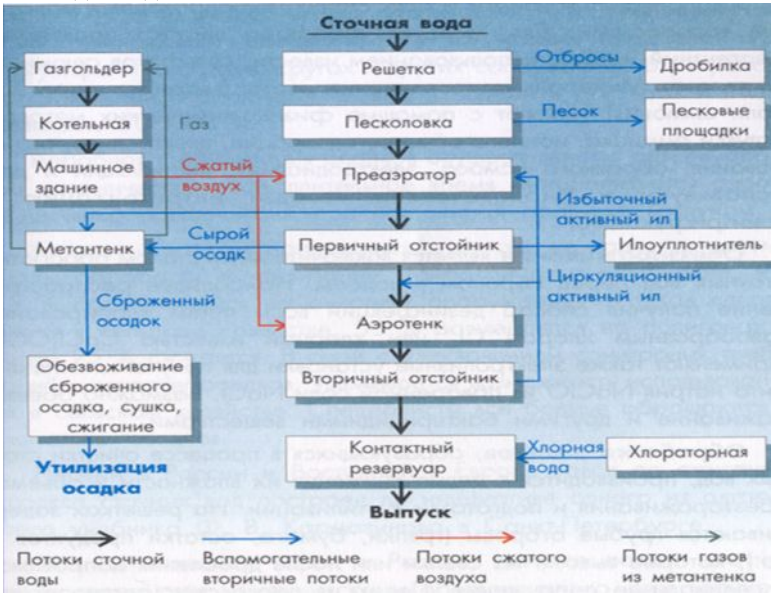


Рис. 12.12. Технологическая схема станции с биологической очисткой сточных вод

12.5.5. Доочистка сточных вод

Для доочистки от взвешенных веществ применяют: микрофильтры, фильтры с плавающей загрузкой, установки для пенной флотации и др.

Для снижения БПК используют коагуляционные, сорбционные и озонаторные установки в сочетании с фильтрами.

Доочистку от азота и фосфора применяют для предотвращения эвтрофирования водоемов и обрастания трубопроводов и аппаратов водорослями.

Для удаления фосфора широко практикуют реагентный метод с использованием извести, сульфатов алюминия и железа. Минеральные соединения азота (нитриты, нитраты и соли аммония) удаляют с помощью физико-химических методов: *отдувки аммиака, ионного обмена, адсорбции, электролиза, озонирования, обратного осмоса, электродиализа, дистилляции* и др.; используют и *биологические методы: нитрификацию и денитрификацию*.

Сорбция – это процесс поглощения твердым телом или жидкостью вещества из окружающей среды. Поглощающее тело называется сорбентом, а поглощаемое им вещество – сорбатом. Различают поглощение вещества всей массой жидкого сорбента (абсорбция) либо поверхностным слоем твердого или жидкого сорбента (адсорбция).

Сорбционная очистка может применяться совместно с методом биологической очистки как метод предочистки, доочистки и самостоятельно. Сорбционные методы весьма эффективны для извлечения из сточных вод ценных растворенных веществ с их последующей утилизацией и для использования очищенных сточных вод в системе оборотного водоснабжения промышленных предприятий.

В качестве сорбентов применяют различные искусственные и природные пористые материалы: золу, коксовую мелочь, торф, силикагели, алюмогели, активные глины и др. Наиболее эффективными сорбентами являются активированные угли различных марок. Основными показателями сорбентов являются: пористость, структура пор, химический состав.

Наиболее простым сооружением является насыпной фильтр, представляющий собой колонну с неподвижным слоем сорбента, через который фильтруется обрабатываемая сточная вода.

В настоящее время для очистки в основном применяются цилиндрические одноярусные адсорберы, в которые загружается активированный уголь высотой слоя 2,5 – 2,7 м и крупностью фракций 0,25 – 1 мм.

Для извлечения сорбированных веществ могут быть использованы различные приемы: экстрагирование органическим растворителем, изменение степени диссоциации слабого электролита в равновесном растворе, отгонка адсорбированного вещества с водяным паром, испарение адсорбированного вещества током инертного газообразного теплоносителя. В отдельных случаях химические превращения сорбированных веществ осуществляют с последующей десорбцией.

Обеззараживание является заключительным этапом обработки сточных вод перед сбросом в водоем. Наибольшее распространение получил способ дезинфекции воды путем хлорирования газообразным хлором Cl_2; или хлорной известью CaC1(OC1). Применяют также электролизные установки для получения гипохлорита натрия NaClO из поваренной соли NaCl. Возможно обеззараживание и другими бактерицидными веществами.

12.5.6. Обработка осадков

Обработка осадков, образующихся в процессе очистки сточных вод, производится с целью снижения их влажности и объема, обеззараживания и подготовки к утилизации.

На решетках задерживаются грубые отбросы (тряпки, бумага, остатки продуктов и пр.), которые вывозят на свалки или после дробления направляют в специальные сооружения.

Песок из песколовок поступает на песковые площадки для обезвоживания, а затем вывозится и используется по назначению. На рис. 12.13 показана схема получения осадков после очистки сточных вод с использованием их в качестве удобрения.

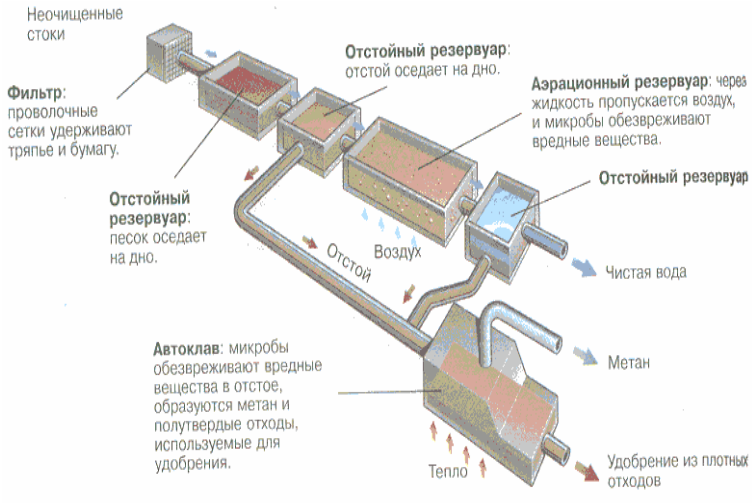


Рис. 12.13. Принципиальная схема биологической очистки сточных вод с последующим использованием осадка

Для обработки осадков из отстойников используют самостоятельную группу сооружений: *иловые площадки, метантенки, аэробные стабилизаторы, установки для обезвоживания и сушки*.

Наиболее широко распространены *метантенки*.

Метантенки – это герметически закрытые резервуары, где анаэробные бактерии в термофильных условиях (T° = 30 – 43 °C) сбраживают сырой осадок из первичных и вторичных отстойников. В процессе брожения выделяются газы: CH_4, водород H_2, углекислый газ CO_2, аммиак NH_3 и др., которые могут затем использоваться для разных целей.

Осадки сточных вод, выгружаемые из метантенков, имеют влажность 97 % и неудобны для утилизации. Для уменьшения их объема применяют обезвоживание на иловых площадках или вакуум-фильтрах, центрифугах и других сооружениях. В результате обезвоженный осадок уменьшается в объеме примерно в 7–15 раз и имеет влажность 50–80 %.

Аэробная стабилизация осадков осуществляется в резервуарах, где органическая часть длительное время минерализуется аэробными микроорганизмами при постоянной продувке воздухом.

Сжигание осадков применяется, если они не подлежат другим видам обработки и утилизации. Мировой опыт показывает, что 25 % образующихся на очистных сооружениях осадков используется в сельском хозяйстве, 50 % размещается на полигонах и около 25 % сжига-

ется. В связи с ужесточением санитарных требований к качеству осадков, уменьшается возможность использования их в сельском хозяйстве. Специалисты все больше обращаются к сжиганию осадков.

Первый в СНГ и Восточной Европе завод по сжиганию осадков сточных вод построен в Санкт-Петербурге. Это единственный город в России, где все осадки сточных вод подвергаются механическому обезвоживанию. Ежесуточно с трех основных очистных станций города вывозится на специальные полигоны около 1200 т обезвоженного осадка. Хотя обезвоживание и позволяет сократить объемы осадков приблизительно в 6 – 8 раз, площадь полигонов составляет около 150 га и ежегодно увеличивается на 8 – 10 га. Большое количество токсичных солей металлов не позволяет использовать осадки в качестве удобрения.

Исходя из этого, было принято решение о реконструкции сооружений и строительстве завода по сжиганию осадков на Центральной очистной станции аэрации (ЦСА) Санкт-Петербурга. Предварительно в Государственном унитарном предприятии (ГУП) «Водоканал Санкт-Петербурга» изучили отечественный и мировой опыт. Был выбран проект, разработанный французской фирмой «OTV», имеющей большой опыт в проектировании и эксплуатации печей сжигания в Европе, который предусматривает трехступенчатую очистку газовых выбросов, что предотвращает загрязнение атмосферы. Например, во Франции подобные объекты часто расположены недалеко от жилья.

В ноябре 1997 г. была введена в эксплуатацию первая очередь завода (рис. 12.14).

Последовательность операций по обработке осадка следующая:

- предварительная обработка на решетках;
- перемешивание осадка из первичных отстойников с активным илом и процеживание смеси на тонких решетках;
- обработка реагентом-флокулянтом и обезвоживание на центр-прессах;
- транспортировка обезвоженных осадков к печам сжигания;
- сжигание в печах «Пирофлюид» с псевдосжиженным слоем песка (внутренний диаметр печей – 6,7 м, высота – 15,8 м, температура – 850 °С, производительность – 62,5 т/сут).

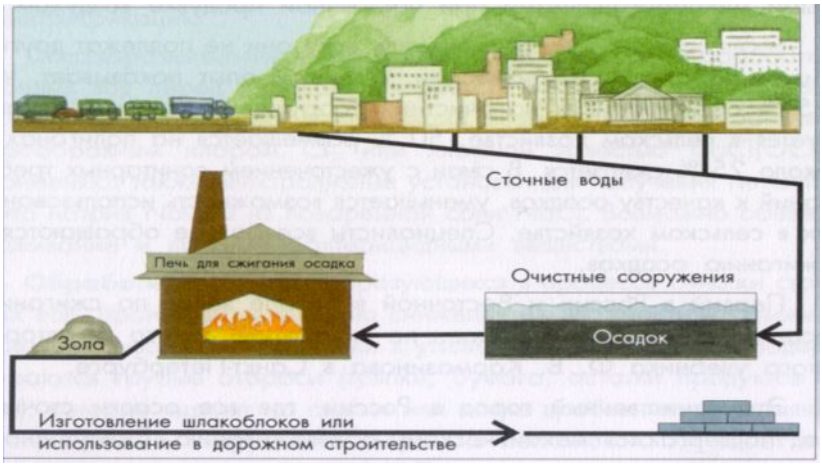


Рис. 12.14. Схема завода по сжиганию осадков сточных вод

Очистка газов от пыли осуществляется на электрофильтрах, а от вредных примесей – путем промывки щелочью. Масса очищенных газов, выбрасываемых в атмосферу, составляет 0,93 т/сут. Эффект очистки газов более 99 %.

При внедрении установок по сжиганию осадков сточных вод решаются следующие эколого-экономические задачи:

- прекращается вывоз необеззараженного осадка, что позволяет прекратить вырубку лесов для новых площадей складирования осадка;
- в печах в качестве топлива используются осадки сточных вод (природный газ необходим лишь для розжига печей);
- тепловая энергия, образующаяся при сжигании осадков, рекуперируется (лат. recuperation – возвращение) в котлах-утилизаторах и используется для производственных нужд;
- образующаяся зола используется при изготовлении строительных материалов, дорожного покрытия и др.;
- годовые эксплуатационные расходы на сжигание осадка в 1,9 раза меньше, чем на обработку 1000 м^3 осадка на полигонах.

Выполненные расчеты показали, что затраты на модернизацию всей системы обработки осадков на ЦСА Санкт-Петербурга в нынешних условиях экологически эффективны и экономически выгодны.

Выбор оптимальной технологической схемы обработки осадков сточных вод зависит от их свойств, химического состава, количества, климатических условий, наличия территорий для иловых площадок и других факторов.

12.6. Опреснение воды

Нехватка пресной воды во многих государствах решается с использованием различных методов ее опреснения. На рис. 12.15 показаны принципиальные схемы опреснения воды.

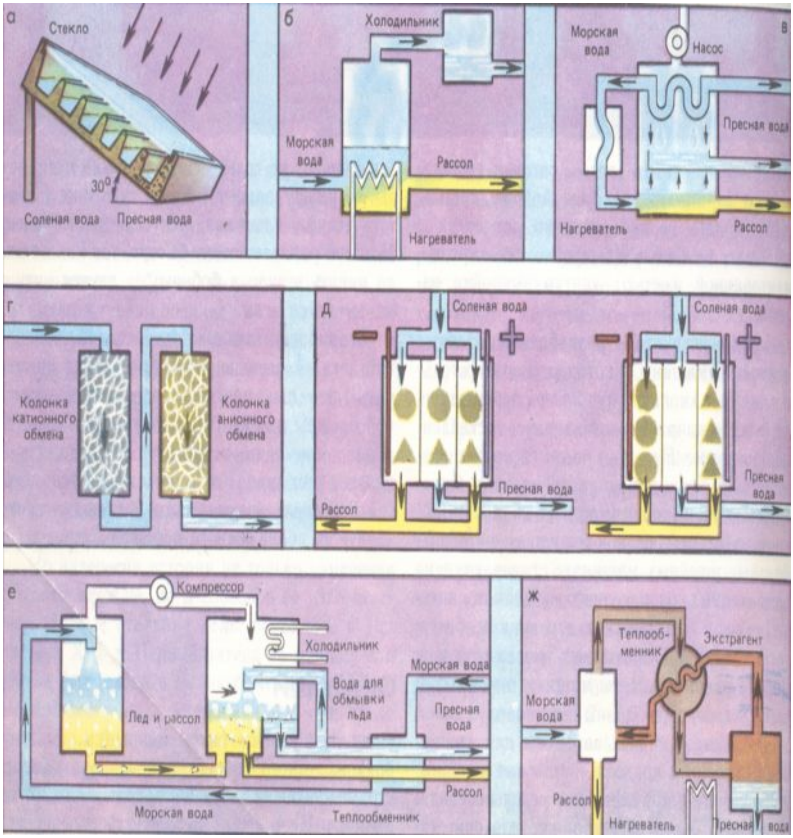


Рис. 12.15. Принципиальные схемы опреснения воды:
а – в жарких странах опреснение с помощью солнечного тепла;
б – с помощью тепла; в – обратным осмосом; г – с помощью ионитов;
д – с помощью электродиализа; е – с помощью холода; ж – экстракцией

Самый простой способ опреснения – *кипячение*. Вода переходит в пар, а соли остаются в рассоле. Сконденсировав пар, получают пресную воду. Этот метод широко используется, но достаточно дорогой, т.к. требует больших затрат электроэнергии.

Опреснение воды можно проводить с помощью *холода*. Лед из морской воды получается игольчатый, трубчатый, внутри которого остается рассол. При таянии такого льда в первую очередь растает рассол и выльется из трубочек.

Опреснять можно с помощью *ионного обмена*, мембранных методов – молекулы воды проходят через мембрану, а молекулы соли – нет (обратный осмос).

Опреснение воды можно осуществить с помощью *бактерий и водорослей*, которые питаются солями морской воды, остается только профильтровать опресненную воду. Опреснение морских вод – технически сложная задача, тем не менее промышленное получение пресной воды из морской стало применяться во многих странах.

В настоящее время известно около 30 способов опреснения морской воды, наиболее разработан и промышленно внедрен метод *дистилляции* воды.

Характерным примером сочетания опреснителя и АЭС служит опреснительный комплекс в Туркменистане, в г. Туркменбаши на берегу Каспийского моря. В Казахстане в г.Актау в 1967 – 1986 гг. было построено 10 агрегатов опреснительной установки типа ВМ + АМ производительностью 145000 $м^3$/сут (1,68 $м^3$/с) для опреснения морской воды (ВМ – выпарной многокорпусный, АМ – адиабатный, многоступенчатый, мгновенного вскипания).

В настоящее время мировой объем опреснения достигает 50 млн.$м^3$/сут.

12.7. Рациональное использование водных ресурсов Казахстана

Республика Казахстан относится к маловодообеспеченным районам. Водный фонд страны состоит из рек, озер, водохранилищ, прудов, ледников, внутренних морей и каналов и территориальных вод.

В Казахстане 11тысяч рек общей длиной 200 тыс.км, более 48 тысяч озер (Каспийское, Аральское, Балхаш, Алаколь – обмелевшие моря древней эпохи; оз. Зайсан – проточное, пресное, в которое много впадает рек, но выходит одна – Ертыс; оз. Тениз и Коргалжин – в Центральном Казахстане), много водоемов, ареалов подземных вод, 2724 ледника общей площадью 2033 кв.км.

Потребности населения в питьевой воде удовлетворяются как за счет стоков рек, так и за счет подземных вод, эксплуатационные ресурсы которых в Казахстане 54930 млн.$м^3$/год на 01.01.97.

В Казахстане 7 водохранилищ. Самое крупное Бухтарминское в Восточном Казахстане на Ертысе, глубиной 11 м, шириной 35 км, дли-

ной 600 км. Капшагайское водохранилище (глубина 15 – 45 м, ширина 22 км, длина 180 км) понизило уровень воды в Балхаше. Шардаринское, Каратомарское на Тоболе, Темиртауское на реке Нура, Сергеевское на реке Есиль, Богенское на реке Боген.

Каспийское море – самое крупное соленое озеро в Республике Казахстан и в мире. Общая площадь составляет 400 тыс кв.км. Название моря произошло от названия проживавшего здесь племени «каспи». Уровень воды моря на 28 м ниже уровня Мирового океана, колеблется. В настоящее время уровень его поднялся на 1 м, что привело к затоплению. Самая глубокая часть моря – южная – 1025 м, в казахстанской части – 200 – 300 м.

Аральское море сегодня имеет площадь 44,5 тыс.км^2, и 64,5 тыс.км^2 – в 1950 году. Таким образом, 26 тыс.км^2 дна моря высохло. За последние 30 лет уровень Арала понизился на 14,7 м, вода отступила от берегов на 100 – 120 км.

Озеро Балхаш – имеет площадь 18,2 тыс.кв.км^2, глубина 27 м. В озеро Балхаш впадают реки Или, Каратал, Аксу, Лепсы, Аякоз, Такырауын, Мойынты.

Заливы Балхаша – Алаколь, Каракамыс, Кентубек. Острова Балхаша: Басарал, Тасарал.

Сегодня Балхашский горно-металлургический комбинат использует 59 млн.м^3 воды из Балхаша и является одним из основных источников загрязнения озера. Немалый ущерб озеру приносят трансграничный перенос загрязняющих веществ по впадающим в озеро рекам, протекающим по территориям других государств.

12.7.1. Источники загрязнения и истощения водных ресурсов

Загрязнение и истощение водных ресурсов относится к числу одной из важнейших проблем современности. В настоящее время в мире *уже остро ощущается недостаток чистой воды.* Главные потребители воды – промышленность и сельское хозяйство.

Особую *проблему представляет собой сброс отработанных промышленных вод*. Известно, что даже после самой совершенной очистки стоки содержат не менее 10 – 20 % наиболее стойких загрязнителей.

Не менее *опасно тепловое загрязнение вод*. К тому же часто озера и реки (особенно небольшие, с замедленным водообменом) погибают не от ядов, а от обилия попадающих в них химических веществ, таких как, например, удобрения, сносимые с полей, стоки городской канализации или органические отходы промышленности.

Около трети от всего объема *загрязнений вносится в водоисточники с поверхностным и ливневым стоком с территорий санитарно неблагоустроенных населенных мест, сельскохозяйственных объектов и угодий.* Чрезвычайно велико и опасно бактериальное загрязнение водоемов от сбрасываемых стоков животноводческих комплексов. Водоохранные зоны малых рек распахиваются до воды, там размещают жилые постройки.

Отрицательное воздействие промышленных, сельскохозяйственных и иных предприятий на природные водоемы и некоторые реки в последние десятилетия усилилось столь резко, что они находятся в катастрофическом состоянии. Их экосистемы претерпевают огромные, подчас необратимые изменения. Печальным примером этого является Аральское море.

Проблема рационального и экономного расходования водных ресурсов приобретает первостепенное значение. Много воды *неэффективно расходуется на орошение и обводнение полей.* Оросительная сеть во многих хозяйствах не инженерная, полив ведется бороздковым методом или простым затоплением.

Недостаточно обоснованное и инженерно неграмотное сооружение очистных объектов, полей фильтрации представляет опасность для всего живого. Построенные без экологически достаточного обоснования водохранилища и плотины ведут к изменению экосистемы в худшую сторону.

Качественное состояние основных рек РК представлено в табл. 12.3.

Таблица 12.3

Качественное состояние основных рек РК

Водный объект	Основные загрязняющие вещества	ИЗВ		
		1994	1995	1996
Урал	Фенолы, нефтепродукты, тяжелые металлы	2,6	7,2	11,5
Иртыш	Тяжелые металлы, нефтепродукты, ксантогенаты	8,1	6,6	6,0
Сарысу	Нефтепродукты, фенолы	3,8	3,6	5,4
Нура	Нефтепродукты, азот нитритный, азот аммонийный	2,9	2,1	2,8
Или	$БПК_5$, азот нитритный, азот аммонийный	1,7	1,3	1,4
Сырдарья	$БПК_5$, азот нитритный, медь, сульфаты, нефтепрод.	0,8	1,6	1,7
Ишим	$БПК_5$, сульфаты, СПАВ, азот нитритный	1,6	1,2	0,8

Характеристика очагов загрязнения подземных вод Казахстана показана в табл. 12.4.

Таблица 12.4

Характеристика очагов загрязнения подземных вод Казахстана

Административная область	Наименование предприятия – источника загрязнения	Загрязняющие вещества	Содержание ЗВ, в долях ПДК
1	2	3	4
Акмолинская	Атбасарский мясокомбинат и сыроваренный завод	Хлориды	2 – 3
		Сульфаты	1,5 – 2,0
		Аммоний	До 20
Актюбинская	Актюбинский завод хромовых соединений. Чаша гидрозолоудаления ТЭЦ	Хлориды	1,4
		Сульфаты	1,1
		Аммоний	До 180
	Актюбинский химзавод	Хлориды	32
		Сульфаты	7,9
		Бор	До 2
	Промплощадка Актюбинского завода ферросплавов	Хром	40
Алматинская	Участок «Алматы» Алматинская ГРЭС	Фенолы	4
		Нефтепродукты	4,9
		Селен	1,2
		Марганец	1,9
		Ртуть	40 – 100
Талдыкорганская	г.Т-Корган (завод свинцовых щелочных аккумуляторов)	Свинец	2,7
	Участок биопрудов Текелийского СЦК	Свинец	7,4
Атырауская	Атырауский НПЗ	Нефтепродукты	11,6
		Фенолы	10
Восточно-Казахстанская	Титаново-магниевый комбинат	Железо	6,3
		Марганец	7
	Свинцово-цинковый комбинат	Сульфаты	1,3
		Нитраты	5,3
		Марганец	18
		Кадмий	25
	Хвостохранилище медно-химического комбината	Селен	9
		Кадмий	12
Семипалатинская	Очистные сооружения Кожмехобъединения и завода бытовой химии	Фенолы	2
		Нефтепродукты	6,2
		Мышьяк	4
Жамбылская	Промплощадка очистных сооружений АО «Химпром»	Нефтепродукты	14
		Фосфор	10
		Фториды	8,6
		Фосфаты	5,5
	АО «Суперфосфатный завод»	Нефтепродукты	20
		Фосфор	10
		Фториды	5,6
		Фосфаты	5,5

Продолжение табл. 12.4

Административная область	Наименование предприятия – источника загрязнения	Загрязняющие вещества	Содержание ЗВ, в долях ПДК
1	2	3	4
	АО «НОДФОС»	Нефтепродукты	30,6
		Фосфор	10
		Фториды	2
Западно-Казахстанская	Уральское МПВ	Марганец	До 50
		Фенолы	2,5
		Алюминий	2,5
		Аммоний	4
	Серебряковское МПВ	Марганец	18
		Алюминий	6,5
		Железо	20
Жезказганская	Хвостохран. Жезказ. ГОКа	Свинец	3,6
Карагандинская	Район водоотлива шахтных вод междуречье	Хлор	2,8
		Нитриты	2,2
	Золошламонакопитель хвостохранилища АО «Испаткармет»	Нитриты	2,4
Кызылординская	Золошламонакопитель ТЭЦ-6	Сульфаты	6,1
		Хлориды	4,1
		Фенолы	12
Мангистауская	ПФ и пруд испаритель пластических масс (ЗПМ), г.Актау	Фториды	3,1
		Аммоний	4,2
		Нефтепродукты	19,6
	Поля испарения Мангышлакского атомно-энерге-тич. комбината, г.Актау	Аммоний	1,4
		Нефтепродукты	23,3
Павлодарская	Павлодарский нефтеперерабатывающий завод	Нефтепродукты	14,3
		Фтор	5,3
		Фенолы	До 250
	Павлодарский алюминиевоглиноземный завод	Фтор	10
		Мышьяк	До 60

12.7.2. Меры по охране и рациональному использованию водных ресурсов

Все воды подлежат охране от загрязнения, засорения и истощения**.** Законом запрещается сброс в водные объекты производственных, бытовых и других отходов и отбросов. Сброс очищенных сточных вод

допускается лишь в случаях, если он не приведет к увеличению содержания загрязняющих веществ сверх допустимых норм в водном объекте.

К основным направлениям охраны и рационального использования водных ресурсов следует отнести: перевод предприятий на работу по схеме бессточного, оборотного водоснабжения; широкое внедрение современных более эффективных методов очистки сточных вод с улавливанием и утилизацией осадков; развитие технического водоснабжения, в том числе на базе использования неочищенных и очищенных сточных вод; очищенные сточные воды использовать для орошения: своевременное и полное введение в эксплуатацию очистных сооружений, запретив ввод и эксплуатацию предприятий без них.

Проектирование и строительство новых предприятий, сооружений и объектов должно иметь *обязательную экологическую экспертизу* о возможных последствиях их влияния на состояние водного бассейна и на природную среду в целом. Гидроэнергетическое строительство должно быть перенесено с равнинных рек в горные районы. Нефтесодержащие стоки должны собираться и сдаваться береговым очистным станциям.

Согласно законодательству Республики Казахстан вода является государственной собственностью и предоставляется только в пользование. Законом установлена уголовная и административная ответственность за забор воды сверх лимита, загрязнение, бесхозяйственное использование, нарушение режима водоохраны на водосбросах и др.

Водопользование. Как известно, водные объекты выделяются в пользование для: питьевых, бытовых и других нужд человека; лечебных, курортных и оздоровительных целей; нужд сельского хозяйства; для промышленных целей (в том числе гидроэнергетики); нужд водного и воздушного транспорта и лесоповала; нужд рыбного и охотничьего хозяйства; нужд заповедников; сброса сточных вод.

Водопотребление должно отвечать требованиям: при заборе воды на производственные нужды необходимо предусматривать рыбозащитные устройства; объекты водопотребления следует оборудовать средствами измерения расходов воды; вновь проектируемые и подлежащие реконструкции объекты водопотребления должны иметь систему сбора канализационных, промысловых, сточных и ливневых вод с откачкой их насосами на очистные сооружения.

Водопользователи обязаны: рационально использовать водные объекты, заботиться об экономном расходовании воды, восстановлении ее количества и улучшении ее качества; принимать меры к полному прекращению сброса в водные объекты сточных вод, содержащих

загрязняющие вещества, не наносить ущерба окружающей среде; не допускать нарушения прав других водопользователей, населения, а также не наносить ущерба хозяйственным и природным объектам (земле, лесу, животному миру, полезным ископаемым и др.); содержать в исправном состоянии очистные сооружения и технические устройства, влияющие на состояние вод, улучшать их эксплуатационные качества, вести в установленных случаях учет использования вод.

Контрольные функции по охране водных ресурсов возложены на соответствующие государственные органы управления. Все воды подлежат охране от загрязнения, засорения и истощения. Законом запрещается сброс в водные объекты производственных, бытовых и других отходов и сбросов.

Сброс сточных вод допускается лишь в случаях, если он не приведет к увеличению содержания в водном объекте загрязняющих веществ сверх допустимых норм при условии очистки водопользователем сточных вод до пределов, установленных органами регулирования, использования и охраны вод.

Учреждения водного контроля выявляют источники загрязнения поверхностных и подземных вод и разрабатывают меры по устранению их вредного влияния на водоемы и водотоки; участвуют в обосновании размещения различных объектов при условии обеспечения охраны природных вод; организуют исследования по очистке промышленных и бытовых стоков, изменению количества и степени загрязнения сточных вод в зависимости от совершенствования технологических процессов; разрабатывают и проводят организационные мероприятия по охране вод; контролируют проектирование и строительство очистных сооружений.

12.8. Конструкции и эксплуатация отдельных очистных сооружений

Решетки. В составе очистных сооружений предусматриваются решетки с отверстиями между прутьев не более 16 мм (рис. 12.16).

Скорость протока сточных вод между прутьями решеток не должна превышать 1,0 м/с.

Задержанные предметы складируются в контейнеры, оборудованные крышками, и затем вывозятся в специально отведенные места.

В теплое время года отбросы должны обрабатываться хлорной известью.

Помещения решеток должны быть оборудованы постоянно действующей приточно-вытяжной вентиляцией.

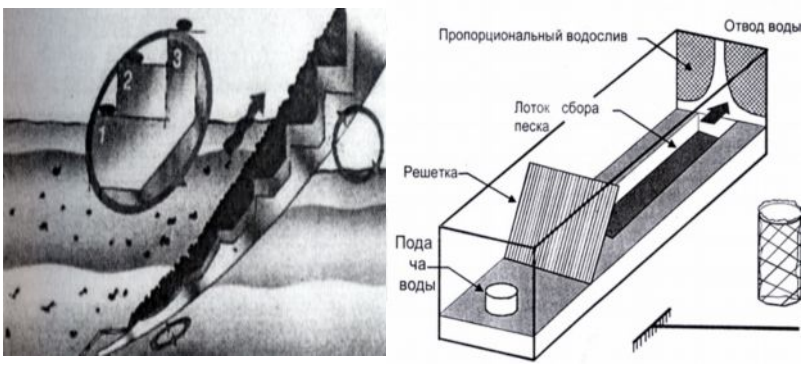


Рис. 12.16. Решетки

Песколовки. Для улавливания из сточных вод песка и других минеральных нерастворенных загрязнений применяют песколовки, подразделяемые на горизонтальные, вертикальные и с вращательным движением жидкости; последние бывают тангенциальные и аэрируемые.

Горизонтальные и аэрируемые песколовки используют при расходах более 10000 $м^3$/сут. Конструктивной разновидностью горизонтальных песколовок являются горизонтальные с круговым движением воды. Они имеют круглую форму в плане. Их рекомендуется применять при сравнительно небольших расходах – до 70 000 $м^3$/сут. Тангенциальные песколовки также имеют круглую форму в плане и рекомендуются для применения при расходах до 50 000 $м^3$/сут.

Вертикальные песколовки велики по размеру и работают неэффективно, поэтому их используют в исключительных случаях и при соответствующем обосновании.

Горизонтальная песколовка (рис.12.17) имеет в плане прямоугольную форму и состоит из двух секций или более. На входе в песколовку и выходе из нее имеются шиберы, используемые для отключения секций и для равномерного распределения потока по секциям. Дно песколовки выполнено с уклоном к середине (минимальный угол 45º), где расположен приямок для откачки осадка.

Скорости движения потока сточных вод, при которых происходит осаждение механических примесей, не должны превышать (соответственно при минимальном и максимальном расходах):

- в щелевых - 0,6 – 1,0 м/с; – в горизонтальных - 0,15 – 0,30 м/с.

Высоту слоя осадка в песколовке необходимо замерять не реже одного раза в двое суток, используя для этого шест, оканчивающийся небольшой площадкой (100 х 100 мм).

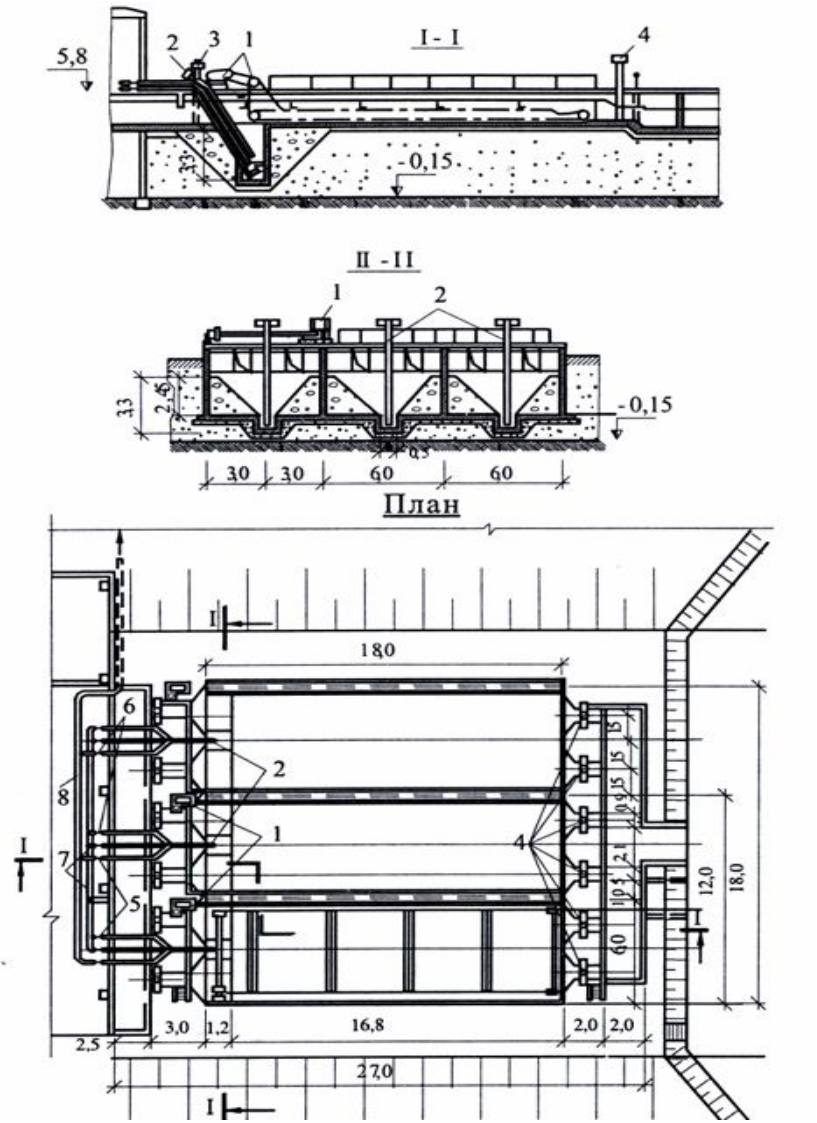


Рис. 12.17. Горизонтальная песколовка с прямолинейным движением воды:
1 – скребковые механизмы для удаления песка;
2 – гидроэлеваторы; 3, 4 – щитовые затворы;
5, 6 – задвижки; 7 – трубопровод рабочей воды к гидроэлеваторам

Шест медленно погружается в поток воды до тех пор, пока замеряющий не почувствует поверхности осадка. Определяется расстояние от уровня воды в песколовке до осадка (по шесту). Вычитая величину замера из глубины песколовки (расстояние от уровня воды до дна) получают высоту осадка.

Способ удаления осадка (гидроэлеваторами, специальными песковыми насосами, ковшами, ручными черпаками и т.д.) следует выбирать в зависимости от конструкции сооружения и количества осадка. Очистка горизонтальных песколовок от осадка может проводиться стационарными гидроэлеваторами (эжекторами) или песковыми насосами, а щелевых - переносными эжекторными насосами каналопромывочных машин типа КО-502, КО-512, КО-514 или илососными машинами. Удаление задержанного песка вручную следует принимать при количестве его не более 0,1 $м^3$/сут.

Эффективность работы песколовок следует оценивать путем определения содержания взвешенных веществ (механических примесей) в сточных водах, поступающих в песколовку и выходящих из нее.

Аэротенк представляет собой резервуар или открытый бассейн, в котором медленно движется смесь активного ила и очищаемой сточной воды. Для лучшего и непрерывного их контакта аэротенк оборудуется устройствами для принудительной аэрации. Преимущество аэротенка по сравнению с биофильтром состоит в том, что процесс очистки в нем можно регулировать до необходимой по местным условиям степени. Чем длиннее процесс аэрации, чем больше воздуха и активного ила, тем лучше очищается сточная вода.

Очистка сточных вод в аэротенках включает следующие процессы: адсорбцию и коагуляцию активным илом взвешенных и коллоидных частиц, окисление микроорганизмами растворенных и адсорбированных илом органических соединений, нитрификацию и регенерацию активного ила. Избыточный активный ил удаляется из сооружения.

Активный ил, представляющий собой компактные хлопья зооглейных скоплений бактерий, должен находиться в аэротенке во взвешенном состоянии.

Для обеспечения нормальной жизнедеятельности бактерий и поддержания активного ила во взвешенном состоянии в аэротенк должен непрерывно подаваться воздух.

Подача воздуха может быть пневматической (воздуходувками через аэраторы), механической (специальными механическими аэраторами, интенсивно перемешивающими жидкость и засасывающими воздух из атмосферы) и смешанного типа.

При количестве сточных вод до 200 м^3/сут для биологической их очистки целесообразно применять аэрационные установки на «полное» окисление, в состав которых входит аэротенк-отстойник. Он представляет собой аэротенк с пневматической аэрацией, который объединен со вторичным отстойником в одно сооружение (рис. 12.18).

Эксплуатацию аэротенка следует начинать после подготовки активного ила. Подготовку ила можно осуществлять несколькими способами. Один из способов заключается в следующем. Через аэротенк пропускают часть проектного количества сточных вод с концентрацией по БПК 100 – 150 мг/л.

Выпадающий во вторичном отстойнике активный ил должен непрерывно откачиваться в аэротенк. В период накопления активного ила в работе должна находиться только часть очистной станции (например, один аэротенк и один вторичный отстойник). По мере накопления активного ила и получения незагнивающей очищенной воды или появления в ней нитратов и нитритов, количество очищаемой воды нужно увеличить, уменьшив ее разбавление, и постепенно ввести в эксплуатацию новые аэротенки.

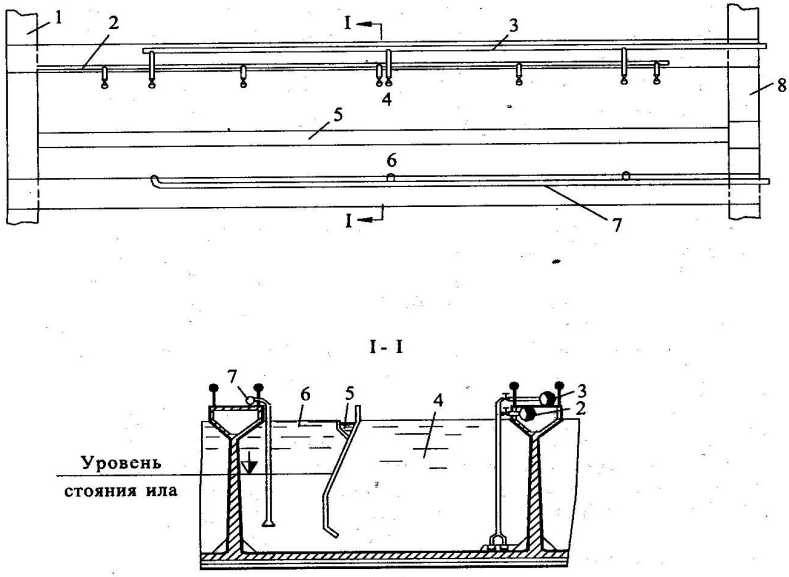


Рис. 12.18. Аэротенк-отстойник:

1 – подводящий канал; 2 – подводящий трубопровод; 3 – воздуховод; ***4 – аэрационная часть; 5 – сборный лоток; 6 – отстойная часть;*** *7 – трубопровод избыточного активного ила; 8 – отводящий канал*

Активный ил может быть получен из речного или прудового ила, не загрязненного нефтью.

Одновременно с накоплением активного ила происходит его адаптация к сточной воде.

Концентрацию активного ила в аэротенке для очистки большинства видов промышленных сточных вод следует поддерживать около 3 г/л, считая по сухому веществу. В тех случаях, когда вторичные отстойники позволяют получить высокий эффект осветления очищенной воды при большой концентрации в ней активного ила, доза его в аэротенке может быть повышена. Однако, при этом потребуется увеличить количество подаваемого воздуха. Окислительная мощность аэротенка в этом случае повышается.

Для поддержания оптимального режима работы аэротенка и своевременного принятия мер к устранению возможных его нарушений необходимо осуществлять постоянный биологический контроль за составом и количеством микроорганизмов, находящихся в активном иле.

Воздух по длине аэротенка следует распределять с учетом способа подачи в него сточной воды:

а) при сосредоточенном ее впуске в начале аэротенка создается зона повышенной концентрации загрязняющих веществ. В эту зону необходимо подавать большое количество воздуха, чем на последующие участки.

Оптимальное соотношение воздуха, подаваемого в разные точки по длине аэротенка, устанавливают опытным путем;

б) при рассредоточенном очищаемой сточной воды распределение воздуха по длине аэротенка должно быть равномерным.

Воздух должен подаваться в аэротенки непрерывно, без перебоев. В сточной воде, выходящей из аэротенка, должно быть не менее 2 мг/л растворенного кислорода. При его отсутствии или недостатке необходимо увеличить количество подаваемого воздуха.

Если в поступающий в аэротенк сточной воде БПК более 150 мг/л и имеются вредные производственные примеси, необходимо осуществлять регенерацию активного ила.

Наиболее часто встречающиеся нарушения режима работы аэротенков и пути их устранения указаны в табл. 12.5.

Таблица 12.5

Основные нарушения режима работы аэротенков
и пути их устранения

Внд нарушения	Причины	Меры по устранению
1.Вспухание активного ила	Наличие большого количества углеводородов в очищаемой воде Недостаточное количество воздуха Низкое pH сточной воды в аэротенке	Уменьшить концентрацию загрязнений в сточной воде, если это не возможно, то: а) увеличить подачу воздуха; б) повысить реакцию сточной воды, поступающей в аэротенке до: pH = 8,5 – 9,5 и увеличить время пребывания активного ила в регенераторе
2.Нарушение окислительного процесса: активный ил оседает на дно аэротенка и загнивает.	Перебой в подаче воздуха вследствие засорения фильтросов	Очистить пористые пластины (фильтросы)
3. Уменьшение количества ила в аэротенке и его окислительной мощности	Уменьшение в течении длительного периода времени количества поступающих сточных вод и концентрации загрязнений	Исключить из работы одну или несколько секций аэротенка
4. Ухудшение качества очищенной воды	Увеличение расхода сточных вод	Увеличить количество подаваемого в аэротенк воздуха или объем регенератора для активного ила

Нефтеловушки. Производственные сточные воды, содержащие всплывающие примеси (нефть, легкие смолы, масло и др.), очищают путем отстаивания в сооружениях, называемых нефтеловушками, смоло- и маслоуловителями.

Нефтеловушки проектируются трех типов: горизонтальные, радиальные и тонкослойные. Расчет нефтеловушек рекомендуется производить аналогично расчету отстойников с учетом кинетики всплывания нефтяных частиц.

Очистку сточных вод от плавающей и эмульгированной нефти следует проводить в нефтеловушках (рис. 12. 19).

Для удобства эксплуатации и обеспечения бесперебойной работы очистных сооружений нефтеловушки должны иметь не менее двух секций.

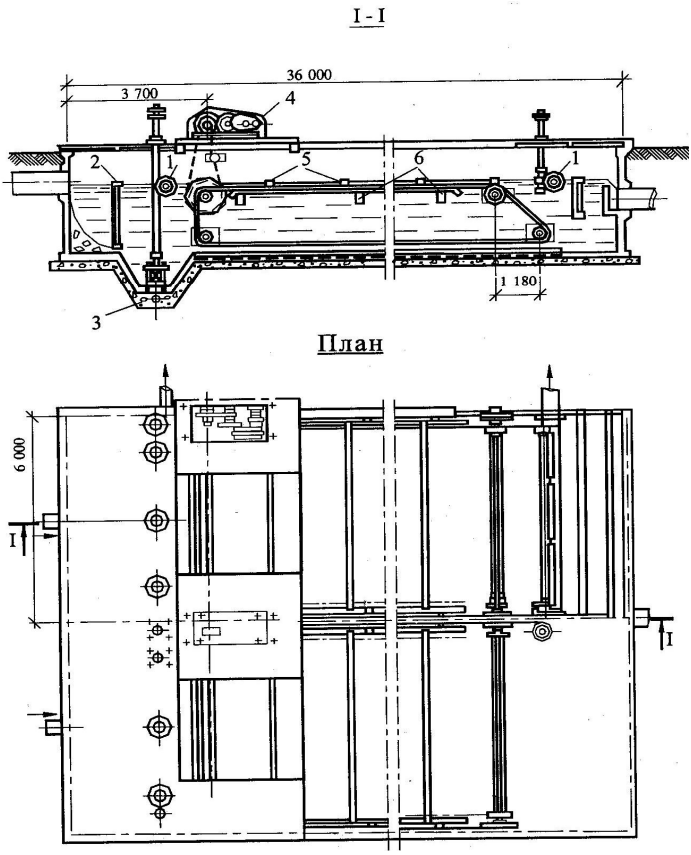


Рис. 12.19. Нефтеловушка:

1 – нефтесборная труба; 2 – щелевая распределительная перегородка; 3 – донный клапан; 4 – механизм передвижения скребков; 5 – скребки; 6 – кронштейны

Нефтеловушки – это отстойники (в основном горизонтального типа), в которых нефть выделяется из воды и всплывает на поверхность за счет разницы их удельных весов. Кроме того, в них оседает значительное количество механических примесей.

Нефтеловушки должны быть оборудованы:

- нефтесборными трубами или другими устройствами для улавливания и отвода всплывающей нефти;

- скребковым транспортером или гидросмывом, направляющими осадок к приямку нефтеловушки;

- гидроэлеватором, песковым насосом или донными клапанами, с помощью которых осадок удаляют из приямка;

- обогревом при помощи паровых или водяных змеевиков, расположенных на глубине 200 мм от поверхности жидкости по периметру каждой секции и на участке нефтесборных труб у сливного ребра.

Сточные воды поступают в распределительную камеру водосливного типа, из которой по самостоятельным трубопроводам распределяются по секциям нефтеловушки. На входе в отстойную часть секции устанавливается щелевая перегородка, благодаря которой происходит равномерное распределение потока сточных вод в отстойные части секций.

Всплывшие частицы нефти собираются и отводятся щелевыми поворотными трубами 1, управляемыми с помощью штурвальных колонок. Осадок, выпадающий на дно секций, собирается к приямкам скреперным скребком 5, передвигаемым вдоль каждой секции на непрерывном тросе, укрепленном на барабане электрофицированной лебедки 4. Кроме скреперных скребков, для сбора осадка применяются скребковые транспортеры с индивидуальным приводом в каждой секции нефтеловушки.

Осадок из приямков нефтеловушек удаляется гидроэлеватором, шламовым насосом, гидравлическим способом при помощи насадок или по специальному трубопроводу через донные клапаны.

По своему назначению нефтеловушки делятся на местные и центральные.

Местные нефтеловушки устраиваются на крупных нефтебазах для очистки сточных вод, поступающих от отдельных резервуарных парков.

Центральные нефтеловушки устраиваются для очистки общего водостока нефтебазы, наливного пункта или перекачивающих станций.

Возможны случаи нарушения режима работы нефтеловушек. Эффективность работы нефтеловушек следует оценивать на основании результатов определения содержания нефти в пробах сточной воды, поступающей в нефтеловушки и очищенной. При выдерживании проектных показателей (время пребывания сточной воды в нефтеловушке - два часа, концентрация нефти в поступающей воде – 300 – 15 000 мг/л, скорость ее движения – 5 – 10 мм/с, нефтеловушки должны обеспечивать очистку сточных вод до остаточного содержания нефти не более 40 – 80 мг/л.

Биофильтры. На предприятиях применяются капельные биофильтры непрерывного действия с естественной вентиляцией.

Капельный биофильтр представляет собой закрытое или открытое сооружение из кирпича, бетона или других ограждающих конструкций и состоит из следующих элементов: водонепроницаемого основания, дренажного устройства (дырчатого дна, находящегося на расстоянии не менее 0,4 – 0,6 м от основного днища, боковых стенок, фильтрующей загрузки и водораспределительных устройств. Для загрузки фильтра следует применять шлак, гранитный щебень, известняк твердой породы, кокс, антрацит, пластмассы и другие прочные, водоустойчивые материалы. Размер частиц загрузки капельного биофильтра должен быть от 30 до 50 мм**,** а в нижнем опорном слое высотой 20 см – от 60 до 100 мм.

В настоящее время широкое применение находят новые полимерные материалы, повышающие производительность очистных сооружений и эффект очистки. Например, новый загрузочный материал из полиэтиленовых, решетчатых призм ПР-50 увеличивает окислительную мощность биофильтра по сравнению с традиционной загрузкой в 1,5 – 2,5 раза.

Перед загрузкой в биофильтр материал должен быть тщательно отсортирован по крупности и промыт. После загрузки его необходимо промыть струей воды под напором до полного выноса крошки, образующейся при загрузке фильтрующего материала. Распределение очищаемой воды по поверхности биофильтра должно быть по возможности равномерным. Наиболее полно это достигается при подвижных оросителях, менее равномерное – при неподвижных разбрызгивателях – спринклерах.

Период орошения биофильтра (время между двумя опорожнениями дозирующего устройства) должен быть в пределах от 5 до 10 мин.

Работа биофильтра осуществляется по следующей схеме. Сточная вода из двухъярусных отстойников через распределительные устройства периодически подается на поверхность биофильтра. Проходя через фильтрующую загрузку, она оставляет в ней взвешенные и коллоидные органические вещества, которые создают биопленку, густо заселенную микроорганизмами. Микроорганизмы окисляют растворенные органические вещества и получают необходимую для своей жизнедеятельности энергию. Часть этих веществ они используют как пластический материал для увеличения своей массы.

Такими образом, из сточной воды удаляются органические вещества, а в теле биофильтра увеличивается масса активной

биологической пленки. Отработанная и омертвевшая пленка смывается прозрачной сточной водой и выносится из тела биофильтра.

Для того, чтобы на биофильтре окислялось расчетное количество органических веществ, необходимо на загрузочном материале образование биопленки, бактерии которой адаптированы к окислению органических. веществ очищаемой сточной воды. Созревание биопленки достигается постепенным увеличением загрязнения сточной воды, подаваемой на биофильтр. Сначала на него следует подавать концентрированную, разбавленную сточную воду до 100 – 150 мг/л по БПК (биологическая потребность в кислороде), затем, по мере образования биохимической пленки и получения хороших результатов очистки по химическим показателям, концентрацию подаваемых сточных вод надо увеличить до предельной.

Двухъярусный отстойник. Удаление из сточных вод взвешенных веществ и сбраживание осадка осуществляется в двухъярусном отстойнике. Он представляет собой сооружение цилиндрической или прямоугольной формы с коническим или пирамидальным днищем (рис. 12.20).

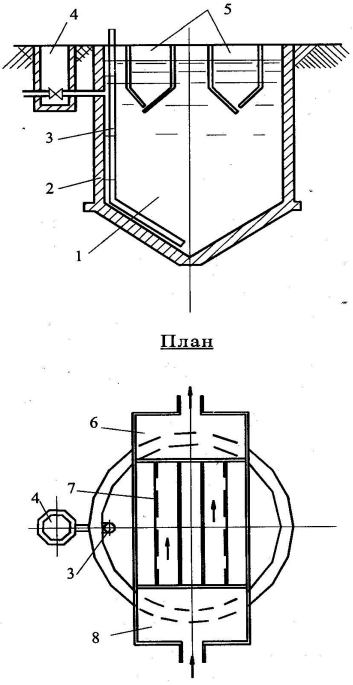


Рис. 12.20. Двухярусный отстойник

1- игловая камера;
2- корпус;
3- иловыжимная труба;
4- колодец;
5- осадочные желоба;
6- отводящий лоток;
7- продольная щель;
8- подводящий лоток.

В верхней части отстойника расположены осадочные желоба, где происходит выпадение взвешенных веществ. Нижняя часть является иловой камерой, в которую через щель шириной 0,15 м поступает осадок из желоба.

Впуск и выпуск воды из отстойника устраивается так же как и в горизонтальных отстойниках (в виде водосливных сборных лотков на всю ширину желоба).

Осадок из иловой камеры удаляется гидростатическим давлением столба воды через иловую трубу. Выпускать осадок из отстойника следует, когда его уровень будет на 1 м ниже щели осадочного желоба. Выпуск нужно осуществлять медленно, не допуская проскока сточной воды, поступление которой при этом прекращается. После выгрузки сброженного осадка, в иловой камере должно оставаться не менее 15 % его объема, чтобы обеспечить заражение свежего осадка, а илопровод необходимо промыть водой, учитывая, что попадание излишнего количества воды на иловые площадки нежелательно. Уровень осадка необходимо замерять регулярно с помощью зонда или какого-нибудь другого приспособления.

Следует своевременно очищать каналы, затворы и погружные доски от осадка, уделяя особое внимание поддержанию в чистоте щели на дне верхней отстойной части. Края щели должны ежедневно очищаться скребками или проволочной щеткой. Плавающие вещества, задерживаемые погружными щитками в отстойной части, необходимо регулярно удалять из отстойника во избежание из выноса с очищаемой водой.

Нельзя допускать образования плотной корки из взвешенных веществ, мешающей выходу газа. Разрушают ее вручную путем погружения в иловую воду специального инструмента, а также путем смачивания корки или разбивания ее струей воды, подаваемой насосом, перекачивающим жидкость из иловой камеры. Если таким путем не удается избежать роста корки, то ее необходимо периодически удалять из отстойника.

Иловые площадки. Осадки, образующиеся в процессе эксплуатации соо- ружений биохимической очистки сточных вод, следует подсушивать на иловых площадках, которые представляют собой огражденные земляными валиками и разделенные на секции-карты участки для равномерного распределения осадка. Схема иловой площадки показана на рис. 12.21.

Иловые площадки следует устраивать, как правило, на искусственном асфальтобетонном основании с дренажом.

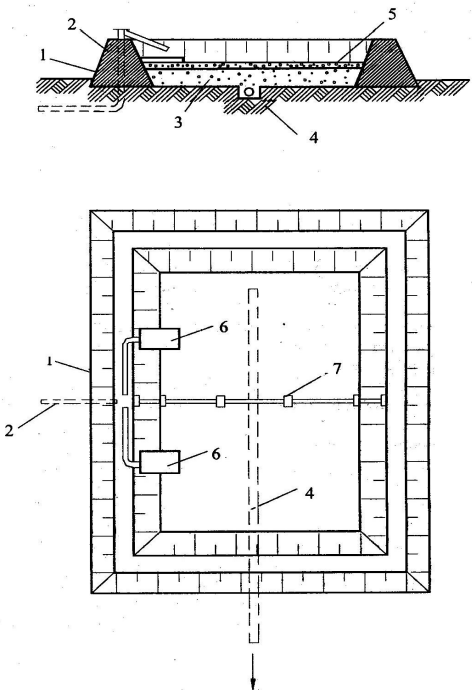


Рис. 12.21. Иловая площадка:

1 – обвалование иловой площадки; 2 – илопровод; 3 – гравий с щебнем; 4 – собирательная дрема; 5 – крупнозернистый песок; 6 – щитки из досок; 7 – разделительная перегородка

Отдельные карты иловых площадок должны заполняться поочередно. Слой одновременно наливаемого на карту осадка принимается для летнего периода – от 20 до 30 см, а для зимнего – на 0,1 м ниже ограждающих валиков.

Влажность подсуженного осадка колеблется в пределах от 76 до 39 %.

Для замораживания осадка в зимний период допускается использование 80 % площади иловых площадок, а остальные 26 % предназначаются для налива на них осадка во время весеннего таяния намороженного осадка. Периодичность налива осадка на иловые площадки должна устанавливаться опытным путем. Разгружать иловые площадки от подсушенного осадка рекомендуется летом в сухую погоду, а зимой – после промерзания осадка.

При вывозе осадка с иловых площадок с естественным основанием летом, въезд на карты транспорта без специальных устройств, исключающих уплотнение фильтрующего слоя и нарушение дренажа, не допускается. После удаления осадка поверхность иловых площадок следует спланировать и, в случае необходимости, засыпать песком.

При перекачке осадка на большое расстояние напорные трубопроводы следует периодически промывать водой, особенно при длительных перерывах в работе. Дренажные воды с иловых площадок перекачиваются на очистные сооружения для последующей их очистки совместно со сточными водами.

Шламонакопители. Сброс и хранение осадков, образующихся при эксплуатации песколовок, нефтеловушек, прудов дополнительного отстаивания и других объектов очистных сооружений, осуществляется в шламонакопителях, представляющих собой открытые земляные емкости, естественные или искусственные. Устройство шламонакопителей должно отвечать требованиям СНиП 2.01.28 - 85 «Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных отходов» (рис. 12.22).

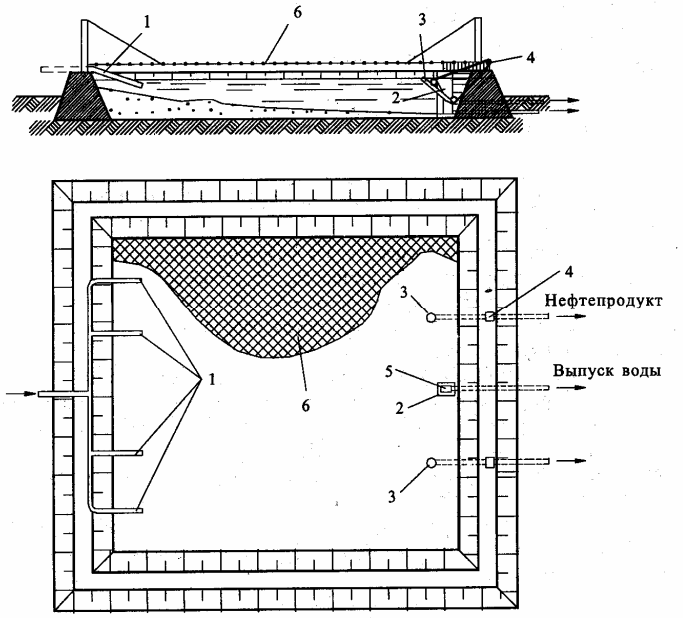


Рис. 12.22. Схема устройства шламонакопителя:

1 – распределительные лотки; 2 – шандоры из досок;
3 – нефтесборная шарнирная труба; 4 – лебедка дляподъема нефтесборной трубы;
5 – колодец для выпуска воды; 6 – защитная сетка

Шламонакопители должны быть оборудованы: распределительными лотками для равномерного распределения осадка по поверхности шламонакопителя; нефтесборными шарнирными трубами для сбора выделившихся частиц нефти; отводом отстоявшейся воды в нефтеловушку.

Флотационные установки. Флотатор показан на рис. 12.23.

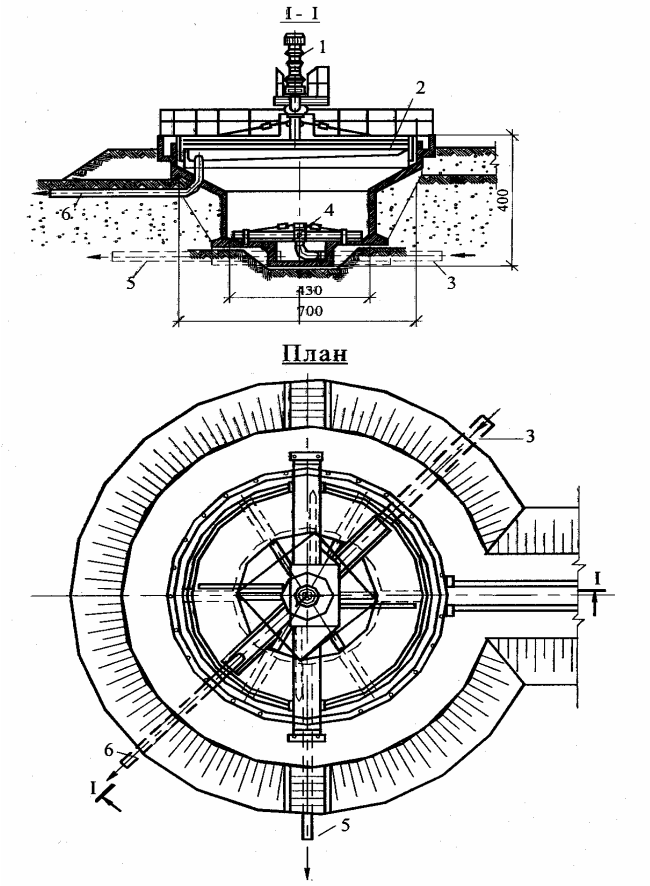


Рис. 12.23. Флотатор:

1 – привод механизма для сгребания пены; 2 – пеносборный лоток; 3 – трубопровод для подачи воды; 4 – вращающийся водораспределитель; 5 – трубопровод опорожнения; 6 – трубопровод для отвода пены

Для удаления из сточных вод эмульгированных частиц нефти, не задерживаемых в нефтеловушке, следует применять флотоустановки напорного типа.

Флотация основана на использовании подъемной силы пузырьков воздуха, которыми искусственно насыщается вода. Для повышения эффективности флотационной очистки в сточную воду добавляются различные алюминий- и железосодержащие коагулянты.

Для интенсификации процесса коагуляции (ускорение хлопьеобразования, увеличение скорости осаждения хлопьев) и повышения качества очистки воды целесообразно использовать флокуляцию, представляющую собой агрегацию (укрупнение) частиц, в которой в дополнение (а иногда взамен) к непосредственному контакту частиц происходит их взаимодействие через молекулы адсорбированного флокулянта. В качестве флокулянта рекомендуется применять полиэтилен, полиакриламид и новые типы реагентов – водорастворимые органические полимеры анионного, неиногенного и катионного типов. В каждом конкретном случае, в зависимости от состава сточных вод, их температуры, интенсивности перемешивания, последовательности введения коагулянтов и флокулянтов, вид и доза флокулянта должны подбираться экспериментально.

Основными сооружениями традиционной флотоустановки являются флотаторы прямоугольные (одно-и многокамерные) или круглые (радиальные).

Круглый флотатор представляет собой железобетонную емкость с коничес- ким днищем, внутри которой устроена круглая флотационная камера. На дне камеры установлен вращающийся водораспределитель, действующий по принципу Сегнерова колеса. По периферии флотатора на опорах расположена кольцевая стенка, задерживающая пену, и кольцевой водослив, обеспечивающий равномерный сбор и отвод очищенной воды. Над поверхностью воды радиально установлен пеносборный лоток. Для сгона пены к нему служат вращающиеся скребки с редуктором и электроприводом. Общее время пребывания сточной воды во флотаторах 10 – 20 мин. В случае переменного расхода сточных вод и повышенного содержания в них нефти и механических примесей, следует применять флотаторы-отстойники. В отличие от флотаторов они представляют собой радиальный отстойник со встроенной в него подвесной флотокамерой, выполненной в виде металлического цилиндра, концен-

трично размещенного в верхней части типового флотатора. Флотокамера оборудована вращающимся водораспределителем и скребковым устройством для сгона пены и осадка. Воздух и коагулянт во флотаторы-отстойники подается обычно. Напорный резервуар должен обеспечивать насыщение воды воздухом при давлении 0,3 - 0,4 МПа. На резервуаре установлены манометр и предохранительный клапан для удаления избытка воздуха. Раствор коагулянта следует готовить попеременно в двух баках, оборудованных барботерами. После загрузки заполнить бак водой и перемешать раствор воздухом, подаваемым через барботеры, в течение 30–40 мин, затем дать раствору отстояться (1,5–2,0 ч), определить ареометром его удельный вес и по градуировочной кривой или таблице найти соответствующую крепость в процентах.

13. ОХРАНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

- Строение атмосферы Земли;
- Приземный слой воздуха;
- Критерии качества атмосферного воздуха;
- Неблагоприятные метеоусловия при загрязнении атмосферы;
- Очистка газовых выбросов в атмосферу: очистка газовых выбросов от пыли; очистка выбросов от газообразных токсичных примесей; выбор метода и оборудования, обеспечивающих необходимую степень очистки; очистка топочных газов от диоксида серы; очистка отходящих газов от оксидов азота;
- Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

Атмосфера – газовая оболочка Земли, состоящая в основном из азота (78,08 об. %), кислорода (20,95 об. %), аргона (0,93 об. %) и углекислого газа (0,03 об. %). Остальные газы составляют 0,01 об. %.

13.1. Строение атмосферы Земли

Атмосферу делят на ряд слоев (рис.13.1) по различному перемешиванию воздушных масс и температурному признаку (снизу вверх):

1) гомосферу, включающую тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу;

2) гетеросферу;

3) экзосферу.

Переходные слои между сферами мощностью в несколько километров наз- ваны соответственно тропопаузой, стратопаузой, мезопаузой, турбопаузой.

От уровня моря начинается первый слой атмосферы – тропосфера, в пределах которой температура равномерно уменьшается с высотой. Высота тропосферы в среднем от 9 до 17 км. Основная причина изменений высоты тропосферы – колебания температуры. В тропосфере заключено около 80 % всей массы атмосферы и практически весь водяной пар. Кроме основных четырех газов в тропосфере содержатся малые газовые примеси: пар H_2O, O_3, NO, SO_2, NO_2, OH, H_2S, CO, CH_4, N_2O и др.

В тропосфере происходят интенсивные горизонтальные и вертикальные перемещения масс, *обусловливающие погоду*, образуются облака, выпадают осадки. Температура в среднем уменьшается с высотой на 0,6 ºС на каждые 100 м. Уменьшение температуры с высотой вызвано тем, что тропосфера прогревается преимущественно за счет тепла, излучаемого земной поверхностью. У верхней границы тропосферы температура снижается до минус 56 ºС.

Стратосфера – воздушная оболочка, располагающаяся над тропосферой (до высоты 50 км), в которой температура относительно постоянная в нижней части (примерно до высоты 25 км) и постепенно возрастает в верхней части (0 – 10 ºС), а также характерна исключительная сухость воздуха. В нижней части (15 – 25 км) стратосферы *располагается озоновый слой.* На высоте 30 км концентрация O_3, аэрозоля и ионов падает. Под влиянием магнитного поля Земли озоновый слой над полюсами находится на меньшей высоте и содержит больше озона, чем над экватором. У полюсов озоновый слой располагается примерно на высоте 8 – 30 км, а у экватора – 15 – 35 км. Озон поглощает 13 % солнечной радиации, идущей к Земле, в то время как вся атмосфера Земли поглощает 20 %. Поэтому температура воздуха в стратосфере снизу вверх возрастает от –56 до +10 ºС.

В мезосфере температура снова резко уменьшается с высотой. Верхняя граница ее проходит по мезопаузе, т.е. слою, обладающему минимальной для атмосферы температурой (около –90 ºС) и располагающемуся в среднем на высоте около 85 км; здесь наблюдаются *серебристые облака*.

Термосфера характеризуется быстрым возрастанием температуры до 1 000 – 2 000 ºС. Граница термосферы с самой внешней оболочкой земной атмосферы – *экзосферой* – располагается выше 800 – 1 000 км. В пределах термосферы возникают полярные сияния разных форм

(спокойные однородные дуги или полосы, протянувшиеся через весь небосвод, лучи, неправильные пятна, большие однородные свечения, реже возникают очень эффектные пламенные, мерцающие, струящиеся сияния и драпри – гигантские ленты, имеющие вид складывающегося занавеса).

До высоты 105 – 110 км концентрация молекул воздуха сравнительно велика, и в этом большом слое молекулы N_2, O_2 и других газов непрерывно перемешиваются. Такой процесс называют *турбулентной диффузией*. До 110 км содержание основных газов в воздухе неизменно. По этому признаку слой до 105 – 110 км называют *гомосферой*, а область перехода в более верхние слои – *турбопаузой*. Выше турбопаузы, в гетеросфере, каждый газ начинает жить сам по себе. Здесь в царстве молекулярной диффузии легкие газы, такие как H_2 и He, устремляются вверх, тяжелые отстают.

На высоте большей 1000 км *гетеросфера переходит в экзосферу*, где молекулы сталкиваются крайне редко. На высоте 120 – 130 км концентрации O_2 и O становятся равными. На высоте 160 – 180 км наблюдается одинаковое количество атомов O и молекул N_2. Выше 600 км основным атмосферным газом становится O. Еще выше его вытесняет более легкий водород, а уже на высоте 1500 – 2000 км содержание He и H_2 сравнивается. На размытой верхней границе (несколько тысяч километров) экзосфера переходит в межпланетный газ.

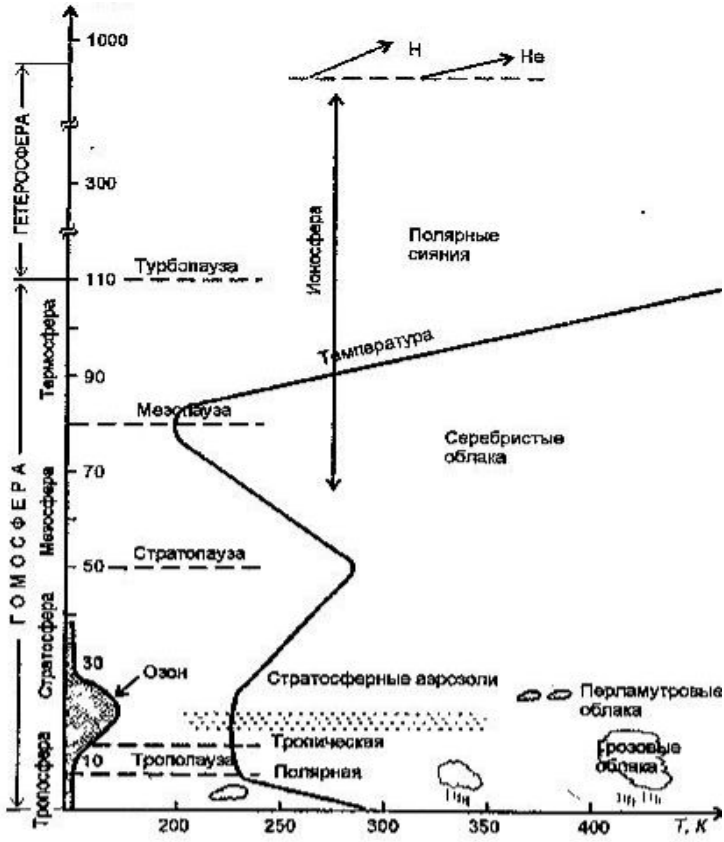


Рис. 13.1. Схема строения атмосферы Земли

В биосферу входит самая нижняя часть атмосферы, т.е. тропосфера. Физическим пределом распространения жизни в атмосфере является озоновый слой.

13.2. Приземный слой воздуха

Знаменитые физики Рэлей и Тиндаль установили, что при прохождении света в чистом воздухе в рассеянном свете преобладает коротковолновое излучение. Этим рэлеевским рассеянием объясняется голубой цвет неба. А аэрозоли имеют различную форму, размеры,

химический состав и рассеяние на них происходит так, что чаще всего наблюдается сложение цветов. Поэтому облака бывают белые, серо-белые, темно-серые. Конечно, если не наблюдается дифракция света, как в случае возникновения радуги.

Многочисленные измерения показывают, что в нижних слоях атмосферы при подъеме на каждые 100 м температура уменьшается примерно на 0,6 ºС.

Изменения температуры в различных слоях тропосферы являются одной из основных причин образования облаков и туманов, дождя, града и снега, т.е. изменения состояния воды.

По Международной классификации облаков различают около 80 типов облачности.

Все облака нижнего яруса лежат ниже 2 км (слоистые – серые, однородные, вытянутые в горизонтальном направлении); средний ярус лежит между 2 и 6 км (высокослоистые, серые или голубоватые, покрывающие все небо); верхний ярус (перистые, образующие тонкие, нежные, белые нити и состоящие целиком из кристалликов льда). Наблюдаются экзотические перламутровые и серебрис- тые облака. Перламутровые окрашены в красный, оранжевый, зеленый, голубой и фиолетовый цвета. Причиной образования зрелищных серебристых облаков является подъем вулканической пыли, поступление метеорной материи из космоса и конденсация влаги на аэрозолях при низких температурах вблизи мезопаузы.

Атмосферная влага скапливается и в других образованиях, например, тумане.

13.3. Критерии качества атмосферного воздуха

В атмосферном воздухе, особенно в нижних слоях, кроме газообразных составляющих, всегда имеются физические примеси. Различные по происхождению и разнообразные по форме, размерам, химсоставу и физическим свойствам они всегда находятся во взвешенном состоянии. Это пыль, дым, сажа, различные органические частицы (споры, пыльца, микроорганизмы). Физические примеси играют большую роль в развитии ряда атмосферных процессов. В результате антропогенной деятельности человека воздух интенсивно загрязняется химическими соединениями: диоксидом углерода, оксидами азота, серы, свинцом и т.д.



Качество воздуха оценивается с помощью качественного показателя – ПДК по коэффициенту j:

$$j = C_i / ПДК_i,$$

где C_i – фактическая концентрация веществ, $ПДК_i$ – максимально разовая предельно-допустимая концентрация загрязняющих веществ.

Часто загрязнение усиливается присутствием нескольких загрязняющих веществ, тогда учитывается эффект суммации этих загрязнителей. Если j равен или не больше единицы, значит опасность загрязнения от этих выбросов не существует или они интенсивно рассеиваются на определенной территории.

13.4. Неблагоприятные метеорологические условия (НМУ)

Более подробная информация о загрязнении атмосферы при НМУ с решением задач представлена в разделе «Экологическое нормирование загрязняющих веществ».

В интенсивном загрязнении атмосферы большую роль играют неблагоприятные метеорологические условия (НМУ):

а) *опасная скорость ветра*, при которой не происходит рассеивания загрязняющих веществ от организованных выбросов;

б) *опасное направление ветра*, т.е. направление от источника выброса на жилой массив; если несколько источников, то опасным будет направление, при котором происходит наложение факелов выбросов наиболее мощных источников загрязнения или наибольшего количества этих факелов;

в) *опасное устойчивое состояние атмосферы*, при котором температура воздуха на каждые 100 м высоты падает меньше, чем на 1 ºС, т.е. рассеивание грязного воздуха вверх ограничивается, т. к. он охлаждается быстрее, и потому более теплый, легкий чистый воздух не опускается вниз и не перемешивается с ним (существует также безразличное и неустойчивое состояние атмосферы, последнее является благоприятным для рассеивания выбросов загрязняющих веществ);

г) *температурная инверсия* – состояние атмосферы, при котором температура воздуха в приземном слое не уменьшается, а возрастает с высотой. Инверсионный слой возникает при штилях, туманах, низкой облачности, резкого вторжения больших масс холодного или теплого воздуха и рассеивания грязного выброса практически не происходит.

Основные объемы загрязняющих атмосферу вредных веществ в Республике Казахстан от промышленных стационарных источников сформированы в Павлодарской, Карагандинской, Жезказганской областях. Основная масса загрязняющих веществ поступает от предприятий цветной металлургии, теплоэнергетики, черной металлургии, нефтегазового комплекса. Самый высокий индекс загрязненности атмосферы (ИЗА) в городах Лениногорск, Алматы, Шымкент, Актюбинск, Жезказган.

Существенны выбросы от энергетических предприятий Казахстана. Например, в Павлодарской области – Ермаковская ГРЭС, Экибастузская ГРЭС-1, Павлодарская ТЭЦ-1, ТЭЦ-3, Карагандинской области – Карагандинская ГРЭС -2, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3; Северо-Казахстанской – Петропавловская ТЭЦ-2.

Предприятия черной металлургии: Карагандинская область – АО «Испат-Кармет»; Костанайская – Соколовско-Сарбайское ГПО; Павлодарская – Ермаковский завод ферросплавов; Актюбинская – АО «Феррохром».

Предприятия цветной металлургии: Жезказганская область – ПО «Балхаш- медь», АО «Казахмыс»; Восточно-Казахстанская – Усть-Каменогорский свинцово-цинковый комбинат; Зыряновский свинцовый комбинат, Ленинигорский полиметаллический комбинат; Южно-Казахстанская область – Шымкентский свинцовый завод.

Предприятия химической промышленности: Актюбинская область – завод хромовых соединений, ПО « Фосфохим»; Карагандинская – ПО «Карбид», ПО «Карагандарезинотехника»; Жамбылская – АО «Нодфос», АО «Суперфосфатный завод», АО «Химпром», Южно-Казахстанская – ПО «Фосфор»; Акмолинская – Целинный ГХК.

Предприятия нефтяной и газовой промышленности:

Актюбинская область – АО «Актобемунайгаз»; Атырауская СП «Тенгизшевройл»; АО «Тенгизмунайгаз», «Эмбамунайгаз», Атырауский НПЗ;



Кызылординская область – АО «Карачаганазпром», ГАО «Южнефтегаз»; Мангистауская – ПО «Мангистаумунайгаз», ПО «Узеньмунайгаз», НГДУ «Каражанбастернефть»; Южно - Казахстанская – АО «Шымкентнефтеоргсинтез».

Основную массу выбросов автотранспорта по-прежнему составляет оксид углерода, концентрация которого колеблется в пределах от 75 до 80 %. Остальную часть составляют углеводороды, оксиды азота и другие вещества.

Существенным фактором, определяющим загрязнение территории Казахстана, является трансграничный перенос веществ. В рамках Европейской Экономической комиссии ООН при поддержке Всемирной Метеорологической организации с 1992 года Россия выполняет программу «Совместная программа наблюдений и оценки распространения загрязнителей воздуха на большие расстояния в Европе» (ЕМЕП), включающую территории стран СНГ. Согласно расчету в Казахстане доля выпадения от собственных источников соединений серы и азота (1) и трансграничных выпадений (2) в 1994 г. составили соответственно:

1. Серы – 46 %, или 380000 т	*2. Серы – 54 %*
Азота (окисленного) – 19 %, или 46400 т	*Азота (ок.) – 81 %*
Азота (восстановленного) – 51 %, или 11300 т	*Азота (восст.) – 49 %*

Максимальный вклад в выпадения на Казахстан по соединениям серы после собственных источников вносит, %: Россия (28), Узбекистан (10), Украина (8). Процент вклада стран Западной Европы, Юго-Восточной Азии, Польши, Киргизии, Беларуси составили, соответственно, 3,0; 1,0; 2,0; 1,0; 1,0.

Основная масса окисленного азота поступает на территорию республики от источников России (43 %), несколько меньше –

Узбекистана, стран Западной Европы (по 8 %), Украины (7 %); 1 – 2 % составляет трансграничный перенос окисленного азота от Киргизии, Беларуси, Грузии, Туркмении, Финляндии, Румынии, стран Юго-Восточной Азии.

Казахстан также осуществляет трансграничный вклад на территории Киргизии, России, Узбекистана и на зеркало Каспийского моря.

К числу крупномасштабных воздухоохранных мероприятий в Казахстане относятся: модернизация газоходов «Испат-Кармет» зон охлаждения агломашин на аглофабрике №1; ввод в эксплуатацию блока электрофильтров и наладка на агломашине №5; реконструкция шести аспирационных установок в цехах комбината и др.

13.5. Очистка пылегазовых выбросов в атмосферу

Среди многочисленных направлений работ по снижению загрязнения воздушного бассейна важнейшими являются следующие:

- Внедрение эффективных экономических и моральных методов стимулирования деятельности по охране атмосферы, включая различные поощрения и плату за выбросы и т.д;
- Сокращение выбросов от автомобильного транспорта за счет совершенствования двигателей и топливной аппаратуры, внедрение нейтрализаторов выхлопных газов, увеличение доли дизельных и работающих на газообразном топливе двигателей, прекращение выпуска этилированных бензинов, а также лучшей организации дорожного движения;
- Внедрение малоотходных и безотходных или чистых технологических процессов и производств;
- Оптимизация энергетического баланса страны (использование альтернативных источников энергии и т.д.);
- Внедрение экономически оправданных процессов сжигания топлива, а также предварительного обессеривания угля, нефти и газа, глубокой переработки угля и сланцев перед сжиганием (газификация, пиролиз);
- Внедрение современных методов пылегазоочистки дымовых и других отходящих газов с высоким КПД и максимальным использованием продуктов очистки. Особое внимание следует уделять комплексной очистке отходящих газов от оксидов серы и азота, выделению и использованию углеводородов, сероводорода, соединений фто-

ра, хлора, тяжелых металлов, обезвреживанию канцерогенных веществ;

Развитие эффективных систем контроля за загрязнением атмосферы, в том числе автоматизированных и дистанционных систем.

13.5.1. Очистка газовых выбросов от пыли

Классификация пылеулавливающего оборудования дана в ГОСТ 12.2.043-80, с дополнением дана в виде рис.13.2.

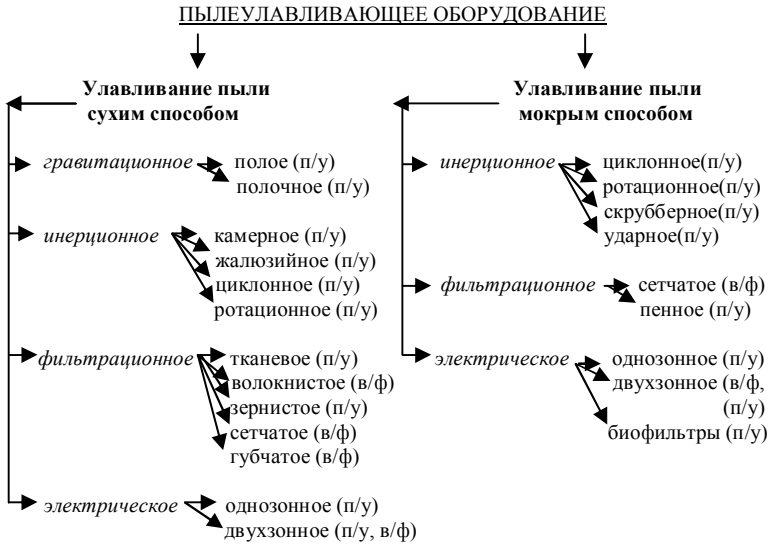


Рис. 13.2. Классификация пылеулавливающего оборудования:
в/ф – воздушный фильтр; п/у – пылеуловитель
(по Е.Штокман, 1999)

Воздушные фильтры – оборудование, применяемое для очистки от взвешенных частиц пыли воздуха, подаваемого в помещения системами приточной вентиляции, кондиционирования и воздушного отопления.

Пылеуловители – оборудование, применяемое для очистки от пыли воздуха, выбрасываемого в атмосферу системами вытяжной вентиляции.

Под эффективным улавливанием пыли понимают улавливание с эффектом более 95%. Число конструкций пылеуловителей составляет тысячи. Рассмотрим наиболее применяемые и перспективные. Четкой границы между аппаратами, применяемыми для очистки вентиляционных выбросов и используемых в системах очистки технологических выбросов нет. Например, циклоны широко применяются как в системах вентиляции, так и в технологических установках. В то же время некоторые аппараты преимущественно служат для технологической очистки (пылеуловители Вентури, электрофильтры и др.).

Для очистки газовых выбросов обычно используют осаждение пыли в гравитационном, центробежном, электрическом или акустическом полях, методы абсорбции, хемосорбции и реагентные.

Простейшими пылеулавливающими устройствами являются пылеосадочные камеры, в которых очистка от пыли протекает за счет сил гравитации. Действие инерционного пылеуловителя основано на том, что при изменении направления движения потока запыленного воздуха (газа) частицы пыли под действием сил инерции отклоняются от линии тока и сепарируются от потока.

Циклоны. Очистка газовых выбросов от пыли чаще всего осуществляется в аппаратах – *циклонах* (рис. 13.3).

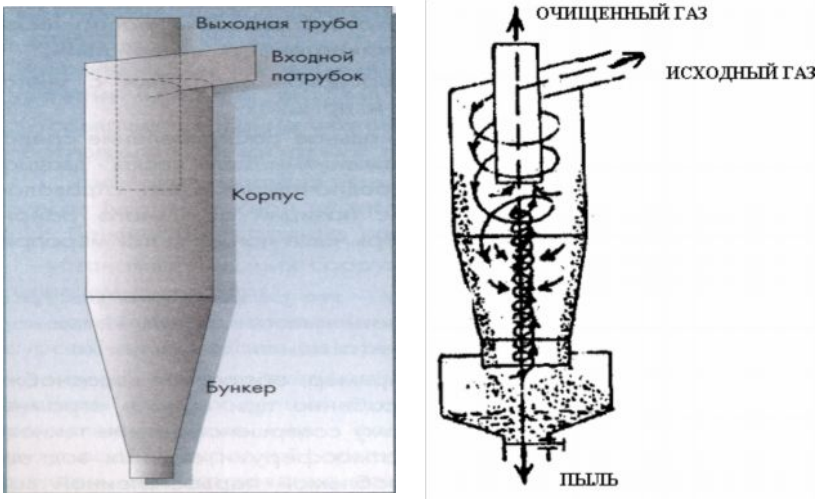


Рис. 13.3 Цилиндрический циклон

Сепарация пылевых частиц в циклоне осуществляется на основе использования центробежной силы. Газовый поток вводится через входной патрубок внутрь корпуса (сверху вниз) и совершает вращательно-поступательное движение вдоль корпуса к бункеру. Под действием центробежной силы на стенке циклона образуется пылевой слой. Отделение пыли от газа происходит за счет поворота газового потока в бункере на 180° (частицы пыли, взвешенные во вращающемся газовом потоке, отбрасываются к стенкам корпуса циклона). Очищенный от пыли газовый поток образует вихрь и покидает циклон через выходную трубу.

Для расчета циклонов необходимы следующие исходные данные: количество очищаемого газа при рабочих условиях $V_г$, м^3/с; плотность газа при рабочих условиях *p,* кг·м^3; динамическая вязкость газа при рабочей температуре μ, Па/с; дисперсный состав пыли, задаваемый параметрами запыленности газа (C_{BX} , г·м$^{-3}$), плотностью частиц ($p_г$, кг·м^3); требуемый эффект очистки газа η.

Теоретическую скорость осаждения частиц (ω_0) рассчитывают по формуле

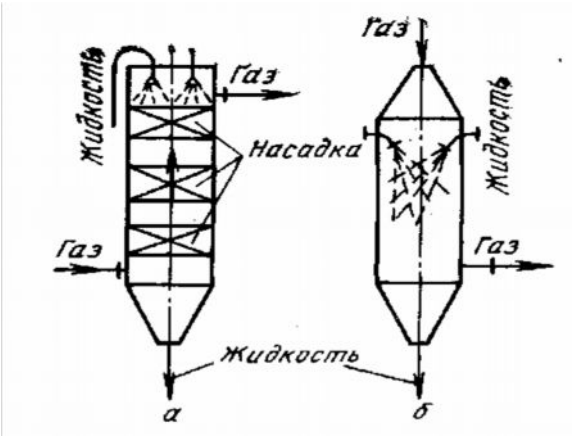
$$\omega_0 = d_г (p_г - p) \omega_г / 9 \mu D$$

где $\omega_г$ – окружная скорость газа в циклоне, м·с$^{-1}$; $d_г$ – диаметр частицы, м; *D* - диаметр циклона, м.

Диаметр циклона определяется допустимой запыленностью газов:

Диаметр циклона, мм	800	600	500	400	300	200	100
Допустимая концентрация частиц, кг·м$^{-3}$	2,5	2,0	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6

Скрубберы мокрого типа целесообразно использовать, если мелкие частицы должны улавливаться с относительно высокой эффективностью, желательно охлаждение газа, а повышение его влажности не служит препятствием, если газы представляют опасность в пожарном отношении и необходимо улавливать как твердые, так и газообразные вещества (рис.13.4)



В скрубберах с насадкой, пред-

назначенных для образования боль-шой поверхности соприкосновения жидкости и запыленных газов, газы обычно вводятся снизу и выводятся сверху. Промывную жидкость подают сверху и выводят снизу.

В полых скрубберах, часто используемых для охлаждения газов с целью их подготовки перед очисткой от пыли в сухих электрофильтрах, рукавных фильтрах, предпочитают вводить газы сверху и выводить снизу.

Фильтры. Для фильтрования газов от пыли используют различные фильтры: тканевые, с набивкой или с насыпным фильтрующим слоем. Основную группу составляют разнообразные тканевые фильтры (табл. 13.1).

Таблица 13.1

Свойства фильтрующих тканей

Основн Волокно	Ср. диам. част., мм	Термостойкость, °С	*Устойчивость к воздействию*		Удлинение при разрыве %	Пористость %
			Кислот	Щелочей		
Хлопок	20	65 – 80	Низкая	Высокая	7 - 8	60
Шерсть	27	80 – 100	Невысокая	Низкая	30 - 40	86
Капрон	-	65	—//—	Высокая	20 - 25	-
Нитрон	24	130	Высокая	Невысокая	16 - 22	83
Лавсан	20	140	—//—	—//—	20 - 25	75
Стекло	8	250 – 300	—//—	—//—	2 - 3	55

Рукавные фильтры используются в тех случаях, когда необходима очень высокая эффективность улавливания, пыль представляет собой ценный продукт, который необходимо собрать в сухом виде, температура газа всегда выше его точки росы, объемы относительно невелики, температура относительно низка. В фильтрах рукава из нетканных материалов надеты на проволочные каркасы и фильтрация запыленных газов через ткань осуществляется снаружи внутрь (рис. 13.5).

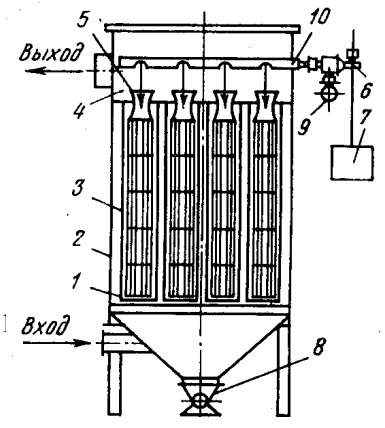


Рис. 13.5. Схема рукавного фильтра с импульсной продувкой:

1 – рукав; 2 – корпус; 3 – камера запыленного воздуха; 4 – камера очищенного газа; 5 – диффузор; 6 – клапан; 7 – шкаф управления; 8 – выгрузочное устройство; 9 – воздухораспределительный коллектор; 10 – распределительные трубы

Электрофильтры – наиболее совершенные аппараты для очистки газов от частиц пыли и тумана (рис. 13.6).

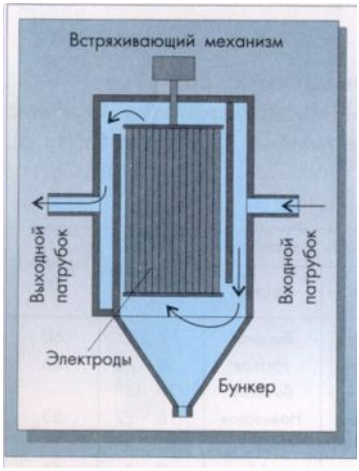


Рис.13.6. Пластинчатый электрофильтр

Процесс очистки основан на так называемой ударной ионизации газа в зоне разряда. Загрязненные газы, поступающие в электрофильтр, частично ионизированы за счет внешних воздействий. При достаточно большом напряжении, подаваемом на электроды, в электрическом поле движение ионов и электронов настолько ускоряется, что, сталкиваясь с молекулами газа, они ионизируют их, расщепляя на положительные ионы и электроны. Образовавшийся поток ионов ускоряется электрическим полем, и реакция повторяется (наступает лавинообразный процесс). Этот процесс называется ударной ионизацией. Электрофильтры обычно делают с отрицательными электродами, при этом положительно заряженные частицы под действием электростатических, аэродинамических сил и силы тяжести осаждаются. Периодическая очистка фильтра достигается встряхиванием электродов. В промышленности используют несколько типов конструкций сухих и мокрых электрофильтров. В зависимости от формы электродов различают трубчатые и пластинчатые электрофильтры.

13.5.2. Очистка выбросов от газообразных токсичных примесей

Выбросы в атмосферу должны очищаться не только от аэрозольных загрязнений, но и от вредных паров и газов. Применяют четыре основных способа очистки выбросов в атмосферу от вредных паров и газов:

1) абсорбция (лот. *absorpfio* – всасывание, растворение) – промывка выбросов жидкими растворителями;

2) хемосорбция – промывка растворами реагентов, химически связывающими примеси;

3) адсорбция (лат. *adsorbere* – поглощение) – поглощение примесей твердыми активными веществами;

4) химические превращения примесей в присутствии катализаторов (каталитические методы).

При **абсорбции** поглощающую жидкость (абсорбент) выбирают в зависимости от растворимости в ней удаляемого газа, температуры и его парциального давления. Например, для удаления из технологических выбросов аммиака NH_3, хлорводорода HCl или фторводорода HF целесообразно в качестве абсорбента применять воду, т.к. растворимость этих газов в воде велика – сотые доли грамма на 1 кг воды.

В других случаях можно применять раствор серной кислоты (для улавливания водяных паров) или вязкие масла (для улавливания ароматических углеводородов) и др.

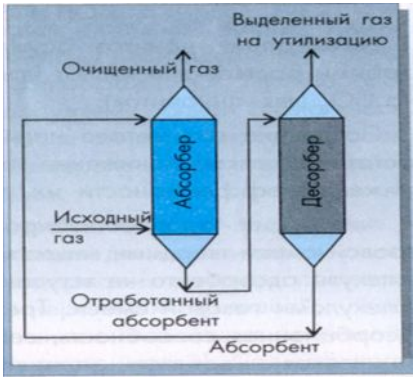


Рис. 13.7. Схема абсорбции и десорбции газов

Скорость абсорбции зависит, главным образом, от давления и температуры: с ростом давления и температуры скорость абсорбции повышается.

Если снизить давление над жидкостью или температуру, то происходит выделение газа из жидкости, т.е. регенерация растворителя – десорбция из него газов в десорберах. Узлы абсорбции и десорбции могут быть разных конструкций (рис. 13.7).

Хемосорбция основана на поглощении газов реагентами с образованием малолетучих или малорастворимых соединений. Примером может служить очистка газовоздушной смеси от сероводорода с применением мышьяково-щелочного реагента:

$$H_2S + Na_4As_2S_5O_2 = Na_4As_2S_6O + H_2O$$

Регенерация раствора производится окислением его кислородом, содержащимся в очищенном воздухе:

$$2Na_4As_2S_6O + O_2 = 2Na_4As_2S_5O_2 + 2S$$

В этом случае побочным продуктом является сера. Могут применяться и другие реагенты и иониты. Иониты – это твердые вещества, способные обмениваться ионами с фильтруемыми через них жидкими

или газообразными смесями. Это или природные материалы (цеолиты или глины), или синтетические полимеры (смолы). Например, при фильтровании газовой смеси, содержащей аммиак NH_3, через влажный ионит катионного типа (катионит) происходит присоединение аммиака NH_3 к катиониту:

$$R\text{-}H + NH_3 \rightarrow R\text{-}NH_4$$

Подобные реакции происходят и при удалении диоксида серы SO_2 из газовой смеси с помощью ионитов анионного типа (анионитов):

$$R\text{-}CO_3 + SO_2 \rightarrow R\text{-}SO_3 + CO_2$$
$$R\text{-}OH + SO_2 \rightarrow R\text{-}HSO_3$$

Регенерация ионитов осуществляется промывкой их водой, слабыми раст- ворами кислот (для катионитов), щелочей или содой Na_2CO_3 (для анионитов).

Последние два метода называют мокрыми. Основной их недостаток – резкое понижение температуры газов, что приводит к снижению эффективности их рассеивания в атмосфере.

Адсорбция – процесс избирательного поглощения компонентов газовой смеси твердыми веществами. При физической адсорбции молекулы адсорбента не вступают в химическое взаимодействие с молекулами газовой смеси. Требования к адсорбентам: большая адсорбционная способность, селективность (лат. *selectio* – выбор, отбор), химическая инертность, механическая прочность, способность к регенерации, низкая стоимость. Наиболее распространенные адсорбенты – активные угли, силикагели, алюмосиликаты. С увеличением температуры адсорбционная способность снижается. На этом свойстве основан процесс регенерации, которую осуществляют либо нагревом насыщенного адсорбента до температуры выше рабочей, либо продувкой его горячим паром или воздухом.

Каталические методы очистки газов основаны на использовании катализаторов, ускоряющих химические реакции. В последние годы каталитические методы применяются для нейтрализации выхлопных газов автомобилей, т. е. превращения токсичных оксидов азота NO и углерода CO в нетоксичные: газообразный азот N_2 и диоксид углерода CO_2. При этом используют различные катализаторы: медно-никелевый сплав, платину на глиноземе, медь, никель, хром и др.:

$$2NO + 2CO \xrightarrow{кат} N_2 + 2CO_2$$
$$2NO + 2H_2 \xrightarrow{кат} N_2 + 2H_2O$$
$$2CO + O_2 \xrightarrow{кат} 2CO_2$$

В настоящее время разработаны различные способы очистки воздуха от радиоактивных, бактериальных загрязнений, устранения неприятных запахов, принципы которых в общем такие же, как и при

очистке его от других загрязнений, необходимо лишь специальное оборудование.

13.5.3. Выбор метода и оборудования, обеспечивающих необходимую степень очистки

Выбор метода и оборудования, обеспечивающих необходимую степень очистки, зависят от большого числа параметров. Одним из главных среди них является эффективность работы системы по отношению к преобладающим в газовом потоке частицам. Приведенная в табл.13.2 зависимость эффективности улавливания от фракционного состава твердых частиц и аэрозолей позволяет провести первоначальную оценку возможностей различных пылеочистных устройств. В процессе выбора оборудования необходимо учитывать степень неравномерности газового потока, т.к. 10 %-ное отклонение от номинальных регламентированных значений является обычной нормой работы предприятий.

Таблица 13.2

Зависимость эффективности улавливания от фракционного состава твердых частиц и аэрозолей в газовом потоке для различных типов оборудования

Тип оборудования	Общая эффективность, %	Эффективность улавливания, %				
		< 5 мкм	– 10 мкм	10 – 20 мкм	0 – 40 мкм	40 мкм
Пылеосадительная камера	58,6	,5	,2	3	0	0
Обычный циклон	65,3	2	3	7	2	1
Циклон с удлиненным конусом	84,2	0	9	2	5	7
Электрофильтр	97,0	2	4,5	7	9,5	00
Полый скруббер, орошаемый водой	98,5	0	6	8	00	00
Скруббер Вентури	99,5	9	9,5	00	00	00
Рукавный фильтр	99,7	9,5	00	00	00	00

На выбор оборудования и материалов для изготовления оказывают влияние химические и физические свойства загрязнителей.

Еще одним важным критерием является концентрация загрязнителей в очищаемом газе, т.к. при высоких ее значениях (выше 230 г/м^3) обычно вводится стадия предварительной очистки. Во внимание необходимо также принимать температуру. Давление, влажность газового потока, возможность остановки газоочистного оборудования для текущего ремонта и ряд других факторов.

С развитием техники происходит постоянное изменение отдельных характеристик газоочистного оборудования, поэтому детальное сравнение различных устройств следует проводить по данным соответствующих каталогов.

Выбор наиболее широко используемого оборудования основан на основных физических принципах выделения твердых частиц и аэрозолей из газового потока:

- выделение под воздействием силы тяжести (пылевая камера);
- выделение под воздействием центробежной силы (циклон);
- столкновение частиц пыли с осаждающим телом под воздействием силы инерции (тканевые фильтры, скрубберы);
- прямое осаждение, когда твердая частица проходит вдоль тел осаждения на расстоянии меньше радиуса частицы и, таким образом, сталкивается с ним (тканевые фильтры);
- осаждение частиц на поверхности тел под воздействием диффузии при прохождении газового потока вдоль этих тел: броуновской (тепловое движение частиц) и турбулентной (при значительной турбулизации потока) (тканевые фильтры, скоростные промыватели);
- электростатическое выделение частиц из газового потока осуществляется под воздействием электрического поля на одноименно (отрицательно) заряженные частицы пыли.

Так, например, циклоны обычно используются в тех случаях, когда пыль крупнодисперсная, ее концентрация не превышает 2 мг/м^3 и не требуется высокой эффективности улавливания (см. рис.1).

13.5.4. Очистка топочных газов от диоксида серы

Уменьшение содержания серы в топочных газах может достигаться разными методами: использованием малосернистых углей, предварительным удалением серы из угля, снижением количества серы, выделяющейся в газовую фазу при горении, удалением серы из

топочных газов, предварительной переработкой нефти, угля, сланца в жидкое или газообразное горючее (с удалением серы).

В настоящее время в мировой практике наиболее широко применяются:

- предварительное удаление серы из нефти и угля.
- методы обессеривания топочных газов;

Удаление серы при переработке нефти является стандартной операцией.

Предварительное удаление серы из угля может осуществляться: физичес- кими, химическими и микробиологическими методами.

Физическими методами (гравитационные и магнитные) удаляется пиритная сера – не более 50 % от общего его содержания.

Микробиологические методы широкого распространения не получили, т.к. для проведения процесса требуется продолжительное время (несколько дней)

Химическое обессеривание еще пока не вышло из стадии опытно-промышленного испытания и по эффективности и экономичности значительно уступает методам обессеривания топочных газов.

Для того, чтобы отходящие топочные газы тепловых электростанций соответствовали санитарным нормам, степень предварительного удаления серы из угля должны быть не менее 90 %, что пока достичь не представляется возможным.

Основными промышленными методами очистки топочных газов от диоксида серы являются: *адсорбция* и *добавление сорбентов в зону горения*.

С помощью этих методов из топочных газов можно удалять более 90 % SO_2. Обычно применяются *абсорбционные методы* – известковый и известняковый, мокрые, полусухие и сухие. Наиболее широко эти методы распространены в США, Японии, ФРГ. Основные их недостатки – образование большого объема сульфитов и сульфатов и сложность утилизации последних.

Известны также циклические методы, например магнезитовый, применение которых позволяет получать концентрированный поток SO_2 и возвращать сорбент в начало процесса. Однако эти методы имеют свои недостатки и используются значительно реже. Применяется также подача известняка в зону горения, в кипящий слой или подача пульпы (известняка и воды) в газовый тракт. Но проблема та же: использование золы и шлака ограниченно из вторичного загрязнения воды и почвы с сульфатами.

Помимо сравнительно малой концентрации SO_2 в дымовых газах ТЭС, сложность улавливания соединений серы и переработки шлама

связаны с присутствием в газовом потоке частиц летучей золы, аэрозолей, фтористого и хлористого водорода, бензапирена и некоторых других веществ.

Одним из традиционных методов улавливания отходящих газов металлургических заводов является контактный процесс получения серной кислоты, представленный на рис.13.8.



Рис. 13.8. Контактный метод улавливания отходящих газов с получением серной кислоты

Наиболее широкое распространение в мировой практике получили известковый и известняковый методы в связи с доступностью и дешевизной реагентов. Остановимся поподробнее на этих методах.

Известковый и известняковый методы: основные химические реакции описываются следующими уравнениями:

$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$

$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$

$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$

$Ca(HCO_3)_2 + H_2O + SO_2 \rightarrow CaSO_3 \cdot 2H_2O + 2CO_2$

$CaSO_3 \cdot H_2O + 1/2O_2 \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O$

Образующийся в процессе улавливания SO_2 сульфит кальция плохо растворим в воде и образует мелкокристаллический осадок $CaSO_3 \cdot 2H_2O$. Под действием кислорода он переходит в сульфат кальция. При абсорбционном выделении SO_2 происходит также очистка газов от частиц летучей золы и других веществ. Поэтому образую-

щуюся пульпа имеет сложный переменный состав и содержит смесь сульфита и сульфата кальция, не прореагировавшего $CaCO_3$ или $Ca(OH)_2$, частиц летучей золы и других веществ. Это в значительной мере затрудняет дальнейшее использование образующегося шлама. В большинстве случаев его сбрасывают в отвал, где он является источником вторичного загрязнения окружающей среды.

Значительный интерес представляет так называемый мокро-сухой метод очистки дымовых газов от диоксида серы. В этом случае в газовый поток вспрыскивается пульпа извести или известняка. Основными достоинствами этого метода являются сравнительная простота, возможность внедрения на действующем оборудовании, низкие капитальные и эксплуатационные затраты.

Магнезитовый метод. Сущность метода состоит во взаимодействии SO_2 с суспензией $Mg(OH)_2$ по реакции:

$$Mg(OH)_2 + SO_2 + 5H_2O \rightarrow Mg\,SO_3 \cdot 6H_2O$$

Кристаллический сульфит магния подвергают сушке и обжигу, получая при этом концентрированный поток SO_2 и MgO. Окись магния возвращается в цикл, а SO_2 направляется на переработку. Часть сульфата магния под действием кислорода воздуха окисляется до сульфата:

$$MgSO_3 + 1/2O_2 \rightarrow Mg\,SO_4$$

Разложение сульфита магния проводят при температуре 800–900 ^oC, однако при этих температурах образующийся сульфат магния не разлагается и накапливается. Для его разложения необходимы специальные условия и добавление кокса.

Достоинствами метода являются его цикличность, высокая эффективность, возможность утилизации SO_2.

Основной недостаток процесса – большое количество твердофазовых стадий, что приводит к сильному абразивному износу аппаратуры и загрязнению среды твердыми частицами. Весьма значительными являются и энергетические расходы на разложение сульфита и сульфата магния.

Аммиачный метод. В основе метода лежит процесс абсорбции SO_2 раствором сульфита аммония:

$$SO_2 + (NH_4)_2SO_3 + H_2O \leftrightarrow 2NH_4HSO_3$$

В дальнейшем, в результате химических превращений, из образующего гидросульфата аммония выделяют оборотный раствор $(NH_4)_2SO_3$ и концентрированный поток SO_2.

По способу регенерации абсорбционного раствора методы выделения SO_2 из дымовых газов подразделяются на:

- кислотный (азотной и фосфорной кислотой);

- циклический (процесс поглощения SO_2 раствором сульфита аммония);
- автоклавный (очистка проводится раствором сульфит-бисульфита аммония в автоклаве).

13.5.5. Очистка отходящих газов от оксидов азота

Основными источниками оксида азота (NO, NO_2) и продуктов их взаимодействия (N_2O_4, N_2O_3) являются газы, образующиеся при сжигании топлива на стационарных установках, выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания, отходящие газы от различных производств. Однако основным антропогенным источником выбросов оксидов азота в атмосферу в настоящее время являются процессы сжигания органического топлива на стационарных установках и двигателях внутреннего сгорания. Одна из основных трудностей улавливания оксидов азота из отходящих газов, как и оксидов серы, связана со сравнительно малой их концентрацией при огромных объемах выбрасываемых газов.

Наиболее распространенными поглотителями оксидов азота являются растворы соды, едкого натра и карбоната аммония, известковое молоко и пр.

Известно, что процесс очистки отходящих газов от оксидов азота протекает в две стадии:

- сначала оксиды азота взаимодействуют с водой с образованием кислот,
- затем происходит нейтрализация кислот щелочами.

Образующиеся при этом растворы азотнокислых солей могут быть использованы в промышленности и сельском хозяйстве. Однако их переработка, в частности концентрирование, и транспортировка вызывают определенные трудности. Важным недостатком абсорбционных методов щелочными растворами является невысокая эффективность, поэтому концентрация оксидов азота в очищенных газах значительно превышает ПДК и требуется многократное их разбавление.

Адсорбционные методы. В случае небольших объемов газов нашли применение адсорбционные методы. Хорошим сорбентом оксидов азота служит активированный уголь, но его применение затрудняется из-за легкой окисляемос- ти, что может привести к сильному разогреву и даже к возгоранию угля. Силикагель по адсорбционным свойствам несколько уступает углю, но он более прочен и не окисляется кислородом, а окисление NO в NO_2 в его присутствии протекает

даже быстрее. Однако широкому распространению этих методов препятствует то, что одновременно сорбируются и другие примеси, в результате снижается адсорбционная емкость сорбентов и осложняется процесс десорбции и использование ценных компонентов.

Каталитическое восстановление. Одним из основных, хорошо освоенных методов очистки отходящих газов от оксидов азота, является их восстановление на катализаторе до молекулярного азота. При использовании неселиктивного катализатора восстановитель расходуется не только на восстановление азота, но и вступает во взаимодействие с кислородом, обычно содержащимся в газовом потоке. В качестве восстановителя применяют водород, природный газ и др. Катализатором обычно служат элементы платиновой группы. Температура процесса колеблется от 400 до 800 °С.

Карбамидный метод. В РХТУ им Д.И. Менделеева разработан карбамидный метод, позволяющий очищать дымовые газы от оксидов азота на 95 % и практически полностью удалять оксиды серы из них. Процесс не требует предварительной подготовки газов, в результате очистки образуются нетоксичные продукты – N_2 SO_2, H_2O, $(NH_4)_2SO_4$. Величина pH абсорбционного раствора колеблется в пределах 5 – 9, поэтому коррозии аппаратуры не наблюдается. Эффективность метода практически не зависит от колебаний входных концентраций оксидов азота и серы. В общем виде процесс описывается следующими химическими формулами:

$$NO_2 + NO + (NH_2)_2CO \xrightarrow{H_2O} 2H_2O + CO_2 + 2N_2$$

$$SO_2 + (NH_2)_2CO + H_2O + 1/2O_2 \rightarrow (NH_4)_2SO_4 + CO_2$$

Снижение выбросов оксидов азота в атмосферу путем регулирования процесса горения. Наряду с установкой газоочистного оборудования в конце технологического цикла сжигания топлива весьма эффективными являются ряд режимных и технологических мероприятий, позволяющих существенно снизить количество образующихся в процессе горения оксидов азота. К этим мероприятиям относятся:

- сжигание с низким коэффициентом избытка воздуха (альфа);
- рециркуляция части дымовых азов в зону горения;
- сжигание топлива в две и три ступени;
- применение горелок, позволяющих понизить выход NO_x;
- подача влаги в зону горения;
- интенсификация излучения в топочной камере;
- выбор топочной камеры с наименьшим выходом NO_x.

Необходимо отметить, что указанные мероприятия способны в той или иной мере подавить образование NO_x из азота воздуха, но не могут предотвратить их образования из азота, имеющегося в составе топлива.

Очистка отходящих газов от оксида углерода и углеводородов основным методом очистки от углеводородов и оксида углерода в промышленности являются сжигание в пламени, а также термическое и каталитическое окисление. Наиболее известным примером сжигания является широко применяемое в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности сжигание в факеле, т.е. в открытой горелке, направленной вверх. К недостаткам процесса, помимо потерь углеводородов при горении следует отнести образование оксидов азота, и, следовательно, вторичное загрязнение атмосферы.

В условиях термического и каталитического окисления обезвреживание углеводородов и оксида углеродов протекает при более низких температурах и образования значительных количеств оксидов азота не происходит. К общим недостаткам процессов обезвреживания газовых выбросов путем сжигания относится необходимость организации дополнительной очистки газов при наличии в сжигаемых органических соединениях, кроме углерода и водорода, окисляемых до диоксида углерода и воды, фтора, хлора, серы и т.д. в этом случае в продуктах сгорания могут оказаться соединения, куда более токсичные, чем первоначальные, например фосфоген, бифинилы и бифураны. и др. Условия сжигания в этом случае рассматриваются в разделе о токсичных отходах.

Рециркуляция отходов. Существующие системы локальной очистки промышленных газовых выбросов часто не обеспечивают снижения концентрации загрязнителей до ПДК и требуется рассеивание газов через высокие трубы. В этом случае представляется целесообразным организация замкнутых газообразных систем, использующих технологические и вентиляционные газы в замкнутом цикле. В настоящее время уже имеется промышленный опыт таких систем.

Заслуживает внимание используемый в промышленном масштабе способ организации замкнутого газообразного цикла в корпусах обогащения асбестовых горно-обогатительных комбинатов. Вентиляционный воздух, собранный в различных точках цехов, проходит глубокую очистку от асбестовой пыли, а в случае необходимости разбавляется атмосферным воздухом, а затем с помощью нагнетательных вентиляторов вновь подается в помещение цехов.

Разработана схема организации рециркуляции технологических газов и для производства фосфорных удобрений, в частности, при получении экстракционной фосфорной кислоты дигидратным методом, в производствах гранулированного двойного и простого суперфосфата, а также сложных удобрений.

13.6. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов

Обязательным условием современного промышленного проектирования и эксплуатации вновь строящихся и реконструируемых предприятий, зданий и сооружений промышленного назначения, транспорта, связи, сельского хозяйства, тепловых электростанций, электрических станций с возобновляемыми источниками энергии, опытно-экспериментальных производств и установок малых предприятий, а также для действующих производств является внедрение передовых ресурсосберегающих, безотходных и малоотходных технологичес- ких решений, позволяющих максимально сократить или избежать поступления вредных химических или биологических компонентов выбросов в атмосферу, почву и водоемы, предотвратить или снизить воздействие физических факторов до гигиенических нормативов и ниже.

Обоснование СЗЗ. Разрабатываемые в проектах строительства и реконструкции природоохранные технологические и технические решения должны быть детально обоснованы результатами опытно-промышленных испытаний, а при проектировании производств на основе новых технологий – данными эксплуатации действующего аналога, материалами зарубежного опыта по созданию подобного производства.

Новое промышленное строительство на территориях с превышением гигиенических нормативов в зонах экологического неблагополучия не допускается. Для решения природоохранных задач разрешается проведение реконструкции или перепрофилирование действующих производств. Предприятия, их отдельные здания и сооружения с технологическими процессами, являющимися источниками выделения в окружающую среду вредных и пахучих веществ, а также источниками шума, вибрации, инфразвука, электромагнитных волн радиочастот, статического электричества, *необходимо отделять от жилой застройки санитарно-защитными зонами*.

Санитарно-защитная зона является обязательным элементом любого промышленного предприятия и других объектов, которые могут быть источниками химического, биологического или физического воздействия на окружающую среду и здоровье человека.

Санитарно-защитная зона – территория между границами промплощадки, складов открытого и закрытого хранения материалов и реагентов, предприятий сельского хозяйства, с учетом перспективы их расширения и селитебной застройки (рис. 13.9).

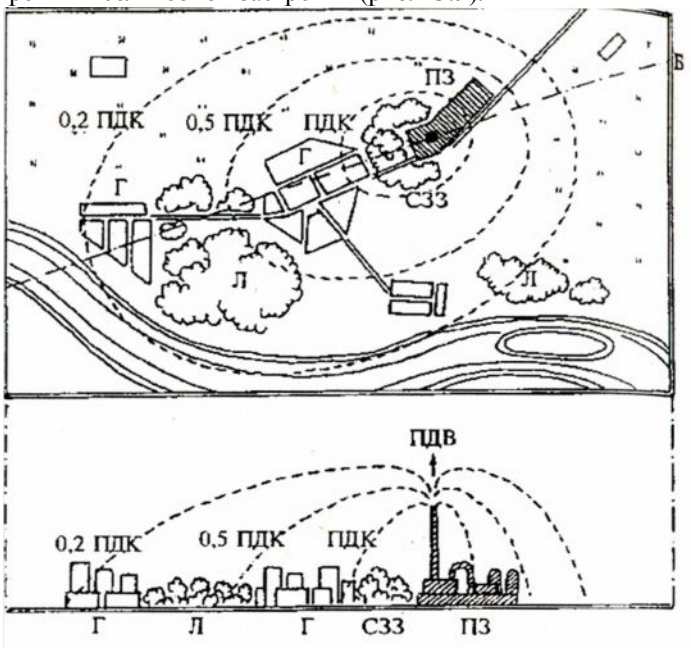


Рис. 13.9. Санитарно-защитная зона предприятия

Она предназначена для:

- обеспечения требуемых гигиенических норм содержания в приземном слое атмосферы ЗВ, уменьшения отрицательного влияния предприятий, транспортных коммуникаций, линий электропередач на окружающее население, факторов физического воздействия – шума, повышенного уровня вибрации, инфразвука, электромагнитных волн и статического электричества;

- создания архитектурно-эстетического барьера между промышленностью и жилой частью при соответствующем ее благоустройстве;

- организации дополнительных озелененных площадей с целью усиления ассимиляции и фильтрации загрязнителей атмосферного воздуха, а также повышения активности процесса диффузии воздушных масс и локального благоприятного влияния на климат.

Санитарно-защитная зона должна иметь последовательную степень проработки ее территориальной организации, озеленения и благоустройства на всех этапах разработки предпроектной и проектной документации, строительства и эксплуатации отдельного предприятия или промышленного комплекса.

В предпроектной документации на строительство новых, реконструкцию или техническое перевооружение действующих предприятий и сооружений должны быть предусмотрены средства на организацию и благоустройство СЗЗ, включая переселение жителей, а в составе проектно-сметной документации должен быть представлен проект по ее организации, благоустройству и озеленению в соответствии с действующей нормативной документацией.

Размеры СЗЗ. **Для объектов, их отдельных зданий и сооружений с технологическими процессами, являющимися источниками формирования производственных вредностей в зависимости от мощности, условий эксплуатации, концентрации объектов на ограниченной территории, характера и количества выделяемых в окружающую среду токсических и пахучих веществ, создаваемого шума, вибрации и других вредных физических факторов, а также с учетом предусматриваемых мер по уменьшению неблагоприятного влияния их на окружающую среду и здоровье человека при обеспечении соблюдения требований гигиенических нормативов в соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств и объектов, устанавливаются следующие минимальные размеры санитарно-защитных зон:**

- предприятия первого класса – 2000 м (по СН 245-71 - 1000 м);
- предприятия второго класса – 1000 м (500 м);
- предприятия третьего класса – 500 м (300 м);
- предприятия четвертого класса – 300 м (100 м);
- предприятия пятого класса – 100 м (50 м).

Для минипроизводств (предприятий пищевой, парфюмерно-космети-ческой промышленности, общественного питания, зрелищных и культурных объектов минимальная СЗЗ принимается

равной 50 м при расчетном обосновании ее достаточности по шумовому воздействию.

Временное сокращение объема производства не является основанием к пересмотру принятой величины СЗЗ для максимальной проектной или фактически достигнутой его мощности.

Достаточность ширины СЗЗ по принятой классификации, в первую очередь для предприятий 1-го, 2-го и 3-го классов, должна быть подтверждена расчетами рассеивания выбросов в атмосфере по действующим методикам математического моделирования, по приоритетным (по объему и токсичности) химическим веществам, а с учетом сложившегося фонового загрязнения атмосферы за счет выбросов действующих, намеченных к строительству или проектируемых предприятий – расчетами распространения шума, вибрации и электромагнитных полей.

Размещение предприятий, имеющих индивидуально согласованную СЗЗ большой протяженности, а также предприятий 1-го, 2-го и 3-го классов среди жилой застройки, не допускается.

Размещение предприятий 4-го и 5-го классов, не требующих железно-дорожных подъездных путей и интенсивного движения грузового автотранспорта, допускается в пределах селитебных районов. Однако преимущество должно быть отдано окраинному их размещению относительно границ жилой территории.

Для современных крупных промышленных предприятий и комплексов производств (черная и цветная металлургия, предприятия нефтепереработки и нефтехимии, биосинтеза, лесопромышленный комплекс и др.), размеры СЗЗ обосновываются генпроектировщиком и устанавливаются в каждом конкретном случае по решению Главного государственного санитарного врача или его заместителя как единое образование для всех предприятий комплекса. Размеры минимальных СЗЗ, указанные в данной санитарной классификации производств для таких комплексов, следует рассматривать как ориентировочные.

В перечень причин, обусловливающих необходимость увеличения размера СЗЗ или создания индивидуальных зон для отдельных предприятий и промышленных комплексов сверх установленных по санитарной классификации производств, входят:

- наличие морально устаревшего технологического оборудования на действующем предприятии или отдельных его цехах, не обеспечивающего качество атмосферного воздуха селитебной территории в соответствии с нормативами;

- малая эффективность газо- и пылеулавливающего оборудования и техническая нерешенность снижения загрязнения атмосферного воздуха до гигиенических нормативов;

- неблагоприятное по господствующим направлениям ветра взаиморасположение селитебных и промышленных территорий;

- превышение ПДК содержания в атмосфере химических веществ и ПДУ шума, вибрации, электромагнитных волн радиочастот и других вредных физических факторов за пределами требуемой СЗЗ по материалам лабораторного контроля при невозможности снижения уровня загрязнения техническими средствами.

При строительстве новых, еще недостаточно изученных, вредных в санитарном отношении производств, размещении нового промышленного предприятия на территориях, характеризующихся условиями застоя атмосферы, высоким потенциалом загрязнения атмосферы (ПЗА), а также неблагоприятной медико-демографической ситуацией, размер СЗЗ может быть увеличен до 3 раз.

Размеры СЗЗ по решению Главного государственного санитарного врача или его заместителя могут быть уменьшены при:

- объективном доказательстве стабильного достижения уровня техногенного воздействия на природу и население в рамках и ниже нормальных требований по материалам систематических (не менее чем годовых) лабораторных наблюдений за состоянием воздушной среды и благоприятных характеристиках ПЗА;

- подтверждении замерами снижения уровней шума и других физических факторов в пределах селитебной территории ниже гигиенических нормативов;

- полном перепрофилировании предприятия и в связи с этим изменении класса вредности.

Примечание. Только расчетный путь установления возможности сокращения величины СЗЗ не допускается. Размеры СЗЗ от конкретного объекта не могут быть уменьшены, если фоновое загрязнение атмосферного воздуха в этом районе за счет вклада соответствующих предприятий, отопительных котельных, автотранспорта превышает гигиенические нормативы.

Санитарно-защитная зона или какая-либо ее часть не могут рассматриваться как резервная территория предприятия и использоваться для расширения промышленной площадки, а также для перспективного развития селитебной застройки.

Возможность использования земель, отведенных под санитарно-защитные зоны для сельскохозяйственного производства

(выращивания сельскохозяйственных культур, пастбищ для скота, сенокоса), должна быть обоснована соответствующими ведомствами и иметь положительное заключение органов и учреждений государственной санитарно-эпидемиологической службы.

Санитарно-защитная зона не может рассматриваться как территория для размещения коллективных или индивидуальных дачных и садово-огородных участков.

В границах СЗЗ предприятий 1-го и 2-го классов и зон большей протяженности не допускается размещать предприятия пищевой промышленности, а также комплексы водопроводных сооружений.

Размещение спортивных сооружений, парков, детских дошкольных учреждений, школ, лечебно-профилактических и оздоровительных учреждений общего пользования на территории санитарно-защитной зоны не допускается.

В границах санитарно-защитной зоны предприятий 1-го, 2-го и 3-го классов, а также зонах повышенной протяженности допускается размещать:

- предприятия, их отдельные здания и сооружения с производствами меньшего класса вредности, чем основное производство, при условии выделения аналогичных по составу, но меньших по количеству выбросов, а также при обязательном соблюдении требования не превышения при суммарном учете действующих гигиенических нормативов;
- пожарные депо, бани, прачечные, гаражи, площадки индивидуальной стоянки автомобилей и мотоциклов; здания управления, конструкторские бюро, учебные заведения, поликлиники, магазины, научно-исследовательские лаборатории, связанные с обслуживанием данного предприятия;
- нежилые помещения для дежурного аварийного персонала и охраны предприятий, стоянки для общественного и индивидуального транспорта, местные и транзитные коммуникации, ЛЭП, электроподстанции, нефте- и газопроводы, артезианские скважины для технического водоснабжения, водоохлаждающие сооружения для подготовки технической воды, канализационные насосные станции, сооружения оборотного водоснабжения, питомники растений для озеленения промплощадки, предприятий и санитарно-защитной зоны.

Примечания.

1. Санитарно-защитная зона для предприятий 4-го и 5-го классов должна быть максимально озеленена (не менее 60 % площади); для предприятий 2-го и 3-го классов – не менее 50 % для предприятий. 1-го класса и зон большей протяженности – не менее 40 % ее территории.

2. При минимальной СЗЗ между производством и границей жилой застройки в 100 м ширина трассы для движения городского транспорта не может рассматриваться как составляющая требуемого по санитарной классификации размера.

В границах СЗЗ новое жилищное строительство не допускается. Вопрос о возможном жилищном строительстве в границах СЗЗ и необходимости вывода населения решается в каждом конкретном случае с учетом фактического загрязнения атмосферы и перспективы снижения неблагоприятного воздействия выбросов объекта на окружающую среду и человека и установленного уровня воздействия физических факторов.

Санитарно-защитная зона для автомагистралей и объектов, расположенных в жилой застройке, определяется в соответствии с действующими санитарными правилами и нормами по планировке и застройке городских и сельских поселений.

Учет физических факторов воздействия на население при установлении СЗЗ.

Шумовой характеристикой промышленных, коммунальных, энергетических предприятий, предприятий по обслуживанию средств транспорта, станций и других объектов автомобильного, железнодорожного, водного и воздушного транспорта является корректированный уровень звуковой мощности L, дБ, среднеквадратичных звуковых давлений, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБ.

Нормы допустимых значений уровней инфразвука и низкочастотного шума воздействия и методические приемы их установления регламентируются "Гигиеническими нормативами инфразвука на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки"

(ГН 2.2.4/2.1.8.583-96) и гигиеническими нормативами "Допустимые уровни шума на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки" (ГН 2.2.4/2.1.8.562-96).

Предельно допустимые уровни воздействия электрического поля определяются "Санитарными нормами и правилами защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи (ВЛ) переменного тока промышленной частоты" (2971-84).

В целях защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого ВЛ, устанавливаются СЗЗ. Санитарно-защитной зоной ВЛ является территория вдоль трассы высоковольтной линии, в которой напряженность электрического поля превышает 1 В/м.

Для вновь проектируемых ВЛ, а также зданий и сооружений допускается принимать границы СЗЗ вдоль трассы ВЛ с горизонтальным расположением проводов и без средств снижения напряженности электрического поля по обе стороны от нее на следующих расстояниях от проекции на землю крайних фазных проводов в направлении, перпендикулярном к ВЛ:

20 м – для ВЛ напряжением 330 кВ;
30 м – для ВЛ напряжением 500 кВ;
40 м – для ВЛ напряжением 750 кВ;
55 м – для ВЛ напряжением 1150 кВ.

Примечания:

1. Если напряженность электрического поля превышает ПДУ, то должны быть приняты меры по ее снижению (удаление) от жилой застройки ВЛ (применение экранирующих устройств и др.).

2. В пределах СЗЗ запрещается: размещение жилых и общественных зданий и сооружений; площадок для стоянки и остановки всех видов транспорта; предприятий по обслуживанию автомобилей и складов нефти и нефтепродуктов.

Ближайшее расстояние от оси проектируемых ВЛ напряжением 750–150 кВ до границы населенных пунктов, как правило, должно быть не менее:

250 м – для ВЛ напряжением 750 кВ;
300 м – для ВЛ напряжением 1150 кВ.

Установление величины СЗЗ в местах размещения передающих радиотехнических объектов осуществляется в соответствии с санитарными правилами и нормами "Электромагнитные излучения ра-

диочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)" (СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96) и действующими методиками расчета интенсивности ЭМИ РЧ.

14. ОХРАНА ПОЧВ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

- Строение литосферы;

- Почвы: строение почвы: структура почвы; функции почвы; состав почвы; свойства почвы, важные для плодородия; типы почв;

- Экологическое состояние почв Казахстана;

- Источники, причины загрязнения и истощения земельных ресурсов: истощение почв; эрозия почв; мероприятия по защите почвы; режим нарушения и рекультивации земель;

- Воздействие промышленных предприятий на земельные ресурсы: показатели оценки использования земель;

- Пути повышения эффективности использования земель при открытой разработке месторождений; рекультивация земель.

Земля – третья планета Солнечной системы, она вращается вокруг Солнца по орбите на среднем расстоянии $149{,}5.10^6$ *км* со средним периодом 365,2564 звездных суток; скорость движения по орбите 29,76 *км/сек.* Масса Земли – $5{,}975 \times 10^{27}$ г, она составляет 1/333432 массы Солнца; средняя плотность слагающего Землю вещества – 5,52 *г/см*^{3}. Радиус Земли по экватору – 6378,245 *км,* полярный радиус – 6356,863 *км,* средний радиус - 6371,110 *км.* Средняя плотность Земли – 5,52 г/см3. Плотность увеличивается с нарастанием давления. Давление с каждым километром возрастает на 27,5 мПа. В центре Земли оно составляет около 300 тыс. мПа. Температура различна в поверхностных и глубинных слоях. Температура центра Земли составляет 2000 – 3000 ^{0}С. Суша занимает 29 % поверхности Земли, мировой океан – 71 %.

Земля состоит из трех слоев: земной коры, мантии и ядра.

В ходе формирования планеты более тяжелые элементы (железо, никель и др.) образовали ядро, а относительно легкие (кремний, алюминий) сформировали земную кору. Одновременно из расплава выделялись газы, которые образовали атмосферу, и пары воды, которые сформировали гидросферу. В результате на Земле сложились благоприятные для развития жизни условия.

Ядро Земли состоит из двух частей – *твердого внутреннего* и *жидкого внешнего ядра.* Ядро располагается ниже мантии на глубине от 2900 км до 6371 км. Оно состоит из Fe и Ni.

Мантия Земли расчленяется на три сферы – на *нижнюю мантию, переходную зону* и *верхнюю мантии.*

В низах *верхней мантии* обособляется частично расплавленный слой *астеносферы.*

Земная кора, в свою очередь, условно делится на три слоя – на *базальтовый, гранитный* и *осадочный слои.*

Под ***литосферой*** понимается внешняя оболочка «твердой» Земли, включающая земную кору и часть верхней мантии, расположенная ниже атмосферы и гидросферы над астеносферой.

14.1. Строение литосферы

Мощность литосферы изменяется от 50 км (под океанами), до 100 км (под материками). Ее верхняя, менее плотная и менее упругая оболочка, называется *земной корой*, нижняя (подстилающая) – *субстратом*, входящим в состав верхней мантии.

Между земной корой и субстратом расположена поверхность Мохоровичича (югославский сейсмолог), которая имеет особенность: скорость продольных сейсмических волн при переходе через эту поверхность сверху вниз скачкообразно возрастает с 3,6 – 4,2 до 7,9 – 8,2 км/с, а поперечных волн – с 3,6 – 4,2 до 4,4 – 4,7 км/с. Плотность вещества g также скачкообразно увеличивается с 2,9 – 3,0 до 3,1 – 3,5.

Земная кора различна на материках и под океанами. Материковая кора сос- тоит из материка, шельфа, материкового склона и материкового подножья. Ее средняя мощность около 34 км, а максимальная (в горных странах) до 75 км. Она разделяется на три слоя: осадочный, гранитный и базальтовый. Осадочный слой ($g = 2,4 – 2,5$ т/м^3), мощностью до нескольких км, состоит из разновозрастных измененных или неизмененных осадочных и вулканических пород, которые нередко разорваны, смяты в складки или смещены по разрывам. В образовании осадочного слоя большую роль сыграли живые организмы, похоронив себя в «былых биосферах».

Гранитный слой ($g = 2,7$ т/м3), мощностью 15–17 км, является главным в материковой коре. Он состоит из гранитов, гнейсов, кварцитов и других «кислых» горных пород со значительным участием (больше 60 %) в их составе кремнезема SiO_2.

Нижний базальтовый слой, мощностью 15 – 20 км, плотный в земной коре ($g = 2,9$ т/м3), включает в себя в основном базальты, габбро и др. Гранитный и базальтовый слои разделены поверхностью Конрада, при переходе которой сейсмическими волнами скорость их прохождения возрастает скачкообразно от 6 (в гранитном слое) до 6,5 – 7,2 км/с (в базаль-

товом).

Океаническая земная кора имеет толщину до 5 – 10 км. Она находится под морскими водами, если их глубина больше 3,5 км, и также подразделяется на три слоя: верхний (не менее 1 км) – осадочный, средний – в основном базальтовый, и нижний – сложенный габбро и серпентинитами – ультраосновными породами с содержанием кремнезема менее 40 %. С глубиной температура горных пород повышается и в верхней мантии под материковой корой она предполагается 600 – 700 ºС. На нижней границе астеносферы, на глубине 250 – 350 км, температура 1500 – 1600 ºС. Земля изучена на глубине до 20 км.

Каждая географически обособленная территория имеет характерную для нее биоту, т.е. присущий ей набор растений и животных – флору и фауну.

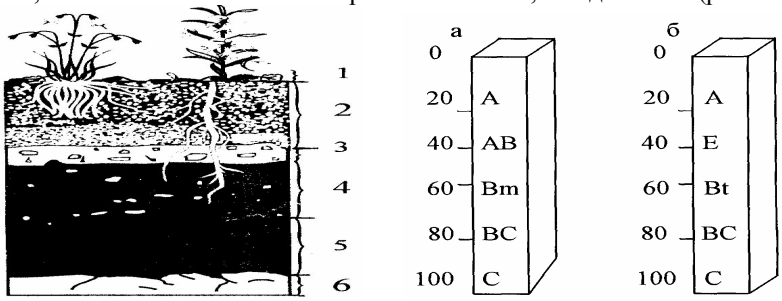
Плодородная часть земли называется почвой.

14.2. Почвы

До исследований русского ученого – основателя почвоведения Докучаева В.В., многие ученые считали, что почвы образуются из морского ила. Эта «морская» гипотеза господствовала и в XIX в. Докучаев В.В. установил, что почва (педосфера) – результат совместного действия на горные породы воды, воздуха и различных организмов, а также температуры воздуха, состава подстилающих материнских горных пород. Он писал, что «почва – не живое, но и не мертвое природное тело», биокосное тело. Почва – один из важнейших природных ресурсов. Мощность почвы – до 2 – 3 м. Вернадский В.И. назвал почву «благородной ржавчиной Земли».

14.2.1. Строение почвы

В разрезе почва состоит из: подстилки, перегноя, слоя вымывания, слоя накопления минеральных солей, подпочвы (рис.14.1).



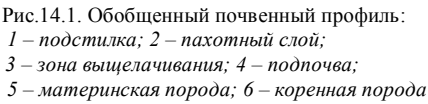


Рис.14.1. Обобщенный почвенный профиль:
1 – подстилка; 2 – пахотный слой;
3 – зона выщелачивания; 4 – подпочва;
5 – материнская порода; 6 – коренная порода

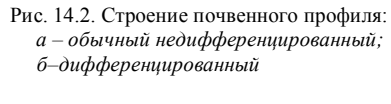


Рис. 14.2. Строение почвенного профиля:
а – обычный недифференцированный;
б–дифференцированный

Подстилка (A_0) представлена свежеопавшими листьями, органическими остатками и частично разложившимся органическим веществом.

Пахотный слой (А) включает гумус, корни растений, живые организмы и некоторые минералы неорганического происхождения.

Зона выщелачивания (вымывания) (A_1, а по международной классификации – E) характеризуется тем, что здесь происходит нисходящее передвижение (вынос) растворенных или взвешенных веществ.

Подпочва (B1, B2, B3) – зона, куда из вышележащих зон вымываются вещества (легкорастворимые соли, карбонаты, коллоиды, гипс и пр.).

Материнская порода (С, Д или по международной классификации – R) – слабо затронутая почвообразованием горная порода (гранит, известняк, песок, лессовидные суглинки).

Коренная порода – горная порода, где просачивание возможно только по трещинам или разломам.

Различают 2 типа строения почвенного профиля: недифференцированный (обычный) и дифференцированный.

В обычном профиле генетические горизонты постепенно сменяют друг друга сверху вниз: А – гумус; В – изменение материнской породы; С – слабо затронутая почвообразованием материнская горная порода. Таким образом, это профили ***типа А–В–С.***

Дифференцированный профиль построен сложнее: под гумусом А находится осветленный горизонт выноса вещества Е, а еще ниже горизонт В накопления вынесенных сверху веществ. Таким образом, это профиль ***типа А–Е–В–С.*** При образовании почвы из горной породы горизонты формируются сразу, и профиль развивается как единое целое. Поэтому плодородие почвы определяется свойствами не одного горизонта; например, гумуса, а профилем почвы в целом.

Мощность профиля от нескольких сантиметров (у примитивных горных и пустынных почв) до 1 – 2 м у почв равнин, а у некоторых почв (тропических) она достигает нескольких метров.

14.2.2. Структура почвы

Профиль, горизонты, структура – это макростроение почвы, видимое визуально.

В горизонте *А* структура обычно округлая, комковатая или зернистая, в *Е* – плитчатая или пластинчатая; в *В* – призмовидная и иногда столбчатая или карандашная (рис. 14.3)

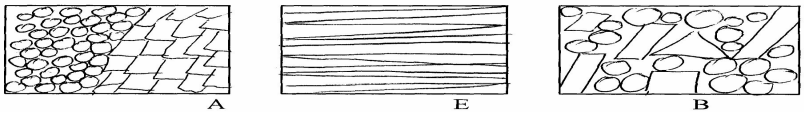


Рис. 14.3. Структура почв

Каналы и трещины общего объема почвы составляют 30–50 %.

14.2.3. Факторы почвообразования

Важными факторами почвоообразования являются: *климат* (тепло, энергия); *рельеф* (с изменением высоты местности меняется водный и тепловой режимы почвы*); возраст* (сотни, тысячи лет); *почвообразующие породы* (от характера материнских пород зависят физические свойства почвы – водо-воздухо-проницаемость, водоудерживающая способность); *растения* (опады, лесная подстилка); *хозяйственная деятельность человека*; *животные* (биофаги – питающиеся живым и сапрофаги-нематоды, дождевые черви – питающиеся мертвым органическим веществом (растениями), т.е. простейшие, черви, насекомые, кроты, суслики; *микроорганизмы*: некоторые виды сине-зеленых водорослей, микроскопические водоросли, грибы и бактерии (разрушающие токсичные продукты обмена высших растений; азотфиксирующие бактерии – свободноживущие и клубеньковые.

Главные факторы почвообразования представлены на рис.14.4.

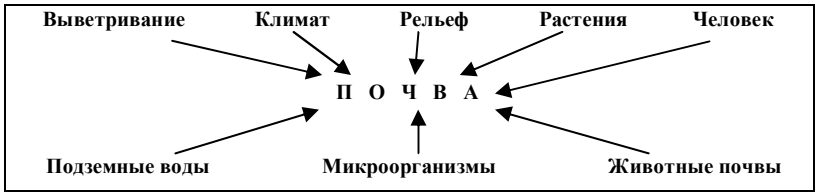


Рис. 14.4. Факторы почвообразования

В своем развитии и формировании почвы проходят несколько этапов.

Молодые почвы являются обычно результатом выветривания (разрушения и измельчения) материнских горных пород или переноса отложения осадков (например, аллювия). Сначала на них поселяются микроорганизмы, пионерные растения – лишайники, мхи, мелкие животные. Постепенно внедряются другие виды растений и животных, состав биоценоза усложняется, между минеральным субстратом и живыми организмами возникает целая серия взаимосвязей. В результате формируется ***зрелая почва***, свойства которой зависят от исходной материнской породы и климата.

Процесс развития почвы заканчивается, когда достигается равновесие, соответствие почвы с растительным покровом и климатом, т.е. возникает состояние *климакса.*

Каждому типу почв соответствуют определенные типы растительных сообществ.

14.2.4. Функции почвы

Основные функции почвы:

1) почва активно участвует в круговороте веществ и энергии в природе, поддерживая газовый состав атмосферы Земли; регулирует химический состав атмосферы и гидросферы (поглощается O_2, выделяется CO_2) – происходит дыхание почвы;

2) обеспечение жизни на земле благодаря почвенному плодородию; накопление на земной поверхности активного органического вещества (гумуса);

3) поддержание постоянного взаимодействия большого и малого круговоротов веществ; участие в малом круговороте: растения (берут из почвы Р, К, Са) —> животные —> микроорганизмы (элементы возвращаются в почву при разложении отмирающих организмов); участие в большом геологическом круговороте: из почвы —> (с атмосферными осадками) в грунтовые воды —> реки —> океан (из веществ образуются морские осадочные горные породы, которые разрушаются —> в почвы.

4) экологическая (регулирование биосферных процессов, в частности, плотности живых организмов на Земле, если почва плотная, кислая, щелочная, влажная, сухая);

5) санитарная (разложение мертвых органических остатков до неорганических).

14.2.5. Состав почвы

Состав почвы может быть: фазовым, гранулометрическим (механическим), химическим, минералогическим, агрегатным.

Фазовый состав зависит от соотношения между твердыми частицами, агрегатами и порами. Чем структурнее почвы, тем больше в ней пор (воды, воздуха). Почва представляет собой 3-х фазную систему: 1– твердая; 2 – жидкая; 3 – газообразная.

Гранулометрический состав почвы – это соотношение в ней твердых частиц разного размера. Камни (> 3 мм), гравий (1 – 3 мм), песок (0,05 – 1 мм), пыль (0,001 – 0,05 мм), ил (< 0,001 мм). Все частицы крупнее 1 мм составляют скелет почвы, а мельче 1 мм – мелкозем.

По соотношению частиц разного размера почвы делятся: на песчаные, супесчаные – (легкие), суглинистые и глинистые – (тяжелые).

Представим групповую классификацию почв по их механической структуре в виде табл. 14.1.

Таблица 14.1

Групповая классификация почв по механической структуре

Глинистые частицы размером менее 0,01 мм в % от общей массы почвы	Наименование почв в зависимости от их механической структуры
Более 80 %	Тяжелая глина
60-80 %	Средняя и легкая глина
45-60 %	Тяжелый суглинок
30-45 %	Средний суглинок
20-30 %	Легкий суглинок
10-20 %	Супесь
5-10 %	Слипшийся песок
менее 5 %	Рыхлый песок

Химический состав почв различается в разных природных условиях. Во влажных тропиках и субтропиках почвы обогащены оксидами Fe и Al, меньше K, Na, Ca, Mg. В пустынях и полупустынях богаты $CaCO_3$, $CaSO_4$, Na_2SO_4, NaCl. Песчаные почвы богаты SiO_2.

Химический состав почвы изменяется по горизонтам почвенного профиля. Первичные почвенные минералы (кварц, полевые шпаты, слюды), вторичные (глинистые, соли, оксиды Fe, Al, Mn).

Минералогический состав зависит от исходной горной породы, из которой почва образовалась. Есть и новообразованные минералы. В песчаной почве 90 – 95 % кварца, в глинистой 50 – 70 % вторичных почвенных минералов. В пустынях накапливается известь в виде кальцитов.

Агрегатный состав характеризует структуру почвы (соотношение

в почве твердых частиц почвы, комков), определяющей ее аэрацию и водный режим.

14.2.6. Свойства почвы, важные для плодородия

Водно-физические свойства почвы, от которых зависит снабжение растений водой. Вода в почве находится:

– в парообразном (в порах; удаляется нагреванием);

– конституционном (молекулы воды в минеральных и органических веществах; состав веществ разрушается нагреванием);

– кристаллизационном (молекулы воды в кристаллах минералов, например, гипсе $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ или в лимоните $Fe_2O_3\ nH_2O$ (удаляется при сильном нагревании без изменения химического состава минералов);

– на поверхности твердых почвенных частиц. Физически связанная вода не передвигается в почве, и вместе с критической составляет "мертвый" запас воды в почве, который в тяжелых глинах может составлять до половины общего водозапаса;

– свободной, передвигаемой по профилю вниз под действием сил гравитации или вверх под действием капиллярных сил (зимой вода замерзает).

Свободная вода – важнейшая составная часть почвы. Именно эту воду потребляют из почвы растения. Вода в почву поступает при выпадении осадков (дождя, снега) и из грунтовых вод. Если грунтовые воды находятся близко к поверхности 0,5–1,0 м, то такой подъем обычно ведет к заболачиванию почвы. Если грунтовые воды на глубине 2–3 м, то капиллярно поднимающаяся вода существенно пополняет водозапас почвы. Если глубина грунтовых вод 10–15 м, их капиллярное поднятие не достигает почвы. Высота капиллярного подъема грунтовых вод зависит от гранулометрического состава почвы; в песках они поднимаются на 40–50 см; в тяжелых глинах – на 3–5 м.

Отток воды из почвы тоже происходит двумя путями:

1) вверх – за счет испарения воды с поверхности почвы, а также потребле-ления и транспирации (испарения) ее растениями;

2) вниз – за счет просачивания сквозь толщу почвы в грунтовые воды и далее подземным стоком в реки.

Песчаные почвы быстро пропускают воду сквозь свою толщу и плохо ее удерживают, обладают большой влагоемкостью.

Оптимальные свойства у структурных, комковатых суглинистых почв (хорошо фильтруют воду и много накапливают ее в своих порах).

Обычно растворенные в почвенной воде вещества находятся в виде (+) катионов и (–) анионов, причем имеются ионы как органических, так и минераль-ных соединений, в частности, простых солей:

$NaCl$, Na_2CO_3 $6NaHCO_3$, $Ca(HCO_3)$, Na_2SO_4 , $CaSO_4$ и т.п. Концентрация их невелика , но в солончаках достигает больших величин – почва непригодна для жизни.

Значение pH. Важное значение для жизни растений имеет концентрация в почвенном растворе водородного катиона $H+$ и гидроксильного аниона $OH–$. От них зависит кислотность или щелочность почвы. Если почва кислая, вносят $CaCO_3$, CaO; если щелочная – кислые вещества.

Почвенный воздух. Почва – разрыхленное, пористое тело. По этой причине в ней всегда присутствует воздух в различных объемах.

Почва является местом проживания множества растений и микроорганизмов. Они дышат, разлагая органические вещества, выбрасывают в воздух различные продукты. В результате этого процесса структура почвенного воздуха своеобразна и отличается от атмосферного. К примеру, окиси углерода в почвенном воздухе в 5 – 55 раз больше, чем имеется в атмосфере; а кислород, встречается, во много раз меньше.

Живая фаза почвы. В почве встречаются многочисленные живые организмы. К ним относятся и корни растений, т.к. без них почва не формируется.

Корни укрепляют почву, защищают ее от ветровой эрозии. Лишайники относятся к начальным строителям почв. Разлагая в почве остатки растений, грибы превращают их в гуминовые кислоты. Грибы более активны, чем бактерии и разлагают более стойкие органические соединения до углекислоты и воды. Особенностью грибов является накопление в их клетках жиров.

Бактерии разлагают различные органические вещества, в том числе и то, что осталось после грибов, а также участвуют в их синтезе.

Большинство грибов успешно развиваются в условиях повышенной обводненности, при нейтральной или слабощелочной среде. Грибы плохо переносят щелочную среду и очень чувствительны к избыточному увлажнению. Если грибы требовательны к температурным условиям, то бактерии могут существовать в условиях Арктики.

В почве так же встречаются водоросли в большом количестве. Обычно в почве живут зеленые водоросли и типа диотомовых. Кроме того, черви типа дождевых обитают в почве и способствуют ее переработки. Чем больше таких (вышеперечисленных) организмов, тем лучше для плодородия.

В лесной подстилке (рис.14.5) из отмерших листьев, постоянно опадающих с ветвей находят себе корм земляные черви, слизни, улитки, клещи, личинки мух и жука.

Они размельчают листья на маленькие кусочки, которыми способны питаться другие, еще более мелкие существа. Среди них – микроскопические черви нематоды, грибы и одноклеточные микроорганизмы и бактерии, которые в процессе усвоения пищи возвращают питательные вещества в почву.

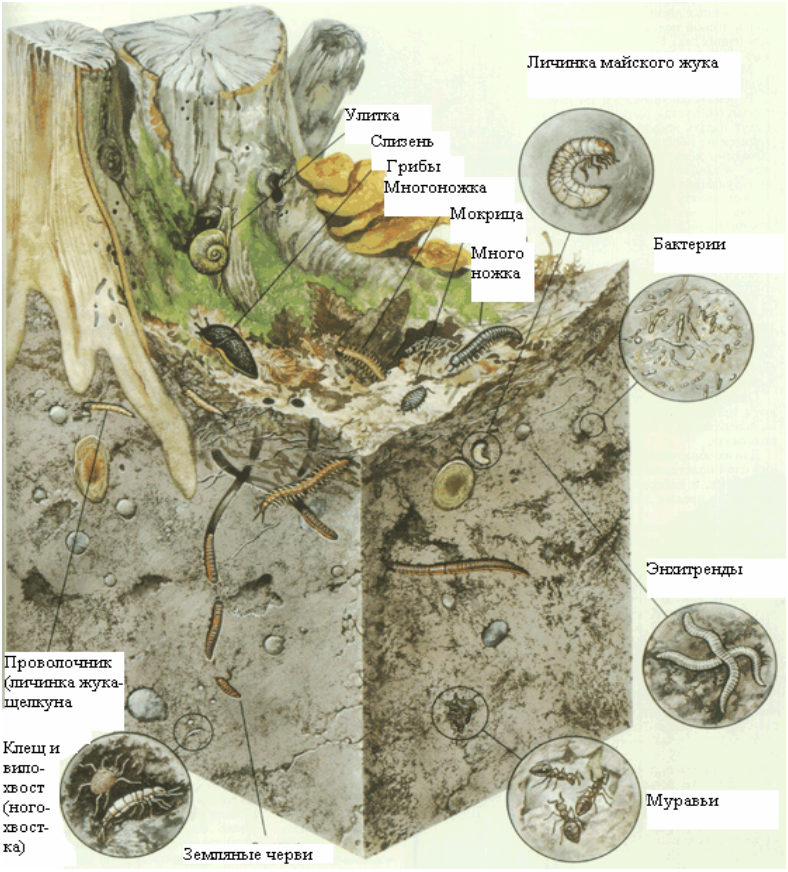


Рис. 14.5. Жизнь вокруг пня (по М.Скотту)

В грамме лесной подстилки может быть до 40 миллиардов бактерий, огромное количество пауков и многоножек, которых посоле гибе-

ли съедают мокрицы. Вместе с экскрементами всех этих существ в почву возвращаются питательные вещества. В пищу идут упавшие деревья. На теле гниющего дерева пускает свою грибницу грибы Личинки жуков-короедов прогрызают в дереве сложные ходы. Грибы и жуки могут нападать на здоровые деревья.

Многие из наиболее важных и многочисленных лесных обитателей живут в лесной подстилке, невидимые для наших глаз.

Существуют различные способы их обнаружения. На рис. 14.6 показано устройство ловушки для знакомства с обитателями подстилки.

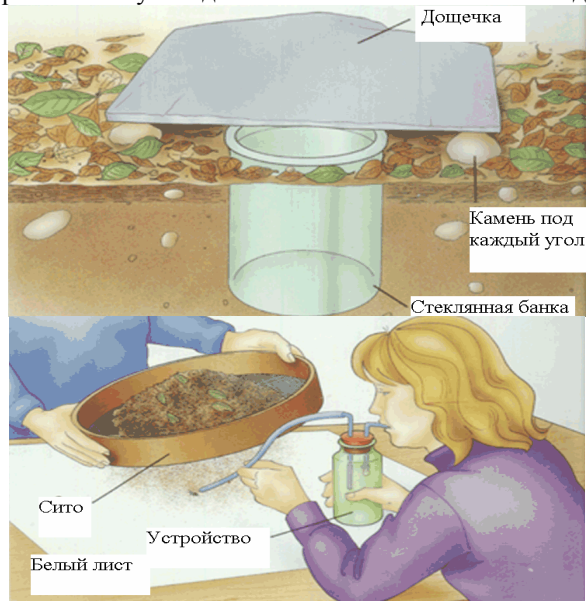


Рис. 14.6. Устройство ловушки для знакомства с обитателями подстилки

В землю закапывается по самое горлышко пустая банка, в которую будут падать животные, передвигающиеся по поверхности почвы. Необходимо защитить ловушку от дождя, установив над ней дощечку, иначе упавшие животные утонут. Нельзя оставлять ловушку без проверки больше чем на 6 – 12 часов, т.к. пойманные животные могут погибнуть от голода или начнут поедать друг друга.

Выкопав банку, высыпьте ее содержимое на светлое блюдо и через лупу ознакомьтесь с ним. Вы увидите жуков, многоножек, муравьев, сенокосцев (длинноногих пауков), мокриц и вилохвостов (рис.14.7).

Однако в такую ловушку попадаются только животные, ползающие на поверхности, а не те, что живут в подстилке.

Для их обнаружения удалите верхний слой подстилки, где очень мало насекомых, и наберите в пластиковый пакет прелых листьев из нижних слоев.

Просейте содержимое пакета небольшими порциями через сито над большим белым листом бумаги: на нем легче обнаружить добычу.

Постукивайте по краям сита, чтобы животные отстали от листьев. В конце переверните оставшиеся в сите листья и осторожно соберите животных, не прошедших через ячейки.



Рис. 14.7. Обитатели лесной подстилки

С листа добычу лучше отбирать с помощью устройства, показанного на рис. 14.6, которое можно сделать из банки, пробки и резиновых трубок.

В почвах живут и патогенные микроорганизмы – возбудители инфекционных болезней, часто образующие спору – в плотной оболочке, защищенной от высокой температуры, высыхания, давления, в отсутствии питательных веществ.

Содержание микробов в почве представлено в виде табл. 14.2.

Таблица 14.2

Содержание микробов в почве

Почва	Масса микробов, т/га		Масса микробов, % от перегноя
Подзолы	0,6	0,1	0,1
Дерново-подзолистые почвы	0,9/3,5	0,2/0,9	0,2 / 0,1
Чернозём	3,7/5,2	0,9/1,3	0,3 / 0,7

Серозём	2,5/5,0	0,5/1,2	1,6 / 3,4

В числителе показатели для целинных почв, в знаменателе – окультуренных почв.

Группу спорообразующих бактерий называют клостридиями. Патогенные бактерии – это возбудители инфекционных болезней (сибирской язвы, газовой гангрены, столбняка, ботулизма).

В качестве ***химического показателя санитарного состояния почв*** берется ***санитарное число*** – частное от деления количества почвенного белкового азота (в мг на 100 г абсолютно сухой почвы) на количество органического азота (табл. 14.3).

Таблица 14.3

Гигиенические показатели санитарного состояния почвы

Почва	Число личинок и куколок мух в 0,25м^2 почвы	Число яиц гельминт. в 1 кг почв.	Coli титр	Анаэробный титр	Санитарное число
Чистая	0	0	1 и >	0,1 и >	0,98 – 1
Мало загр.	единич.экз.	до 10	1–0,01	0,1–0,001	0,85 – 0,98
Загрязн.	10–25	11–100	0,01–0,001	0,001–0,0001	0,7 – 0,8
Сильн.загр.	25	> 100	0,001 и <	0,0001 и <	0,7 и <

В табл. 14.4 показана классификация загрязненности почв.

Таблица 14.4

Классификация загрязненности почв

	Физические показатели			Химические показатели			Гидробиологические п-ли		
Степень загрязнения	Взвешенные вещества, мг/л[1]	pH	Запах, баллы	O_2, %	БПК$_5$, мг/л	NH_4^+, мг/л	Титр кишечной палочки, мл	Сапрофитн. бактерии, кол/мл	БПЗ$_4$[2], %
Очень чистые	1 – 3	6,5 - 8,0	1	95	0,5 - 1,0	0,05	10 - 100	$a{\cdot}10^1$	0 – 5
Чистые	4 – 10	6,5 - 8,5	2	80	1,1 - 1,9	0,10	$< 10^1$	$a{\cdot}10^2$	6 – 10
Умеренно загрязнен-	11 – 19	6,0 - 9,0	3	70	2,0 - 2,9	0,20 - 0,30	$< 5{\cdot}10^2$	$a{\cdot}10^3$	11-20
Загрязненные	20 – 50	5,0 - 6,0 9,0 - 10,0	4	60	3,0 - 3,9	0,40 - 1,00	$< 5{\cdot}10^2$ $5{\cdot}10^3$	$a{\cdot}10^4$	21 - 60
Грязные	51 – 100	5,0 - 6,0 9,0 - 10,0	5	30	4,0 - 10,0	1,10 - 3,00	$<5{\cdot}10^3$ $1{\cdot}10^5$	$a{\cdot}10^5$	61 - 99
Очень грязные	> 100	2,0 - 4,0 11,0 - 13,0	> 5	0	> 10,0	> 3,0	$< 1{\cdot}10^{-3}$	$> a\,10^6$	100

В качестве показателя ***бактериального загрязнения почвы*** *используют титр кишечной палочки (Coli) и титр одного из анаэробов (B.Perfringens)*. Они поступают с фекалиями. Анаэробы (спора) сохраняются в почве продолжительное время, чем кишечная палочка.

Санитарно-гельминтологический показатель – число яиц гельминтов в 1 кг почвы, а санитарно-энтомологический показатель – наличие личинок мух и их куколок в 0,25 м^2 поверхности почвы.

Органическая составляющая почвы. Микроорганизмы разлагая органические вещества, создают гумус. В целом гумус состоит из углерода, водорода, лигнита, белковых, азотных соединений, жира.

Плодородие почв оценивается по величине запасов гумуса, валового азота, подвижного фосфата и обменного калия. То есть гумус представляет собой органический компонент почвы.

Гумус. Плодородие почвы зависит от ее важнейшей составной части – органического вещества или гумуса.

Плодородными являются черноземы (гумус >100 см и до 10–12% гумуса).

Гумус образуется в почве при разложении бактериями и грибами мертвых органических остатков, прежде всего растительных. Часть любого органического вещества (95 – 88 % всех растительных остатков) минерализуется до конечных продуктов – простых соединений (CO_2, H_2O, NH_3, H_2S и т.д.), уходящих в атмосферу и гидросферу ***(минерализация)***, а другая часть опада превращается в переходные формы

соединений, накапливающихся в виде гумусовых веществ (***гумификация***).

Гумус – смесь высокополимерных азотсодержащих органических соединений с молекулярной массой порядка 10 тыс.ед. Главная масса гумуса – это темно-окрашенные гумусовые кислоты, обладающие высокой реакционной способностью.

Если гумусовые кислоты насыщены кальцием или магнием, то они выпадают в осадок, склеивая в агрегаты. Насыщенные ионы натрия, гумусовые кислоты становятся подвижными, теряют клеющую способность, вымываются из почвы. Если преобладает H+, то агрессивные гумусные кислоты разрушают почвенный материал.

Гумус – аккумулятор солнечной энергии на поверхности Земли. Если почву лишить поступления отмирающих растительных остатков, микроорганизмы перейдут на питание гумусом и уничтожат весь его запас.

14.2.7. Типы почв

Почвы отличаются по цвету: черный – содержит гумус, оксиды марганца, сульфиды металлов; белый – известь, кремнезем (кварц), соли, полевые шпаты, глинозем; красный – безводные и маловодные оксиды железа; желтый – многоводные (гидратированные) оксиды железа, сульфаты железа; голубой – соединения закиси железа; зеленый – минералы глауконит, оливин.

По значению pH: кислые – pH 3,5–4,5; сильно-щелочные pH 9–10.
Малогумусные – 0,5 – 1 % гумуса; тучные – 10 – 12 % гумуса.
По плотности: рыхлые g = 0,9–1 г/см3; очень плотные

$$g = 1{,}7–1{,}9 \text{ г/см}3.$$

По другим характеристикам: бескарбонатные, известковые, незасоленные, солевые корки, кварцевые, чисто железистые, песчаные, глинистые, сухие, затопленные.

Закон мировой почвенной зональности открыт В.В.Докучаевым. В соответствии с ним различают следующие типы почв: арктические и тундровые почвы или тундро-глеевые; подзолистые (тайги и смешанных лесов, где влажный климат, до 5 – 6 % гумуса), серые лесные почвы (широколиственных лесов и лесостепей); черноземы (лесостепь и степь, до 10 % и более гумуса), каштановые (засушливые сухие степи,

менее 4 % гумуса), серо-бурые и бурые (полупустынь, равнинных пустынь, засоленные, до 1 – 1,5 % гумуса); сероземы более богаты питательными веществами, орошаемы для хлопчатника, виноградарства, плодовых культур; красноземы и желтоземы (влажных субтропических лесов, до 6 % гумуса), гидроморфные почвы (лесная, степная и пустынная зона, болотная, тундра, лесотундра, где близко залегают грунтовые воды).

В табл. 14.5 показаны содержание и групповой состав гумуса различных почв на территории бывшего СССР.

14.3. Экологическое состояние земельных ресурсов в Республике Казахстан

14.3.1. Земельные ресурсы

Земельные ресурсы – это сумма земельных массивов, почв, используемых как средство производства.

Земельные, минеральные, растительные ресурсы и животный мир являются *исчерпаемыми*, которые, в свою очередь, подразделяются на *возобновляемые* и *не возобновляемые*.

Таблица 14.5

Содержание и групповой состав гумуса различных почв на территории бывшего СССР (по Сапрыкину)

Почвы	РН	Среднее содержание гумуса, %	**Состав гумуса, % на органическое вещество**		
			Гуминовые кислоты	Фульво-кислоты	Прочие органические вещества (по разности)
Подзолистые	5,0-4,0	3,5	20	47	33
Серо слабо Подзолистые	-	5,0	25	50	25
Черноземы: *Выщелочные*	5,8-6,5	7,5	-35	42	23
Обыкновенные	-	7,5	35	37	28

Мощные	7,0	10,7	40	39	21
Темно-каштановые	7,5	3,5	34	35	31
Солонцы *Каштановые*	9,0 и выше	3,0	23	45	32
Сероземы	до 8,5	1,5	21	41	38
Красноземы	-	5,0	15	45	40

Возобновляемые ресурсы характеризуется способностью восстанавливаться по мере использования и включают *почву, растительность, животный мир, поверхностные и подземные воды*.

Такие ресурсы воспроизводятся в естественных процессах, происходящих на Земле и поддерживаются в некотором постоянном количестве, определяемом их ежегодным приростом и расходом. Интенсивное использование ресурсов ведет к истощению их запасов. Под истощением земельного ресурса подразумевается деградация земель в результате антропогенной нагрузки. Для оценки состояния земельных ресурсов учитывается качество земель.

Основное производительное свойство земли – *плодородие*. Экономически земли оцениваются в соответствии с кадастром.

В соответствии с целевым назначением все земли в Республике Казахстан подразделяются на нижеследующие (рис. 14.8).

По оценке известного американского эколога Ю. Одума в среднем для обеспеченного существования человека необходимо иметь в среднем 2 га земли. Из них 0,6 га необходимо для производства продуктов питания; 0,2 га для обустройства населенных пунктов и для удовлетворения потребности производства; а 1,2 га необходимо оставить в первозданном природном состоянии (Маляр Н. Н.).

Категории земель Республики Казахстан

– земли сельскохозяйственного назначения;

– земли населенных пунктов (городов, поселков и сельских населенных пунктов);

– земли промышленности, транспорта, связи, обороны и иного несельскохозяйственного назначения

** для нужд обороны;

** с особыми условиями пользования землей: санитарно-защитных зон, селеопасные, оползнеопасные и защитные лесные зоны, примыкающие к полосе отвода железных и автомобильных дорог; защитные зоны водозаборных сооружений; приаэродромные полосы; охранные зоны магистральных трубопроводов, линий связи, радиофикации и электропередачи; водоохранные зоны и полосы.



– земли особо охраняемых природных территорий:
государственных природных заповедников; государственных национальных природных парков; государственных природных парков; государственных памятников природы; государственных зоологических парков; государственных ботанических садов; государственных дендрологических парков; лесов особо охраняемых природных территорий; водоемов, имеющих особое государственное значение или особую научную ценность; водно-болотных угодий, имеющих международное значение; участков недр, представляющих особую экологическую, научную, культурную и иную ценность.

- земли лесного фонда;
- земли водного фонда: земли, занятые водоемами (реками, озерами, водохранилищами, каналами, внутренними морями, территориальными водами), ледниками, болотами, гидротехническими и другими водохозяйственными сооружениями, а также земли, выделенные под водоохранные полосы.

– земли запаса: все земли, не предоставленные в собственность или землепользование.

Рис. 14.8. Категории земель Республики Казахстан

На начало 80-х гг. XX в. отчуждение земель под строительство населенных пунктов в Казахстане превышало общесоюзные нормы в 3 раза, а отвод земель на нужды промышленности, транспорта, нефте- и газопроводов в 6 раз. По данным академика А. Асанова площадь лугов и пастбищ не пригодных в сельском использовании равна 15 тыс. га.

14.3.2. Почвы Казахстана

В пределах Казахстана с севера на юг происходит смена почвенно-климатических зон и вместе с ними смена почвенных типов в следующим порядке.

На крайнем севере Республики множество земель занято подзонами:

1) подзоной умеренно увлаженных лесостепей. В этом регионе количество выпавших осадков и испарившейся влаги приблизительно равно друг другу. Коэффициент увлажнения порядка единицы.

Поверхность земли ровная. Обычно здесь встречаются лесные смывные сероземы, луговые чернозёмы и вышелоченные чернозёмы.

В этом регионе развито бесполивное земледелие. Лесостепная подзона расположилась в Казахстане на 0,4 млн. га, из них выщелоченные черноземы занимают 15 тыс. га.

Южнее этой подзоны начинается степная зона чернозёмов. Последняя подразделяется на следующие подзоны.

2) умеренно увлажнённую подзону обычных черноземов;

3) умерено засушливую подзону южных черноземов.

Общая площадь степной зоны равна 25,4 млн. га, на них 12,2 млн. га – умеренно увлаженная подзона.

Выщелоченные, обыкновенные и южные чернозёмы по содержанию гумуса делятся на: слабо гумусированные с содержанием гумуса в верхнем горизонте «А» менее 4 %; малогумусные – 4–6 %; среднегумусные – 6–9 %. Многогумусные чернозёмы, с содержанием гумуса более 9 %, в республике встречаются редко.

Чернозёмы по мощности гумусового профиля (темно-серого и черного слоя) подразделяются на маломощные – менее 40 см до 80 см и мощные – от 80 до 120 см толщины горизонтов «А» и «В».

По степени засолённости подразделяются на слабосолонцеватые (поглощенного натрия в слое «А» от 5 до 10 % общей массы этого слоя), среднесолонцеватые (от 10 % до 15 %), сильно солонцеватые (15–20 %). Коэффициент увлажнения в чернозёмностепной зоне колеблется в пределах 0,8–1. Эта зона преимущественно бесполивного земледелия.

Сухостепная зона (4, 5, 6) занимает 90,4 млн. га или 33,2 % территории Казахстана. Коэффициент увлажнения равен на севере зоны 0,8 и снижается к югу до 0,6 – 0,9. Подзоны 4, 5, 6 чередуются с севера на юг и отличаются друг от друга степенью засушливости и обилием растительности. Чем севернее подзона тем больше влаги и зелени. В 4 подзоне на 27,7 млн. га расположены тёмнокаштановые почвы. В 5 подзоне на 24,3 млн. га каштановые почвы. В 6 подзоне светлокаштановые почвы.

Тёмнокаштановые почвы содержат 3–4,5 % гумуса, толщина горизонтов «А» и «В» колеблется от 28 до 40 см. Они содержат валового азота 0,1–0,27 %; валового фосфора 0,1–0,17 %.

Каштановые почвы содержат 2,5–3,5 % гумуса, имеют 25–30 сантиметровый гумусовый профиль. Светлокаштановые почвы имеет 2–2,5 % гумуса, толщина горизонта «А» –15–18 см. Горизонт «В» вскипает от соляной кислоты, т.к. содержит слишком много извести.



Рис.14.9. Пустыни и такыры Казахстана

В полупустынной 7 зоне в среднем за год выпадает 150–18 мм осадков, испаряется 800–1000 мм. Среднегодовая температура 5°–7° градусов по Цельсию. Сумма температур выше 10° по Цельсию составляет 2600–3600° по Цельсию.

Бурые почвы, на которых прорастают не требующие обильных осадков травы, типа полыни, занимают 33,3 млн. га. Содержат 0,4–1,85 гумуса. Слабо обеспечены азотом и особенно фосфором. Толщина гумусового слоя доходит до 30–35 см. Встречаются лугово-бурые почвы мощностью плодородного слоя до 40–60 см и содержанием гумуса 1,5–3 %. В пустынной 8 зоне залегают серо-бурые почвы. Среднегодовое количество осадков 100–120 мм. Испаряется влаги 1100–1200 мм. Сумма температур выше 10° по Цельсию и составляет 3200–4000° по Цельсию.

Полупустынная и пустынная области пригодны в основном для пастбищ.

В таких регионах урожай собирают только с орошаемых земель.

На бурых почвах выделено 7,2 млн.га пахотно-пригодных земель, на серо-бурых – 6,4 млн.га. Площади пригодные для орошения 20 млн.га. Продуктивность орошаемой пашни в 4-5 раз выше продуктивности не поливной.

В предгорной части Юга – Востока Казахстана на высотах от 300 до 700 м. располагается предгорно-пустынно-степная зона с серозёмными почвами 9. Она занимает площадь в 17,4 млн.га; из них 80 % – сельскохозяйственные угодья.

Здесь имеется 2,7 млн.га пашни; 0,7 млн.га сенокосов; 10,4 млн.га пастбищ; порядка 150 тыс.га садов и виноградников.

На высотах 700–1000 м расположена низко-горно-степная зона 10. Из-за сложности рельефа местности пригодных к распашке земель мало. Но почвы плодородны, это каштановые почвы и чернозёмы.

На высоте более 1000 м разводят сады, ягодники. Площадь этой зоны равна приблизительно 10 млн. га.

На больших высотах лежит средне-горно-лугово-лесная зона 11. Ежегодный объём осадков на этих землях достигает в среднем 850 – 900 мм. В основном они покрыты чернозёмами или лесными кислыми чернозёмами.

На богарах (неорошаемые земли) на высоте 1900 м получают высокие урожаи картофеля, корнеплодов, кормовой капусты, моркови, овса, ячменя, ягодных культур. Горные массивы хорошо пригодны для летних пастбищ и сенокосов. Площадь порядка 4 млн. га.

Высокогорная лугостепная зона 12. Холоднее среднегорной, осадков меньше. На этих массивах размещены альпийские и субальпийские луговые, лугостепные почвы. Почвы альпийских лугов очень плодородны, содержат гумуса до 18 – 20 %. Эти земли – пастбища мелкорогатого скота. Площадь – порядка 3 млн. га.

Кроме того, повсеместно на равнинной территории Республики расспространены так называемые интрозональные почвы, не имеющие своей собственной зоны. К ним относятся почвы засолённого ряда: солончаки, солонцы, солоди, а так же болотные и аллювиальные (почвы речных долин).

Солончаки – это почвы, содержащие с самой поверхности и по всему профилю большое количество легкорастворимых солей. Если в метровом слое почвы легкорастворимых солей содержится менее 0,3 %, что составляет 45 тонн/га, такая почва считается *незасолённой.* При содержании солей в количестве от 0,3 до 0,5 %, или иначе от 45 до 75 т/га, почва относится к слабозасолённой. В среднесолённых почвах солей 75 – 100 т/га, что составляет от 0,5 % до 0,7 % массы всей почвы в горизонтах “А”, “В”, “С”. Сильнозасолённые почвы содержат 0,7–1 % солей, что равно 105 – 150 т/га. Если в почве имеется больше 150 тонн солей, т.е. более 1 %, то она – солончак. Всего в стране засолённых почв более 75 млн.га.

14.4. Источники, причины загрязнения и истощения земельных ресурсов

14.4.1. Загрязнение почвы

В роли основных загрязнителей почв выступают: металлы и их соединения, радиоактивные элементы, а также удобрения и ядохимикаты, применяемые в сельском хозяйстве (табл. 14.6).

Таблица 14.6

ПДК некоторых вредных веществ в почве

№	Вещество	ПДК, мг/кг (почвы)
1	ГХЦГ (гексахлоран) технический	1
2	ДДТ	0,5
3	Карбарил	0,05
4	Линдон	1
5	**Карбофос**	2
6	Хлорофос	0,5
7	Полихлоркамфен	0,5
8	**Полихлорпинел**	0,5
9	Хлоралит	0,05
10	Прометрин	0,5

Из радиоактивных изотопов наиболее опасны Sr90 и Cs137 (период полураспада 28 – 30 лет).

Загрязнение почвы приводит к нарушению круговорота веществ в биосфере. Кроме того, вредные вещества включаются в экологические пищевые цепи, переходят из почвы и воды в растения, затем в животных, а в конечном итоге попадают с пищей в организм человека.

Химические загрязнители – канцерогены (химические, физические, биологические вещества): полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – 200 агентов (бензапирен и др.); выхлопные газы транспорта, самолетов; выбросы ТЭЦ, предприятий, котельные.

Степень загрязнения почв металлами (Z_C) оценивают по суммарному показателю загрязнения почв, утвержденному Минздравом СССР в 1987 году:

$$Z_C = \sum K_{Ci} - (n-1),$$

где n – число определяемых металлов; K_{Ci} – коэффициент концентрации металла, определяемый отношением содержания металла в почве

к фоновому содержанию металла.

Фоновый уровень канцерогенных веществ определяют по вулканическим извержениям.

Чрезвычайно опасная (I категория) загрязнения почв при $Z_C > 128$; опасная (II) категория при $Z_C = 16 – 32$; допустимая (III) категория при $Z_C < 167$.

К первой категории по загрязнению почв относятся Шымкент и Усть-Каменогорск. Особо токсичными являются следующие 9 элементов: Cr, As, Ni, Sb, Pb, Mo, Cd, Hg, Ta. Наиболее токсичные соединения дают 4 металла: Pb, Hg, Cd, Cr.

Для снижения до минимума доступности растениями токсичного метал-ла, в почве необходимо поддерживать pH не ниже 6,5, при которой больше вероятность образования нерастворимых гидроксидов и карбонатов металлов. Металлы образуют сложные комплексы в присутствии органических веществ. *Поэтому в почвах с высоким содержанием гумуса они менее доступны для пог- лощения растениями.*

Институт почвоведения им. У.Успанова НАН РК установил, что орошаемые почвы бассейна р.Сыр-Дарья загрязнены соединениями свинца, меди, кадмия, фтора и бора. Наиболее загрязненными являются почвы Арысь-Туркестанского и правобережной части Шаульдерского бассейнов.

Во всех сельскохозяйственных регионах Казахстана не функционирует служба хранения, транспортировки и ликвидации последствий от применения пестицидов. В результате продолжается загрязнение почв, подземных горизонтов, поверхностных водных объектов токсичными ядохимикатами. Так, единственный в Астанайской области полигон для захоронения отходов ядохимикатов был переполнен в 1985 г. Проектирование нового полигона приостановлено в 1993 г из-за отсутствия средств ОПО «Сельхозхимия».

Общие требования к контролю и охране от загрязнения почв, а также требования к методам определения загрязняющих веществ регламентированы ГОСТ 17.3.3.04-85 и ГОСТ 17.4.3.03-85. Определение признаков пригодности горных пород к использованию в качестве питательной среды биоценозов основано на ГОСТ 17.5.1.04-86.

14.4.2. Истощение земель

В естественных условиях происходит постоянный круговорот в почве. В искусственных агроценозах такой круговорот нарушен, т.к.

человек изымает значительную часть сельхозпродукции, используя ее для своих нужд. Из-за неучастия этой части продукции в круговороте почва становится бесплодной. Чтобы избежать этого и повысить плодородие почвы в искусственных агроценозах, человек вносит органические и минеральные удобрения.

В нормальных естественных условиях все процессы, происходящие в почве, находятся в равновесии. Но нередко его нарушает вмешательство человека. В результате развития его хозяйственной деятельности происходит загрязне-ние, изменение состава почвы и даже ее уничтожение. Например, если внести натриевую селитру $NaNO_3$, растения поглотят ион NO_3^-, а в почве появится избыток катиона Na^+. Почвенный раствор станет щелочным и будет угнетать растения. Катион Na^+ вытеснит катион Ca^+ из твердых частиц и сделает их неустойчивыми, разрушит почвенные агрегаты, структурная комковатая почва превратится в сплошную аморфную массу. В почве может быть много фосфора, но растения могут испытывать его дефицит, если он будет прочно удерживаться в недоступной для растений форме – в виде комплексов с Fe или Ca.

14.4.3. Эрозия почвы: опустынивание



В некоторых частях света, особенно вокруг Сахары, пустынные территории расширяются, уничтожая окружающие их плодородные земли. Этот процесс называют ***опустыниванием***. Происходит он потому, что уничтожаются леса и естественный травянистый покров, многократно распахиваются земли без соблюдения правил агротехники, что усиливает ***эрозию почвы*** – разрушение и смыв плодородного слоя водой и ветром. Кроме того, изменяется климат, например, парниковый эффект для Казахстана лишь усугубит опустынивание. На голой земле плодородная почва создается естественным путем около миллиона лет.

Ежегодно в мире около 20 млн. га земель превращается в бес-

плодную пустыню. Ежегодный прирост оврагов 55 км. В Африке Сахара расширяется со скоростью от 1 до 10 км/год. Пыльные бури и уничтожение лесов двигают пески со скоростью 50 тыс.км^2.

На рис. 14.10 показана карта мира с указанными пустынными районами.

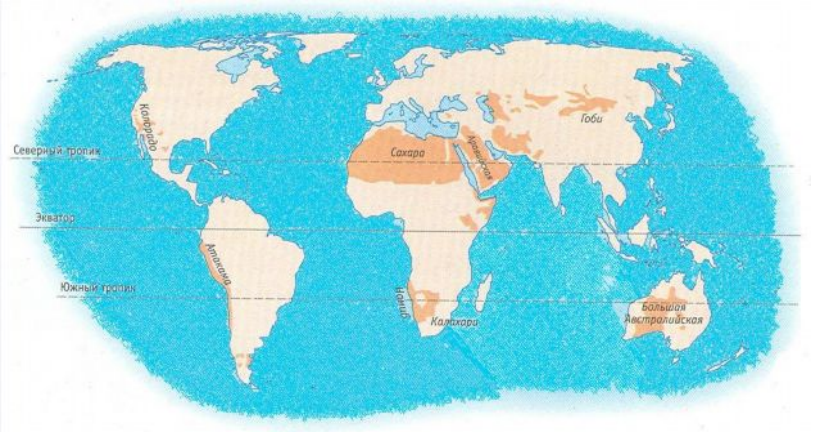


Рис. 14.10. Распространение пустынь мира

Различают несколько видов эрозии почвы (рис.14.11).



Рис. 14.11. Типы эрозии почвы

В литературе часто встречаются разные названия эрозий, например, ветровую эрозию называют дефляцией или смывом, водная – раз-

мывом. Кроме того, поверхностную водную эрозию называют плоскостной. Струйчатую – борозчатой, к разновидности водной эрозии относят селевые потоки.

Важным отличием этих двух типов эрозии является то, что при ветровой эрозии происходит выдувание лишь механических элементов почвы, а при водной – не только смываются частицы почвы, но одновременно происходит растворение в текущей воде питательных веществ и удаление их (N, P, K; микроэлементов I, Cu, Zn, Co, Mn, Ni, Mo). Ветровая эрозия не связана с условиями рельефа, водная эрозия возникает при определенном уклоне при водной эрозии продукты разрушения перемещаются только сверху вниз, а при ветровой – не только по плоскости, но и вверх. Промоины, рытвины, овраги превращают сельхозугодья в неудобные земли, затрудняют обработку полей, снижают урожайность. Смываемый слой почвы выносится в реки и водоемы, вызывает их заиливание. Глинистая почва смывается сильнее, чем песчаная.

При обработке, окультуривании почв её разрыхлённость, пористость увеличивается, тем самым облегчается питание и прорастание растений. С другой стороны избыточные разрыхлённость и пористость почв усиливает их водную и ветровую эрозию. Из-за этого легкие почвы, пески несоизмеримо легче переносятся и смываются, чем тяжелые почвы, глины.

Сильной считается эрозия при смыве более 50 т мелкозема на 1 га в г. (5 см за 10 лет); средняя – от 25 до 50 т/га в г.; слабая – 12,5 – 25 т/га в г.; очень слабая < 12,5 т/га в г. Нулевой эрозии не бывает никогда. Катастрофическая эрозия – 300 – 500 т/га в г. – в Бангладеш, Индонезии, Сальвадоре, Боливии, Эфиопии и др. в тропическом поясе из-за ливневых дождей. Например, на Украине и Северном Кавказе в 1960 г. перенесло ветром за 3 дня 25 км^3 почвы.

Различают разновидности водной эрозии: ирригационная эрозия – при нарушении правил полива при орошаемом земледелии; техническая эрозия – разрушение почвы под воздействием транспорта, землеройной техники.

Наибольшее количество нарушенных земель Казахстана в Костанайской, Карагандинской, Павлодарской, Жезказганской, Актюбинской областях. Нарушенные земли в этих областях представлены в основном карьерами угольных месторождений и других полезных ископаемых, отвалами вскрышных и горных пород, хвостохранилищами.

14.5. Мероприятия по защите почвы

К основным мерам по защите почвы от воздействий являются:

- борьба с ветровой и водной эрозией: полезащитные полосы, насаждение деревьев и кустарников (ветроломы), устойчивых к засухе растений (орех, миндаль, фисташка, боярышник, вишня, персик, абрикос, инжир, акация и др.); лесозащитные полосы – хвойные: сосна, ель, можжевельник; водозадержание и усиление водопоглощения на полях (органическое удобрение, правильный севооборот и др.);
- борьба с пылеобразованием на автомобильных дорогах и аэродромах, предприятиях;
- снижение и исключение загрязнений почв и водоемов всеми направлениями деятельности человека (при загрязнениях почв *выше предельно допустимых концентраций* необходимо проведение известкования почв; снятие слоя почв при заражении радионуклидами; рекультивация земель и т.д. Для почв селитебных зон (зон проживания людей), например, содержание нефтепродуктов не должно превышать более 180 мг/кг почвы, в противном случае необходимо снятие слоя почвы);
- рекультивация земель, сохранение верхнего слоя при строительстве любых объектов жизнеобеспечения людей (техническая, биологическая рекультивация).

На рис. 14.12. представлены наиболее распространенные способы защиты земель от ветровой эрозии, которые состоят из следующих:

- применение щадящих агротехнических технологий;
- закрепление поверхностей;
- уменьшение скорости ветра у поверхности земли путем сохранения стерни, применения полезащитных севооборотов.



Рис. 14. 12. Основные способы защиты земель от ветровой эрозии

Ландшафты, почвы которых подвержены ветровой эрозии, защищают с помощью ветрозащитных лесных насаждений. Ветрозащитные лесные насаждения, уменьшают в приземном слое скорость ветра, чем обеспечивают защиту почвы, также за счет ослабления ветра улучшается водный режим почвы, снижаются потери влаги.

Противоэрозионные мероприятия, способствующие уменьшению техногенной нагрузки, воздействующей на водные объекты, включают работы по закреплению поверхности водосбора, направленные на предотвращение образования эрозийных процессов при использовании земельных угодий; по защите эрозионно опасных водосборных территорий от дальнейшего развития эрозионных процессов. Структурная схема системы мероприятий, выполняемых при защите земель от водной эрозии на рис. 14.13.



Рис. 14.13. Системы мероприятий по защите водосборных территорий от водной эрозии и образования оврагов

Природоохранные мероприятия по защите почвы от водной эрозии заключаются в противоэрозионной организации территории проведении агротехнических и лугомелиоративных приемов землепользования.

Противоэрозионная организация территории включает:

- размещение всех объектов землепользования, сельхозпроизводства, инженерных сооружений и коммуникаций с учетом требований максимальной защиты территорий от эрозии;
- ограничение и исключение применения технических средств по выполнению технологических приемов, способствующих разрушению незащищенной поверхности земли, растительного покрова и почвы;
- сохранение в естественно закрепленном состоянии эрозионно опасных площадей и участков;
- ограничение в использовании отдельных эрозионно опасных площадей и участков под пастбища, интенсивные сенокосы, лесозаготовки и введение запрета на сводку леса;
- создание условий для естественного закрепления и восстановления площадей, разрушаемых эрозией;
- выполнение системы мероприятий по защите и восстановлению земель, подвергшихся эрозийному разрушению.

Агротехнические приемы защиты территорий от эрозии основаны на использовании специальных технологий обработки почв и создании микрорельефа, способствующих уменьшению поверхностного

стока за счет задержания и равномерного перераспределения его на водосборной площади, ускорения впитывания воды и перевода ее в почвенную влагу.

К лугомелиоративным приемам защиты территорий от водной эрозии относят комплекс приемов, основанных на залужении эрозионно опасных участков посевом специально подобранных видов многолетних трав, выращивании насаждений из древесно-кустарниковых пород. Выращивание защитных лесонасаждений трудоемко и продолжительно. Лесные полосы начинают выполнять водорегулирующие функции только после смыкания кроны растений в рядах и междурядьях, в среднем через 5 – 7 лет после посадки. Схемы размещения древесно-кустарниковых культур на склоне при устройстве лесных полос водорегулирующего назначения показаны на рис. 14.16.

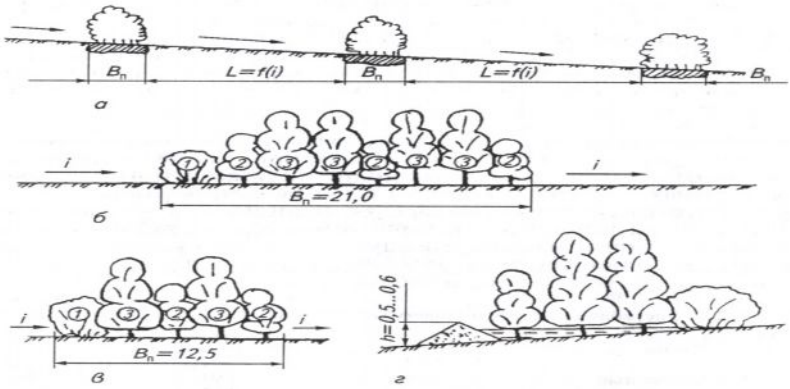


Рис. 14.14. Схемы размещения древесно-кустарниковых культур на склоновых участках при устройстве лесных полос водорегулирующего назначения:

а – размещение лесных полос на пологих склонах; б – восьмирядная лесная полоса шириной 21 м; в – пятирядная лесная полоса шириной 12,5 м; г – лесная полоса, усиленная земляным валом для дополнительного задержания поверхностного стока; 1 – ряд кустарника; 2 – сопутствующие породы; 3 – главные породы

Противоэрозионные лесные насаждения, устраиваемые по контуру бровок существующих оврагов, балок или растущих оврагов, не должны попадать в зону возможных обрушений. Схемы размещения противоэрозионных лесных полос в противоовражной зоне показаны на рис. 14.15

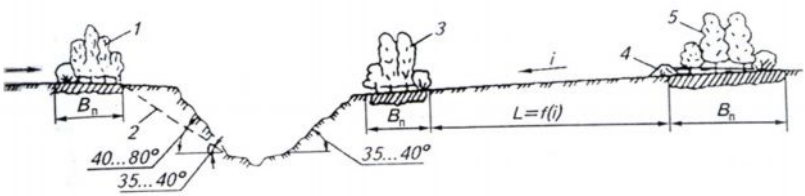


Рис. 14.15. Схемы размещения противоэрозионных лесных полос в приовражной зоне:

1 – лесная полоса; 2 – предполагаемое положение откоса после стабилизации; 3 – левая полоса около бровки стабилизировавшего откоса; земляной вал; 5 – водорегулирующая лесная полоса на склоне

Если агро-, луго- и лесомелиоративные противоэрозионные приемы не обеспечивают надежной защиты от эрозийного разрушения, то дополнительно применяют гидротехнические приемы регулирования поверхностного стока и управления водными потоками. Перечень противоэрозионных гидротехнических сооружений показан на рис. 14.16.



Рис. 14.16. Противоэрозионные гидротехнические сооружения, устраиваемые на водосборе и в руслах водосборной сети

Основное требование, предъявляемое к противоэрозионным мероприятиям и работам в условиях слабонарушенного ландшафта – перевод поверхностного стока или его части в грунтовой (почвенный) сток. При этом существенно уменьшается эрозионный смыв почвы, а

поступившие на поверхность загрязняющие вещества с инфильтрационным потоком проникают в глубь почвы.

Горизонты почвы, выступая в качестве геохимических барьеров, задерживают из потока загрязняющие вещества. Поэтому загрязненные воды, проходя сквозь почву, частично или полностью очищаются от техногенных продуктов, но сама почва может загрязняться. Загрязнения почв не будет, если химические превращения техногенных продуктов ликвидируют свою токсичность.

14.6. Режим нарушения и рекультивации земель



Одно из важнейших условий охраны окружающей среды – рациональное землепользование. Это порядок, размеры и интенсивность изъятия земель под промышленное использование при минимальных затратах средств на временное отчуждение земель. Поэтому необходимы такие технологические решения, которые позволят уменьшить размеры нарушений земель и ускорить их возврат для использования в сельском, лесном или рыбном хозяйстве. Чем быстрее и качественнее будут восстановлены земли, тем меньший ущерб понесет общество. Срок службы крупных карьеров достигает 40 лет и более. Поэтому небезразлично когда будут нарушены и восстановлены земли. Рассмотрим режим нарушения восстановления земель, под которым следует понимать установленные во времени размеры и место занятия земель и их рекультивации. Этот режим может быть охарактеризован площадями нарушения и рекультивации земель за определенный промежуток времени. Коэффициент рекультивации равен отношению площади восстановленной земли $S_{в}$ за определенный промежуток

времени $T_К$ площади нарушенной земли $S_Н$ за тот же промежуток времени T

$$К_Р = S_В / S_Н.$$

Интенсивное нарушение земель осуществляется как в период строительства карьера, так и в первые годы эксплуатации месторождения.

В результате в первые 10 – 15 лет карьеры, разрабатывающие наклонные и крутые залежи, практически не имеют отработанных (завершенных) площадей, где можно выполнять рекультивационные работы.

14.6.1. Воздействие промышленных предприятий на земельные ресурсы

Из всех видов человеческой деятельности можно выделить приносящие наибольший урон земельным ресурсам – неоправданное применение химикатов в сельском хозяйстве, возведение гидроэлектростанций, горные работы.

Масштаб воздействия горных работ на компоненты литосферы огромен.

По приближенным подсчётам общая площадь земель, нарушенных в бывшем СССР при добыче твердого минерального сырья, к 1990 г. превысила 3 млн. га. Из них на Казахстан приходится около 9 % .



Добыча полезных ископаемых производится традиционными способами: добыча открытым способом; гидравлическая добыча; штрековый способ; шахтный способ (рис. 14.17). Каждый из этих спо-

собов оказывает негативное воздействие на литосферу, что нарушает целостность всей экосистемы.

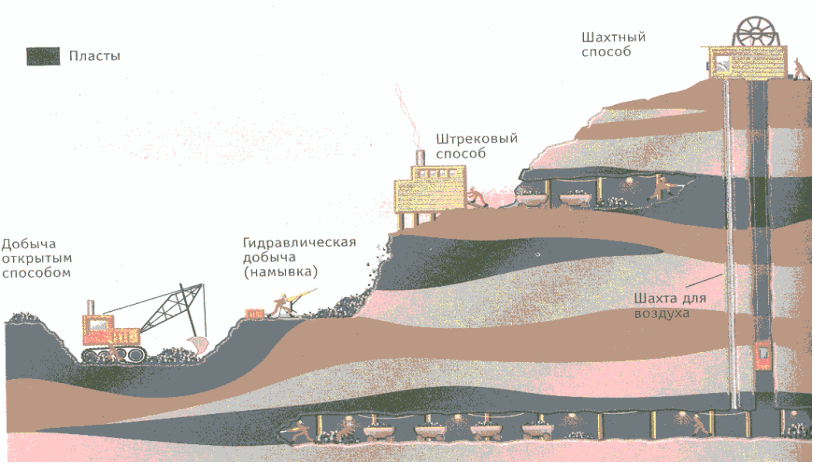


Рис. 14.17. Способы добычи полезных ископаемых

В районе вредного влияния горных предприятий выделяются четыре зоны экологических изменений:

1) зона сильных нарушений и загрязнений характеризуется сплошной гибелью корневых растительных сообществ на расстоянии 0,5–6 км.

2) зона умеренных нарушений и загрязнений характеризуется угнетением и гибелью большей части корневых растительных сообществ и заменой их более устойчивыми к новым условиям. Зона распространяется в радиусе 1–15 км.

3) зона слабых нарушений и загрязнений, где наблюдается гибель только отдельных деревьев на фоне общего снижения продуктивности естественных растительных сообществ. Зона распространяется на 2–30 км и более. Ее внешняя граница принимается за границу ППК;

4) могут наблюдаться изменения в составе атмосферного воздуха и грунтовых вод в пределах, не превышающих действующие нормы ПДК, но выше кларковых, средних многолетних значений для данной местности. Экологических нарушений растительных сообществ в этой зоне нет.

Горное предприятие *представляет собой комплексный источник воздействия на все компоненты окружающей среды и характеризуется разнообразием характера воздействия и состава загрязняющих веществ. Виды и источники воздействия на литосферу при добыче полезных ископаемых (ПИ) схематично отображены на рис. 14.18.*

Земельный отвод горного предприятия предоставляется предприятию на срок от 3 до 10 лет. На земельных отводах располагаются карьерные выемки, внутренние и внешние отвалы, зоны обрушения, дороги и другие технологичес- кие объекты, связанные с краткосрочным использованием земель. Горный отвод представлен нарушаемыми (НЗ) и не нарушаемыми землями (ННЗ). Удельный вес нарушаемых земель (НЗ) составляет 60 – 95 % от земельного отвода.

Под *нарушенными* понимаются земли, утратившие свою хозяйственную деятельность или оказывающие отрицательное воздействие на окружающую среду. *Ненарушенные земли* – это земли с ненарушенным почвенно-растительным слоем.

Особенно нарушают земли открытые горные работы, оставляющие после себя огромные площади нарушенных земель.

Величина земельного массива, представленного горному предприятию определяется из следующей формулы:

$$S = S_г + S_о + S_х + S_п$$

где $S_г$ – площадь горного отвода, предназначенного для размещения карьерного или шахтного поля; $S_о$ – площадь отведенная под отвалы; $S_х$ – площадь отведенная под шламо- и хвостохранилища; $S_п$ – площадь занятая сооружениями и инженерными коммуникациями

$$S_г = 10^{-4} L \cdot B,$$

где L – длина земной поверхности, нарушенной горными работами; B – ширина земной поверхности, нарушенных горными работами.

$$L = l + H (ctg\, s + ctg\, s_1) ,$$

$$B = G + H (ctg\, ß + ctq\, ß_1)$$

l – длина выработанного пространства; G – ширина выработанного пространства; $ß_1$ – угол устойчивых бортов по флангам месторождения – со стороны лежачего и висячего боков.

$$S_о = W \cdot K_р \cdot S_{уо}$$

$$S_к = P (1 \cdot a) S_{ух}$$

где W – объем вскрышных пород, размещенных во внешних отвалах; $K_р$ – коэффициент рыхления вскрышных пород; $S_{уо}$ – удельная землеемкость отвалов; $S_{ух}$ – удельная землеемкость шламо- и хвостохранилищ, га/млн. $м^3$; P – объем полезного ископаемого извлекаемого

из недр, млн. м^3; а – коэффициент извлечения полезных компонентов при обогащений сырой руды.

$$P = l \cdot m / [\sin\alpha \cdot (H \cdot H_h) \cdot \eta \cdot (1 + þ) K_{ap} \cdot 10^{-6}],$$

где H_h – мощность (толщина) покрывающих пород, м; K_{ap} – коэффициент сложности формы залежи полезных ископаемых.



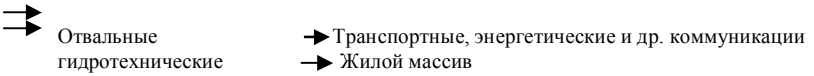


Рис. 14.18. Виды и источники воздействия на литосферу при добыче ПИ

Нарушаемые земли (НЗ) состоят из:
1) земель, занятыми горными выработками;
2) земель, занятыми отвалами;
3) земель, занятыми промплощадками коммуникациями.

Земли, *нарушаемые* горными выработками, включают:
1) карьерные выемки;
2) траншеи;
3) котлованы;
4) нагорные канавы и другие горные выработки.

К землям, занятым *отвалами* относятся: внешние, породные, отвалы некондиционных полезных ископаемых, шламо- и хвостохранилище, гидроотвалы пустых пород.

Земли, нарушенные инженерными сооружениями состоят из: железных и автомобильных дорог, трубопроводов, линий электропередач, конвейерные линии, канатные подвесные дороги и другие инженерные коммуникации (рис. 14.19)



Рис. 14.19. Нарушенные земли (прокладка трубопроводов)

Кроме того, к ним относят административно-хозяйственные здания и сооружения, перерабатывающие предприятия, ремонтные средства, склады взрывчатых веществ (ВВ) и прочие объекты.

К *не нарушаемым* землям относят:

1) охранные зоны (санитарные, у складов ВВ);
2) площади между зданиями и сооружениями;
3) площади под застройку.

При добыче полезных ископаемых наряду с непосредственным нарушением земной поверхности происходят нарушения в прилегающей территории.

Горные работы влияют на санитарно-гигиенические условия окружающей среды. Размещение карьеров, отвалов и шламохранилищ вблизи населенных пунктов приводит к запыленности и, в случае отвалов угольных месторождений, отравлению окружающей среды продуктами горения.

Концентрация пыли превышает санитарные нормы на расстоянии до 3500 м от хвостохранилищ горнообогатительных комбинатов, а со-

держание вредных газов на расстоянии 1500 м от терриконов (терриконе – похожая на пирамиду сопка, горка, большая куча материала).

Загрязнение воздуха приводит к повышению коррозии оборудования, нарушению чистоты помещений, медленному разъеданию стен и наносит ущерб здоровью живых организмов.

По данным Чехии и Словакии потери урожайности зерновых вследствии промышленных загрязнений составляют 27–29 %. По польским данным урожайность картофеля и сахарной свеклы снижалась в 2–3 раза.

Науке известны далеко не все вредные вещества. Их обнаружение зависит от слишком большого числа изменяющихся факторов.

Горные работы влияют на гидрогеологические условия. При эксплуатации месторождений их обводненность (насыщенность водой) определяется дополнительно искусственными факторами, обусловленные способом вскрытия и системой разработки. При этом наблюдается повышение способности массива пород пропускать через себя воду вниз; перераспределение давления; уход воды, высушивая верхние, горизонты, в нижние; усиление поступления в горные выработки воды из открытых водоемов.

Нарушается режим малых рек, озер. Происходит деформация поверхности земли под влиянием глубоких работ по понижению и отливу воды. Ведение открытых горных работ приводит к снижению уровню грунтовых вод. Вокруг глубоких карьеров возникают депрессионные (сжимающие, уменьшающие) воронки, которые подсекают все водоносные горизонты распространенные на десятки и сотни километров.

Радиус депрессионный воронки в горизонтах, сложенных песками исчисляется несколькими километрами. В трещиноватых породах радиус доходит 15 – 40 км.

В результате всего этого, почвенный слой подвергается *физическому, механическому и химическому воздействию.*

Физическое нарушение структуры почв связано с изменением режима почвенных и подземных вод, ландшафта и деформациями поверхности. В результате почвы осушаются или заболачиваются и теряют плодородные свойства. Механическое нарушение почв происходит из-за загрязнения пылью. Например, при внешних отвалах, сложенных скальными породами и при отсутствии озеленения загрязнение происходит в радиусе 3 – 4 км.

Химическое нарушение почв обусловлено их загрязнением отходами. В результате естественного выщелачивания вредных

элементов из рудных складов, отвалов забалансовых руд, пустых пород и хвостохранилищ происходит загрязнение атмосферы, почвенных вод и почв прилегающих территорий.

Эти проблемы усугубляются при разработке радиоактивных руд.

14.6.2. Показатели оценки использования земель

Эффективность использования земель в большинстве отраслей производства характеризуется объемом созданной продукции, приходящейся на единицу площади занятых земель. Удельная землеемкость P равна отношению площади, занятой предприятием S , к количеству полученного продукта Q:

$$P = S/Q \text{ , м}^3 \text{ (м}^2\text{/т)}.$$

Текущая землеемкость добычи полезного ископаемого – это отношение площади земель , нарушаемых в течении определенного периода (год) к объему добыча полезного ископаемого за тот же период.

При глубине карьера в 250 м на тонну извлеченной руды приходится 15–20 т. поверхностной породы, снятой для того, чтобы дойти до руды. Высота отвалов не превышает, как правило, 50 м. Расчеты показывают, что при глубине работ 500–1000 м площадь отвала будет превышать площадь карьера в 4–7 раз. Отвалы вскрышных пород, связанных с добычей железной руды, отсыпаются в виде различных пород в несколько ярусов высотой до 25 м каждый.

Коэффициент вскрыши ($К_{ВС}$) определяется по формуле:

$К_{ВС} = М_{ВС} / М_{Р}$

где $М_{Р}$ – масса руды, $М_{ВС}$ – масса вскрышной породы.

14.6.3. Пути повышения эффективности использования земель при открытой разработке месторождений

На современном этапе к технологии горных работ наряду с экономич-ностью и безопасностью должны предъявляться следующие требования:

1. добыча полезных ископаемых должна быть наименее землеемкой, т.е. коэф- фициент вскрыши должен быть минимальным;

2. разрыв во времени между нарушением и восстановленному земель должен быть наименьшим;

3. формирование выработанного пространства и отвалов пустых пород должно соответствовать планируемым направлениям рекультивации земель и их дальнейшему использованию.

Для выполнения этих требований можно воспользоваться следующими путями:

1. Применение технологии образования внутренних отвалов на территории завершенных участков карьерных и шахтных полей при разработке залежей, расположенных под любым углом.

2. Засыпать отработанные участки, на которых завершились разработки пород или отдельные завершенные карьерные поля породами, вскрыши с соседних участков.

3. Расширить область применения технологии селективной выемки плодородных пород и потенциально пригодных для использования в сельском и лесном хозяйстве пород, складировать их верхней части отвала пустых пород.

4. Ускорить необходимые работы по формированию, завершению отвалов различного типа. Приблизить начало восстановительных работ.

5. Формировать отвалы применительно к их дальнейшему, послерекультивационному использованию.

Выбор направлений и проектирования мероприятий по охране земельных ресурсов, их рациональному использованию и созданию оптимальных техногенных ландшафтов осуществляется в три этапа:

1) *предпроектный* – в течение которого проводятся инженерно-экологические изыскания и дается оценка и прогноз состояния природной среды в пределах границ природно-промышленного комплекса. Основная задача этапа – получение исходных данных для выбора и проектирования мероприятий и создание оптимальных ландшафтов;

2) выбор *оптимального варианта проектного решения* по созданию рационального техногенного ландшафта и поддержание его длительное время. Основная задача – выбор технически возможных, экологически и экономически целесообразных вариантов достижения поставленных задач. Создание рационального ландшафта должно достигаться в кратчайшие сроки и с наименьшими затратами;

3) разработка проектов всех мероприятий, входящих в состав выбранного варианта, конкретных инженерных мер по совершенствованию техники и технологии добычи и переработки полезных ископаемых, строительству очистных и защитных сооружений по охране вод-

ного и воздушного бассейнов, рекультивации нарушенных и деградированных земель, восстановлению и повышению продуктивности водоемов и др.

Все мероприятия по охране и повышению эффективности использования земельных ресурсов можно разделить на три группы:

1. технологические;
2. инженерно-профилактические;
3. экологические.

Технологические мероприятия предусматривают применение технологий добычи и переработки полезных ископаемых, не связанных с большими площадями отчуждаемых земель для промышленных объектов и не приводят к значительным экологическим изменениям в зоне вредного влияния.

Инженерно-профилактические мероприятия направлены на исключение или снижение степени и интенсивности нарушения земель и загрязнения почв как в пределах земельных отводов, так и за их пределами.

Экологические мероприятия связаны с проведением специальных защитных зеленых зон вокруг промышленных объектов, рекультивации нарушенных земель в пределах земельных отводов и восстановлением деградированных угодий в пределах зоны вредного влияния предприятия.

Горные предприятия обязаны снимать, хранить и наносить плодородный слой почвы на культивируемые земли или на малопродуктивные угодья.

Нормы снятия плодородного слоя при производстве земляных работ для дальнейшего использования его на малопродуктивных угодья и рекультивируемых землях определяются показателями состава и свойств почв.

Нормы снятия плодородных и потенциально плодородного слоя почв (Н) вычисляются по формулам

$$H = MS;\ H = MSd,$$

где М – глубина снятия плодородного слоя почвы, м;

S - площадь почвенного контура или группы контуров с одинаковыми глубиной и качеством снижаемого плодородного слоя, $м^2$;

d - плотность плодородного слоя почвы, $т/м^3$.

Нормы снятия плодородного слоя для основных типов и подтипов почв глинистого и суглинистого составов приведены в ГОСТ 17.5.3.06-85.

Нормы снятия плодородного слоя не устанавливаются, если они не пригодны для землевания малопродуктивных угодий и не соответствуют требованиям ГОСТ 17.5.3.05-84.

Плодородный слой почв может храниться в течение 10 лет и более. Хранить его необходимо в штабелях круглой или квадратной формы высотой 10 – 15 м. Для предохранения штабеля от водной и ветровой эрозии поверхность его планируется и засевается травами. Нельзя хранить плодородный слой почвы в оврагах, балках или местах скопления больших объемов воды.

14.6.4. Рекультивация нарушенных земель

Рекультивация – комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды.

К основным объектам рекультивации относятся карьерные выемки, мульды оседания, прогибы, провалы, отвалы, траншеи, канавы, резервы и кавальеры автомобильных и железных дорог, нарушения по трассам трубопроводов, промплощадки и транспортные коммуникации строящихся или ликвидированных предприятий, загрязненные земли и другие объекты.

Рекультивация может проводиться в различных *направлениях*:

1) сельскохозяйственном – создание на нарушенных землях сельхозугодий (пашни, сенокосы, пастбища, многолетние садовые насаждения, подсобное хозяйство и др.);

2) лесохозяйственном – создание лесонасаждений различного типа (общего хозяйственного и полезащитного насаждения, лесопитомники);

3) рыбохозяйственном – создание в понижениях техногенного рельефа водоемов различного назначения;

4) рекреационное – создание на нарушенных землях объектов отдыха (зона отдыха и спорта, парки и лесопарки, водоемы для оздоровления, охотничьи угодья, туристические базы и спортивные сооружения);

5) природоохранном и санитарно-гигиеническом – биологическая или техническая консервация нарушенных земель, отвалов и хвостохранилищ, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду, рекультивация которых для использования в народном хозяйстве экономически не эффективна или преждевременна (участки природоохранного назначения, противоэрозионного лесонасаждения, задернованные или закрепленные специальными средствами, участки самозарастания и др.);

6) строительном – приведение нарушенных земель в состояние, пригодное для промышленного и гражданского строительства, размещение отвалов отходов производств, хвостов обогащения, строительного мусора.

Рекультивация нарушенных земель осуществляется в два последовательно проводимых этапа:

1) *технический этап* – включает подготовку нарушенных земель для последующего целевого использования в народном хоязйстве, при которой выполняются:

- планировка,
- формирование откосов,
- снятие, транспортировка и нанесение плодородного слоя почв и потенциально плодородных пород на рекультивируемые земли,
- строительство дорог, гидротехнических и мелиоративных сооружений и др.

Работы первого этапа выполняются горными предприятиями, либо подрядными специализированными организациями.

2) *биологический этап* – выполняются мероприятия по восстановлению плодородных земель. К ним относится комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на возобновление флоры и фауны, создание устойчиво функционирующих высокопродуктивных биогеоценозов.

Биологическая рекультивация выполняется сельскохозяйственными, лесохозяйственными и другими специализированными организациями.

При формировании отвалов в самом нижнем слое располагаются непригодные породы, затем малопригодные, выше потенциально плодородные и плодородные.

Технический и биологический этапы рекультивации нарушенных земель осуществляются за счет горных предприятий.

При *открытом способе добычи полезных ископаемых* (ПИ) и рекультивационных работах необходимо:

- предварительное снятие и складирование плодородного слоя почв, селективная разработка потенциально плодородных пород, а также их укладка в отвалы в объемах, необходимых для создания рекультивационного слоя соответствующих параметров;
- организовать сток ливневых и технических вод с помощью гидротехнических сооружений (водосборных лотков, бетонных водовыпусков и т.д.);

- строительство отводных каналов или спецустройств для пропуска воды естественных водотоков и перехвата склонового стока при размещении породных отвалов в балках и оврагах;
- устройство обвалований, нагорных канав, водоотводов при размещении отвалов и карьеров на склонах;
- формирование бортов карьерных выемок и откосов отвалов, устойчивых к оползням и осыпям, а поверхности отвалов – к просадкам;
- регулирование водного режима в рекультивационном слое, особенно, если он сложен породами, обладающими неблагоприятными водно-физическими свойствами;
- при наличии в основании рекультивационного слоя токсичных пород необходимо создать экран из капилляропрерывающих материалов (песок, камень, гравий, пленка и т.д.);

При подземной разработке ПИ должны выполняться следующие условия:

- перед отсыпкой шахтных отвалов необходимо снимать плодородный слои почвы с отведенного участка;
- нарушенные земли, с имеющимися на ней прогибами и провалами, рекультивируются с предварительным снятием плодородного слоя почвы, планировки поверхности прогиба, заполнения провалов горной породой с последующей планировкой, нанесением плодородного слоя почвы;
- при создании водоемов в незаполненных горной породой шахтных прогибах и провалах соблюдаются условия, аналогичные водохозяйственному направлению рекультивации.

При проведении геологоразведочных, изыскательских работ, бурении эксплуатационных скважин должны выполняться следующие условия:

- необходимо снимать и складировать плодородный слой почвы (с обеспечением его сохранности);
- при бурении разведочных и эксплуатационных скважин создавать резервуары (емкости) для хранения промывочных жидкостей, а также накопления первых пробных порций нефти и конденсата;
- следует экранировать резервуары, которые устраиваются в углублениях поверхности;
- рекультивировать почвы, загрязненные нефтью, нефтепродуктами и нефтепромысловыми сточными водами, в т. ч. ускорение деградации нефтепродуктов и ликвидацию засоления и солонцеватости почв.

Планировочные работы. Наиболее трудоемкие работы технического этапа – планировочные. Их доля в ряде случаев занимает 80 % всех затрат на рекультивацию.

В соответствии с ГОСТ 17.5.1.01 – 83, планировка подразделяется на *грубую* и *чистовую*. Основная задача планировочных работ – приведение техногенного рельефа в состояние, пригодное для целевого использования.

Все мелкие выемки, провалы, зоны обрушения засыпаются. Днища крупных карьеров, разрезов, внешних и внутренних отвалов выравниваются в соответствии с направлениями их дальнейшего использования. Борта карьеров и откосы отвалов выполаживаются и при необходимости укрепляются.

Для земель под пашни уклон должен быть не более 2 градусов; для лугов и пастбищ – 2 – 4 градуса, под сады и ягодники – 5 градусов.

Планировочные работы проводятся этапами: *грубой* и *чистовой* планировкой.

Грубая планировка земель – предварительное выравнивание поверхности с выполнением основного объема земляных работ. Грубая планировка может быть сплошной, частичной и террасами.

Сплошная планировка предусматривает полное выравнивание всей площади рекультивируемого объекта. При частичной планировке срезаются только гребни отсыпанных конусов отвалов и создается рельеф, пригодный для посадки лесных и кустарниковых культур механизированным способом. Ширина площадок принимается 8 – 10 м (реже 4 м).

Планировка террасами – выравнивание площадок с поперечным уклоном террас в сторону вышележащей в 1-2 градуса.

Внутренние и внешние отвалы имеют сравнительно ровную поверхность и не требуют много времени и мощного оборудования.

Чистая планировка земель – окончательное выравнивание поверхности и исправление микрорельефа при незначительных объемах земляных работ (обычно после усадки пород отвалов, крупных засыпанных выемок и провалов). Обычно проводится перед нанесением потенциально плодородных и плодородных земель через 1 – 2 года после отсыпки отвала.

Мелиоративная профильная планировка – равномерное размещение на спланированной рекультивируемой поверхности слоя экранирующих пород или пород, обеспечивающих создание искусственного водоупора.

Мелиоративная отделочная планировка – придание поверхности плодородного слоя почв на рекультивируемых землях проектных уклонов и устранение микропонижения глубиной более 5 м. Выравненной считается поверхность, когда микропонижения на участке длиной 3–5 м не превышают глубину 4–5 см.

15. СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

- Современные экологические проблемы РК;
- Инженерные природоохранные мероприятия;
- Малоотходное и безотходное производство;
- Утилизация и ликвидация твердых отходов;
- Радиоактивные отходы Казахстана.

15.1. Современные экологические проблемы Республики Казахстан

Казахстан не изолирован от проблем мировой цивилизации, которые не могут не влиять на экологическую обстановку страны.

Из всех проблем для Казахстана, как и для всех стран мира, на первое место выдвигается загрязнение окружающей среды.

В 1996 г. в Казахстане проведены широкомасштабные работы по экологическому районированию территории страны с выявлением неблагоприятной для жизнедеятельности окружающей природной среды. Особенно неблагоприятна ситуация с радиационной обстановкой.

Сегодня радиоактивная обстановка и на территории Казахстана определяется:



- деятельностью бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона;
- ядерными взрывами, выполненными для решения народнохозяйственных задач;
- деятельностью предприятий атомно-промышленного комплекса, использующих в своей деятель-

ности радиоактивные материалы;
- глобальными выпадениями;
- естественной радиоактивностью.

Статус зоны экологического бедствия имеют два региона Республики Казахстан: 1-й – Аральский (Казахстанская часть Приаралья) и 2-й – Семипалатинский (Семипалатинская область, районы Павлодарской, Восточно-Казахстанской, Карагандинской областей) регионы. Зоны подразделены на подзоны. Аральский регион: подзоны экологической катастрофы, экологического кризиса и предкризисного состояния; Семипалатинский регион: подзону чрезвычайного радиационного риска, свыше 100 бэр; зону максимального радиационного риска, 35 – 100 бэр; подзону повышенного радиационного риска, 7 – 35 бэр; подзону минимального радиационного риска, 0,1 – 7,0 бэр; территорию с льготным социально-экономическим статусом, меньше 0,1 бэр.

Известно, что на территории Казахстана за период с 1949 г. произведено 510 ядерных взрывов. В том числе – 470 на Семипалатинском полигоне, 8 – на полигоне Капустин Яр, 1 – в Актюбинской, 17 – в Атырауской (полигон АЗГИР), 1 – в Акмолинской, 7 – в Западно-Казахстанской, 3 – в Мангистауской, 2 – в Шымкентской, 1 – в Кустанайской областях. Эти взрывы образовали суммарную активность 12,9 млн. Кюри с преимущественной ее локализацией в эпицентрах. Предприятия только уранодобывающей и перерабатывающей промышленности Казахстана накоплено 419 млн.т (252 тыс.Кюри) радиоактивных отходов. Общий объем радиоактивных отходов неурановых предприятий, энергетических и исследовательских реакторов предварительно оценен в 233 млн.т, суммарной активностью 13 млн.Кюри.

Предельно-допустимая доза облучения для людей в населенных пунктах – 5 мЗВ/год (или 0,5 бэр/год). Для специалистов – 50 мЗВ/год (или 5 бэр/год). Различные источники радиации приводят к повышенному облучению человека, превышающему как фоновое облучение (естественный фон), так и предельно допустимую дозу. Превышение допустимых доз приводит к злокачественным новообразованиям и генетическим мутациям.

Так, при облучении в 450 бэр погибают 50 % облученных – тяжелая степень лучевой болезни; при 100 бэр – нижний уровень развития легкой степени лучевой болезни; 75 бэр – кратковременные незначительные изменения состава крови; 30 бэр – облучение при рентгеноскопии желудка (местное); 25 бэр – допустимое аварийное облучение персонала (разовое); 10 бэр допустимое ава-рийное облучение населения (разовое); 5 бэр – допустимое облучение персонала в нормальных

условиях за год (компьютеры); 3 бэр – облучение при рент-генографии зубов; 500 мбэр/5 мЗВ – допустимое облучения населения в нормальных условиях за год; 100 мбэр/1 мЗВ – фоновое облучение за год; 1 мкбэр – просмотр одного хоккейного матча по ТВ.

Проблемой суперрегионального масштаба является *высыхание Аральского бессточного моря* (рис. 15.1).



Рис. 15.1. Высыхающий Арал

Поверхность моря находится на отметке 52 м над уровнем Мирового океана, на 80 м выше уровня Каспийского моря. Максимальная глубина моря 68 м, преобладающая – 30 м и средняя – всего 16 м. В море впадает две реки – Аму-Дарья и Сыр-Дарья. Возможность усыхания моря была прогнозирована еще в 60-х годах. Основной причиной является интенсивный водозабор воды рек на орошение. В результате сильного отступления воды здесь наблюдаются опустынивание, солевые и пыльные бури. Спасти Арал в первозданном виде невозможно, реально лишь поддерживать определенный уровень воды.

Одной из тревожных проблем является *Каспийская*. Поскольку Казахстан входит в пятерку ведущих стран мира по запасам природных ресурсов, экономическое благополучие будет строиться на их использовании. В настоящее время интенсивно развивается нефтепромысловая отрасль, продукция которой – нефть – будет, в основном, экспортироваться. Предполагается многовекторная транспортировка нефти (трубопроводным, морским, речным, автомобильным, железнодорожным путями): Каспийским трубопроводным консорциумом (КТК); Баку-Джейхан – от казахстанского побережья до Баку (по дну моря) далее морским в турецкий порт Джейхан – экологические последствия непредсказуемы. Транспортировка по Китайскому проекту будет иметь протяженность 3268 км. В направлении на Иран предпо-

лагается сухопутная транспортировка протяженностью 1600 км – наиболее привлекательная для нашей страны, однако неприязненная для США. Согласно Конвенции ООН по морскому праву прибрежные государства имеют право на территориальные воды, исключительную экономическую зону и континентальный шельф. Сложности, связанные с разделом Каспия между Россией, Казахстаном, Туркменией, Ираном, Азербайджаном, могут вылиться в вооруженный конфликт.

Для снижения количества выбросов и сбросов загрязняющих веществ в природную среду разработана регламентация выбросов и сбросов (смотри «Нормирование загрязняющих веществ»).

Для снижения воздействия промышленных предприятий на окружающую природную среду необходимо природоохранные мероприятия.

15. 2. Инженерные природоохранные мероприятия

Природоохранные мероприятия можно классифицировать по двум основным направлениям:

1) мероприятия, проводимые с целью предотвращения негативных воздействий на окружающую среду;

2) мероприятия, направленные на ликвидацию последствий вредных воздействий.

Раньше предпочтение отдавалось более дешевым и эффективным мероприятиям второй группы, теперь же чаще применяются мероприятия первой группы. Рассмотрим некоторые инженерные приемы защиты компонентов биосферы: атмосферы, гидросферы, литосферы.

Инженерные природоохранные мероприятия делят на две группы:

1. мероприятия, снижающие выброс загрязняющих веществ и уровень вредных воздействий;

2. мероприятия, позволяющие снижать степень распространения загрязняющих веществ и других вредных воздействий:

Мероприятия, снижающие выброс загрязняющих веществ и уровень вредных воздействий включают:

- совершенствование и внедрение малоотходных и безотходных технологий;

- изменение состава и улучшение качества используемых ресурсов (удаление серы из топлива, переход с угля на нефть или газ, с бензинового топлива на водородное и др.);

- внедрение очистных сооружений с последующей утилизацией улавливаемых отходов;

- комплексное использование сырья и снижение потребления ресурсов, производство которых связано с загрязнением среды;

- научно-исследовательские и научно-технические разработки, результаты которых стимулируют внедрение перечисленных выше мер – разработка стандартов на качество окружающей природной среды, оценка экологичес- кой емкости экосистем, проектирование новых технологий, создание системы эколого-экономических показателей хозяйственной деятельности и др.

Мероприятия, позволяющие снижать степень распространения загрязняющих веществ и других вредных воздействий включают:

- устройство санитарных охранных зон вокруг промышленных предприятий и на водных объектах, озеленение городов и поселков;

- оптимальное расположение промышленных предприятий и автотранспортных магистралей (с учетом гидрометеорологических факторов) для минимизации их отрицательных воздействий;

- строительство высоких и сверхвысоких труб, выпусков сточных вод различных конструкций для оптимизации условий их разбавления и др.;

- нейтрализация выбросов, их захоронение и консервация;

- доочистка используемых ресурсов перед поступлением потребителю (установка кондиционеров и воздуховодов для очистки воздуха в помещениях, метро, очистка водопроводной воды и др.);

- рациональная планировка городской застройки с учетом розы ветров и шумовых нагрузок и др.

Создать идеальную технологию – безотходную - невозможно. Поэтому еще долго человек будет создавать совершенствованные технологии очистки вредных выбросов в атмосферу и сточных вод, т.к. в производстве продолжают внедряться недостаточно совершенные технические решения.

Многочисленные инженерные решения защиты компонентов окружающей природной среды рассматриваются в курсе инженерной экологии, поэтому в данном курсе рассмотрим лишь принципиальные схемы очистки выбросов в атмосферу и сточных вод, а также размещения, детоксикации и утилизации твердых отходов.

15.3. Малоотходное и безотходное производство

Для кардинального решения проблемы экологии, снижения ресурсоемкости и энергоемкости производства необходимо обеспечить кругооборот сырья, утилизировать вторичные ресурсы, полностью использовать все, что добывается из недр, на основе комплексной переработки, т. е. перестроить производство таким образом, чтобы технологии стали максимально безотходными, экологически чистыми и экономически выгодными Эти технологии заимствуют свои принципы у природы: отходы одних организмов являются важнейшим ресурсом для других. Например, харьковскими учеными создана технология извлечения графита из копоти металлургических заводов; ее внедрение позволяет отказаться от добычи графитовых руд, исключить складирование отходов производства, улучшить состояние атмосферы.

Малоотходная технология – такой способ производства, который обеспечивает максимально эффективное использование сырья и энергии, с минимумом отходов и потерь энергии.

Создание мало- и безотходных технологий или чистых технологических процессов, производств и территориально-производственных комплексов является сложной, комплексной, многостадийной и многоуровневой задачей.

Главное условие малоотходной технологии – повторное использование материальных ресурсов, позволяющее экономить сырье и энергию, уменьшить образование отходов.

В комплекс мероприятий по сокращению до минимума количества вредных отходов и уменьшения их воздействия на окружающую среду входят:

- разработка систем переработки отходов производства во вторичные материальные ресурсы;

- разработка бессточных технологических систем и водооборотных циклов на основе очистки сточных вод;

- создание и выпуск новых видов продукции с учетом требований повторного ее использования;

- создание принципиально новых производственных процессов, позволяющих исключить или сократить технологические стадии, на которых происходит образование отходов. Перспективным направлением охраны окружающей среды и рационального природопользования является биотехнология.

Биотехнология – направление науки о методах и приемах получения продуктов с помощью живых организмов, в первую очередь микроорганизмов, позволяющая решать ряд прикладных задач:

- биологическую очистку природных и сточных вод от органических и неорганических загрязняющих веществ;

- утилизацию осадков сточных вод и твердых бытовых отходов методом брожения;
- восстановление почв, загрязненных органическими веществами с помощью микроорганизмов;
- нейтрализацию тяжелых металлов в осадках сточных вод и загрязненных почвах с использованием микроорганизмов;
- компостирование отходов (биологическое окисление);
- биологические фильтры-сорбенты для очистки загрязненного воздуха и др.

Наиболее рациональным решением проблемы охраны водоемов от загрязнения сточными водами является создание замкнутых систем водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий, т.е. использование очищенных сточных вод в системах оборотного водоснабжения. При этом свежая вода забирается из источников водоснабжения только для питьевых целей.

Городские сточные воды также иногда используют повторно на предприятиях разных отраслей. Использование биологически очищенных сточных вод в оборотных системах водоснабжения позволяет частично или полностью отказаться от свежей воды. Доля сточных вод в подпитке оборотных систем может составлять от 5 до 100 %. Замкнутые и оборотные системы водоснабжения - основа бессточных предприятий с локальными очистными установками, повторным использованием сточных вод и рекуперацией отходов (рис. 15.3).

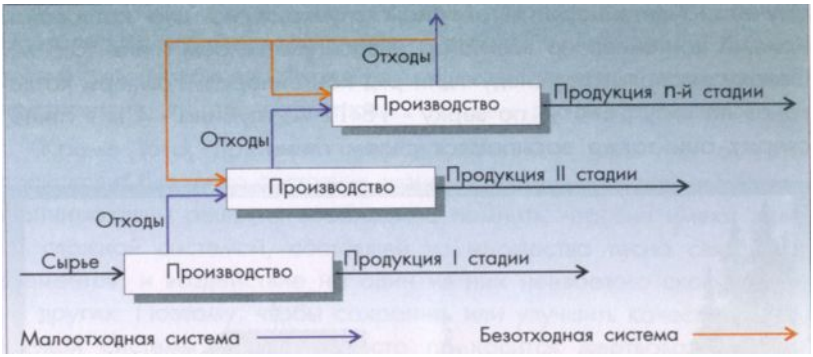


Рис. 15.3. Схема малоотходной и безотходной технологических схем производства

Конечная цель безотходного производства достигается при про-

хождении нескольких ступеней переработки отходов всех видов. Система малоотходна, если на n-й стадии производства, выделяемые отходы незначительно воздействуют на окружающую среду. Она считается безотходной, когда отходы II-й стадии вновь поступают в производство или становятся совершенно безвредными.

15.4. Утилизация и ликвидация твердых отходов

Состояние учета, утилизации, использования, обезвреживания и захоронения промышленных, бытовых и иных отходов в Казахстане остается крайне неудовлетворительным.

На начало 1996 г. в республике накоплено более 20 млрд.т промышленных отходов. Промышленные отходы, включая токсичные, до настоящего времени складируются и хранятся в различных накопителях без соблюдения каких-либо экологических норм и требований. В результате чего подземные и поверхностные водные ресурсы многих регионов республики подвержены интенсивному загрязнению; к примеру, только в Актюбинской области – шестивалентным хромом, бором.

В поиске надежного механизма защиты от экологически необоснованного использования, удаления и перемещения опасных отходов в 1989 году многими странами мира была принята Базельская конвенция «О контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением».

Для решения подобных проблем в Казахстане требуется создание единой сети управления отходами.

Следует отметить, что в настоящее время в мире нет единой универсальной классификации отходов. Для успешного использования отходов, четкого взаимодействия элементов процессов утилизации и обезвреживания необходимы знания основных классификационных признаков отходов: физико-химический состав, метод переработки и обезвреживания, тип образования отходов, степень санитарно-токсикологической опасности.

Как известно, отходы бывают жидкими и твердыми, газы же, выпускаемые в атмосферу через трубы, относятся к эмиссии производства и не считаются отходами. Однако для снижения выбросов газов в атмосферу применяют различные физико-химические технологические процессы (фильтры, циклоны, скрубберы, абсорберы и др.), в результате которых появляются твердые или жидкие отходы, например,

осадки на фильтрах, продукты реакций, продукты сгорания – зола и промывные воды, коттрельное молоко.

Обычно отходы делят на: мусор (5 %) и промышленные (специальные) отходы (95 %).

Мусор в основном складируется в отвалах и свалках. В Казахстане он мало сжигается и практически не закладывается в компосты, и тем более не направляется на вторичную переработку. Например, в Казахстане мусороперерабатывающий завод имеется только в г. Алматы, который в данный момент не функционирует.

Промышленные отходы в большинстве своем складируются. Так, труднорастворимые материалы и промышленные шламы практически полностью закладывают на долговременное хранение, специфические производственные и вредные вещества закладывают в большом количестве, но значительную их часть сжигают (например, трупы животных и т.п.). Вторичной переработке подвергается незначительное количество отходов.



На наш взгляд, удобно разделение отходов на: *бытовые* (коммунальные), *промышленные* (отходы производства: остатки и потери сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшихся при производстве продукции или выполнении работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства), *отходы производственного потребления* (изделия и материалы, физически и морально устаревшие), а также *опасные* (токсичные) и *радиоактивные* отходы.

Казахстан является крупным промышленным регионом. Здесь развиты нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая, горнодобываю-

щая, металлургическая, энергетическая, химическая и др. отрасли промышленности и потому антропогенная нагрузка на регион приближается к критической. Каждая отрасль продолжает поставлять в окружающую природную среду отходы производств: вскрышные породы, хвосты обогащения, шлаки, шламы, золы, нефте-шламы, буровые растворы, сточные воды, осадки после очистки промышленных сточных вод, пыли, огарки и другие отходы.

Следует отметить, что промышленные отходы многие годы складировались в специально отведенных хвостохранилищах, отстойниках, отвалах, претерпевая физико-химические изменения в результате многолетнего хранения; во многих городах промышленные и бытовые отходы складировались вместе. В связи с этим, при создании единой сети управления отходами необходимо это учесть и разработать:

1. механизм управления отходами функционирующих предприятий – источников образования «свежих» отходов;

2. механизм управления отходами, годами складируемыми на огромных территориях, изменивших свои составы и свойства под действием климатических и иных условий;

3. механизм управления промышленными отходами, складируемыми вместе с бытовыми.

Так, важным требованием для *первой группы* будет внедрение экологически чистых и совершенствование действующих технологий:

- исключающих или снижающих до минимума образование отходов;

- управление качеством малотоксичных отходов;

- включающих повторное использование, рецикл и восстановление или извлечение полезных компонентов из них в том же процессе (цехе, предприятии, регионе);

- повторное использование или извлечение должно иметь безусловный приоритет перед складированием или захоронением;

- исключение сжигания отходов или снижение его до минимума (в случае использования их энергии).

Таким образом, для действующих предприятий переработка промышленных отходов должна являться составной частью технологии, по которой они образуются, т.е. заключительной составляющей «петли качества в управлении качеством на предприятии» согласно международной экологической стандартизации серии ИСО. При этом технологический процесс должен потреблять минимальное количество реагентов и энергозатрат, а продукт вторичной переработки должен обладать потребительской ценностью.

Важным моментом при управлении отходами этих предприятий будет переработка и обезвреживание бытовых и токсичных отходов. Для этого необходим непрерывный контроль опасных отходов – от мест их образования до места захоронения; учет предприятий, производящих такие отходы и вывозимых их с предприятия. Несомненно, наилучший способ «борьбы» с опасными отходами - их вторичное использование для других целей или извлечение из них ценных компонентов. В ряде случаев это осуществимо. Например, отработанные токсичные растворители из отходов электронной промышленности еще сохраняют качества, позволяющие применять их вместо новых в некоторых производствах.

Отходы, которые не могут быть каким-либо способом использованы пов- торно, необходимо перевести в менее опасные, нетоксичные или малотоксичные путем химической обработки. Например, едкие вещества (кислоты и щелочи) можно без труда нейтрализовать, попутно осадив токсичные тяжелые металлы в осадок.

Такие процессы обычно обходятся дешевле, если осуществлять их в крупных региональных центрах. Такие центры могут организовать смешивание отходов разного происхождения, способных взаимно обезвреживать друг друга. Так, например, можно нейтрализовать кислые и щелочные отходы.

Органические материалы, содержащие небольшие количества тяжелых металлов, можно обезвреживать биологическими методами. Например, компостировать отходы и использовать их в качестве удобрений, распределяемых на больших площадях земли для разложения их почвенными микроорганизмами. Такими способами можно обезвредить все отходы, содержащие пестициды, фенолы, тринитротолуол, а также отходы бумажного производства. При этом необходим тщательный контроль за тем, чтобы эти отходы не проникали в грунтовые воды до их детоксикации. Более безопасный, но и более дорогой метод удаления отходов – сжигание их в высокотемпературных печах. Новейшие печи подобного типа обеспечивают разрушение не меньше чем 99,99 % органического материала.

Опасные отходы можно закачивать в глубокие скважины. Однако в результате глубокой закачки отходов могут произойти взрывы и даже землетрясения.

Несмотря на перечисленные возможности, существует еще много материалов, которые не извлекаются и не используются повторно, содержат очень большие количества тяжелых металлов, чтобы сжигать такие отходы или разлагать биологическим методами, или оказываются слишком вязкими, чтобы закачивать их в скважины. Такие отходы

обычно захоранивают на мусорных свалках. Наилучшим подстилающим грунтом для захоронения отходов служит глина, поскольку она менее проницаема, чем любые другие виды грунта. Глина должна быть покрыта слоем другого материала (например, полиэтиленовой пленкой определенной толщины, пластиком), т.к. некоторые органические вещества вступают в реакции с глиной, что может привести к утечке загрязняющих веществ. Примерно так готовится площадка для кучного извлечения золота цианистыми растворами.

Отходы, захораниваемые на свалках, могут дополнительно обезвреживаться переводом их в твердое состояние при помощи, например, цемента, топочной золы ТЭЦ, асфальта или органических полимеров.

Управление же отходами *(вторая группа),* накопленными за многие годы требует создания кадастра отходов.

Сведения, обобщенные в кадастре, позволят целенаправленно ориентироваться в конъюнктуре техногенного сырья по каждому крупному отвалу твердых отходов, принимать и обосновывать технические решения и организационные методы, направленные на эффективное и рациональное использование их в народном хозяйстве. По кадастру возможно проведение экспертных оценок рациональных возможностей в отношении имеющихся техногенных образований, проводить маркетинг накопленных отходов, стимулировать предпринимательскую деятельность по переработке вторичных ресурсов, проводить поисковые научно-исследовательские работы по разработке.

Обезвреживание и утилизация твердых бытовых и промышленных отходов – последняя ступень очистки. Методы обезвреживания твердых отходов делятся на ликвидационные (решают санитарно-гигиенические задачи) и утилизационные (решают задачи экологии и экономики).

Выделяют биологические методы (разрушение органической части микроорганизмами), термические (сжигание на мусороперерабатывающих предприятиях, пиролиз), химические (гидролиз), механические (прессование с применением связующих на полигонах). Выбор метода для конкретного города зависит от местных условий и осуществляется на основе технико-экономического сравнения. Разрез полигона для захоронения твердых отходов показан на рис. 15.4.

Большая часть твердых промышленных отходов токсична, поэтому захоранивать их нужно в толще глины.

Особо вредные промышленные отходы принимают на полигон в герметически упакованных металлических контейнерах и захоранивают в глубоких котлованах. Кроме технологического паспорта, с каждой партией направляются два акта: в одном подтверждается герме-

тичность упаковки контейнера, в другом указываются название отходов, их количество и причины списания с учета. Контейнеры автокраном спускают на дно котлована. Каждый контейнер со всех сторон засыпают слоем глины (0,5 м). Сверху располагают следующий ряд контейнеров. Размеры котлованов по низу 10 х 4 м, по верху – 18 х 12 м, глубина – 4 м в глине, сверху они также засыпаются слоем глины.



Рис. 15.4. Разрез полигона для твердых отходов:
1– лесозащитная полоса; 2 – промежуточный изолирующий слой;
3 – твердые отходы; 4 – укрывающий наружный слой растительного грунта;
5 – естественное или искусственные водоупорное основание
(по М.И. Алексееву, Е.М. Пратасовскому, 1990)

В будущем большая доля потребности в сырье для промышленности должна удовлетворяться продуктами переработки промышленных и бытовых отходов. На рис. 15.5 дана структурно-логическая схема возможного воздействия отходов на компоненты природной среды.

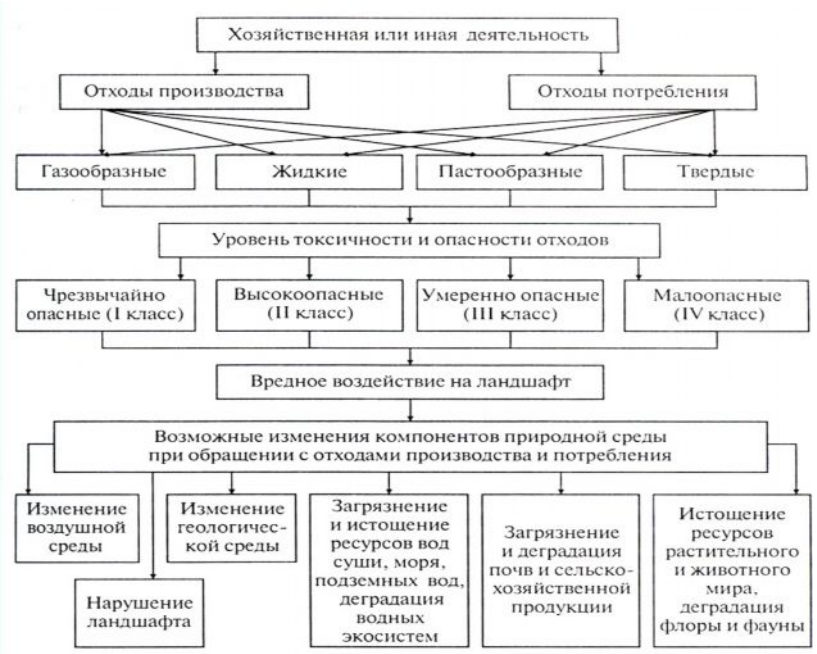


Рис. 15.5. Структурно-логическая схема возможного воздействия отходов на компоненты природной среды

15.5. Радиоактивные отходы Казахстана

Серьезной проблемой для Казахстана остаются радиоактивные отходы (РАО). Они классифицируются по нескольким признакам – удельной активности, периоду полураспада, источникам образования и физическому состоянию.

Классификация РАО по удельной активности является основной, т.к. в ней определяется граница удельной активности отходов, выше которой все массы РАО подлежат постоянному контролю по обращению и работе с ними, их транспортированию и захоронению. Контроль за соблюдением требований по обращению с РАО осуществляется особо уполномоченными органами (в РК – Комитет по атомной энергии и органы Госсанэпидемслужбы).

При неизвестном радионуклидном составе в РК за границу регламентируемых отходов принимается по суммарной альфа-активности значение 1000 Бк/кг, для бета-активности – 10000 Бк/кг.

При активности выше этой границы отходы подразделяются на низко-, средне- и высокоактивные.

Низкоактивные отходы обычно содержат очень малые количества радиоактивности внутри относительно больших масс самого материала. Они представляют малый риск опасности облучения по сравнению с высокоактивными отходами. Большая часть низкоактивных отходов при работе с ними не требует мер специальной защиты. Однако для некоторых низкоактивных отходов защита необходима. К среднеактивным отходам относят вещества с удельной активностью, в 100 раз превышающей уровень изъятия. Обычно они содержат небольшое количество самого материала, более опасны при работе и хранении по сравнению с низкоактивными отходами. Большая часть среднеактивных отходов требует спецзащиты.

Для высокоактивных отходов характерно очень высокое тепловыделение в результате распада радионуклидов (свыше 2 кВт/м³). Они включают отработанное топливо (использованное) на АЭС, отходы радиохимических заводов по переработке отработавшего ядерного топлива и часть отходов от национальной оборонной деятельности, медицины (ампульные источники). Отдельные радиоактивные элементы в высокоактивных отходах довольно быстро распадаются. Другие остаются радиоактивными тысячи лет. При обращении с радиоактивными отходами используется дистанционная контрольная аппаратура. Все операции с отходами проводятся с помощью манипуляторов. В табл. 15.1 представлена классификация радиоактивных отходов.

Таблица 15.1

Классификация радиоактивных отходов

Жидкие радиоактивные отходы		Группа	*Твердые радиоактивные отходы*		
Группы	Удельная радиоактивность, Ки/л(Бк/л)		Мощность дозы гамма излучения на расстоянии 10 см от поверхности отходов (мбэр/ч)	*Удельная* бета-активность, Ки/кг (Бк/кг)	Удельная альфа-активность, Ки/кг (Бк/кг)
Слабоактивные (низкоактивные)	$<1\cdot10^{-5}$ ($<3{,}7\cdot10^{5}$)		0,03-30	$2\cdot10^{-6}$-$1\cdot10^{-4}$ ($7{,}4\cdot10^{4}$-$3{,}7\cdot10^{6}$)	$2\cdot10^{-7}$-$1\cdot10^{-5}$ ($7{,}4\cdot10^{3}$-$3{,}7\cdot10^{5}$)
Среднеактивные	$1\cdot10^{-5}$-1,0 ($3{,}7\cdot10^{5}$-$3{,}7\cdot10^{10}$)	I	30-1000	$1\cdot10^{-4}$-$1\cdot10^{-1}$ ($3{,}7\cdot10^{6}$-$3{,}7\cdot10^{9}$)	$1\cdot10^{-5}$-$1\cdot10^{-2}$ ($3{,}7\cdot10^{5}$-$3{,}7\cdot10^{8}$)
Высокоактивные	>1 ($3{,}7\cdot10^{10}$)	II	>1000	$>1\cdot10^{-1}$ ($3{,}7\cdot10^{9}$)	$>1\cdot10^{-2}$ ($3{,}7\cdot10^{8}$)

Классификация отходов по периоду полураспада. Период полураспада радиоактивных долгоживущих элементов составляет тысячи, миллионы и миллиарды лет. К ним относятся некоторые радионуклиды естественных рядов распада урана и тория и отдельные изотопы плутония и нептуния.

К коротко- и среднеживущим радиоактивным веществам относят радионуклиды с периодами полураспада от долей секунды до первых десятков лет. В образовании радиоактивных отходов основную роль играют среднеживущие – это почти все естественные нуклиды и техногенные – радиоизотопы цезия, стронция, бария, кобальта и др.

Классификация по физическому состоянию. Радиоактивные элементы бывают твердыми и газообразными. Кроме этих двух состояний могут быть и жидкими – в виде активных растворов в воде или же расплавов.

Истинно радиоактивные газообразные вещества технического происхождения представлены тритием (H-3) и изотопами благородных газов – аргона, криптона и ксенона. Они практически не создают радиоактивных отходов, т.к. рассеиваются в значительных объемах атмосферы в виде выбросов АЭС и при ядерных испытаниях. Но изотопы криптона и ксенона довольно быстро распадаются до Sr-90 и Cs-137 и могут создавать значительное загрязнение поверхности.

Rn-222 (радон) и Rn-220 (торон) присутствуют в атмосфере, особенно большие потоки их отмечаются при добыче и первичной переработке урановых, ториевых и ряда других руд.

Классификация по источнику образования. Радиоактивные отходы образуются при всех операциях цикла атомной энергетики, а также при изготовлении и испытаниях ядерного оружия. Кроме того, такого рода отходы образуются при добыче некоторых видов полезных ископаемых и в результате использования радионуклидов в науке, технике, медицине.

Отходы добычи и изготовления ядерного топлива. Руды, содержащие уран, добываются и затем подвергаются сложной физической и химической обработке для получения чистого урана с содержанием изотопа U-235 от 2 до 5 % в качестве топлива для исследовательских и энергетических реакторов и 20 – 40 % для атомного и термоядерного оружия.

При добыче урана горным способом на поверхность извлекаются огромные массы пород, из них лишь незначительная часть с концентрациями природного урана (обычно 0,03 – 0,05 %) вывозится на даль-

нейшую переработку и обогащение. Но встречаются и объемы пород, которые относятся к низкоактивным отходам, требующим захоронение. Эти отвалы могут представлять опасность с тем, что интенсивно выделяют Rn-222, который может под действием ветра распространяться в приземной атмосфере.

Следующий цикл переработки руды осуществляется на обогатительных фабриках. Из руды здесь извлекается концентрат, содержащий максимальные концентрации урана, остальная часть руды накапливается в хвостохранилищах. Хвосты горнорудных предприятий перекрываются достаточным слоем почвы, чтобы защитить людей и окружающую среду. Отходы этой группы являются самыми значительными по объему (97 % всех отходов) и широко распространены по территории Казахстана, т.к. в республике разведано и длительное время (более 40 лет) разрабатывалось большое количество (более 20) урановых месторождений.

Полная очистка урана от всех примесей происходит на гидрометаллургических заводах (Целинный горно-химический комбинат). Полученный оксид урана U_3O_8 направляется в Россию, где природная смесь обогащается ураном-235. Таблетки и твэлы изготавливаются на Ульбинском металлургическом заводе (г. Усть-Каменогорск).

Размещение радиоактивных отходов Казахстана. Важнейшие направления деятельности атомного комплекса Казахстана – собственно атомная энергетика и урановая промышленность – добыча и переработка урана, производство топливных таблеток для ядерных реакторов. В атомной промышленности Республики сейчас работают крупные предприятия по добыче и переработке урановой руды Национальной атомной компании «Казатомпром», заводы по производству реакторного топлива и материалов для атомной энергетики (ОАО «Ульбинский металлургический завод»). Являясь ведущим государством мира по запасам урана, Казахстан должен закрепиться на мировом рынке в качестве надежного поставщика урановой продукции.

Интенсивная разработка крупных месторождений урана в Казахстане (по разным оценкам, запасы его в республике соответствуют 25-30% мировых) и сорокалетние испытания ядерных устройств на Семипалатинском полигоне и других объектах создали огромную массу радиоактивных отходов различной активности, размещенных практически на всей территории республики. В 1993г. была проведена тщательная инвентаризация мест размещения отходов, составлены карты, подсчитаны объемы, определены условия их хранения.

Всего в кадастр занесено 529 мест хранения и захоронения РАО, в том числе:

- по уранодобывающей и перерабатывающей отрасли – 127;
- по не уранодобывающим отраслям (нефть, уголь, фосфориты, редкие металлы и т. п.) – 76;
- по ядерным взрывам – 16;
- по ядерным энергетическим установкам – 5;
- по предприятиям, работающим с продукцией фирмы «Изотоп»-305.

С учетом расположения радиоактивных объектов, инфраструктуры транспортных связей между областями выделены четыре региона: Западный, Восточный, Северный и Южный.

Территориальное размещение отходов. Основные массы радиоактивных отходов образуются на уранодобывающих и перерабатывающих предприятиях (93% общего РАО промышленности). Административно они расположены в Мангистауской (Прикаспийский ГМК), Кокшетауской, Торгайской, Акмолинской (Целинный ГХК), Жезказганской, Жамбылской, Шымкентской, Кызылординской и Восточно-Казахстанской (Ульбинский Мз и Иртышской ХМЗ) областях.

Детальная характеристика размещения низко- и среднеактивных РАО приведена в табл. 15.2, 15.3.

Таблица 15.2

Размещение низкоактивных РАО по регионам

Регион	Промышленность		Ядерные взрывы		Реакторы	
	тыс. т	Ки	тыс. т	Ки	тыс. т	Ки
Западный регион	121547	24505	0,3	20		
Северный регион	59253	158114				
Южный регион	33163	36226			3	50
Восточный регион	5451	3128	5800	11600	0,0	0,1
Итого	219414	221973	5800	11620	3	50

Таблица 15.3

Размещение среднеактивных РАО по регионам

Регион	Промышленность		Ядерные взрывы		Реакторы	
	тыс. т	Ки	тыс. т	Ки	тыс. т	Ки
Западный регион	8	4000	94	264000	9	19581
Северный регион	6	9000	1	3400		
Южный регион			1	3400	0,37	7000
Восточный регион	1153	17980	6422	12600000	0,01	1,13
Итого	1167	30980	6518	12870800	9,38	26582

Современное состояние мест размещения РАО. На уранодобывающих и перерабатывающих предприятиях созданы три типа хранилищ:
- терриконы и насыпи (отвалы);
- водоемы сбросных вод;
- спецмогильники.

Первые два типа были организованы на начальном этапе развития уранодобывающей отрасли, и, вероятно часть их не соответствует современным санитарным правилам обращения с радиоактивными отходами. При этом ни один проект хранилища не проходил государственной экологической экспертизы. Низкоактивные отходы отвалов и сбросных вод должны быть захоронены собственными силами предприятий в приповерхностных хранилищах после соответствующей экспертизы их проектов и строительства.

Возможно, что некоторые хранилища третьего типа (спецмогильника) смогут получить положительную оценку государственной экспертизы, т.к. при их строительстве предусматривались инженерные барьеры по защите ОС от воздействия захораниваемых радиоактивных отходов.

В связи с принятием Россией и другими соседними государствами законов, запрещающих ввоз радиоактивных отходов на захоронение, около 1500 предприятий РК испытывает трудности с утилизацией радиоактивных отходов.

Прогноз изменения объемов РАО в Казахстане. Прогноз исходит из потребности увеличения энергопотребления в стране, развития нефте- и уранодобывающих отраслей и изменения структуры производства электроэнергии.

Казахстан богат всеми видами энергетических ресурсов. Однако основой электроэнергетики является угольная энергетика, базирующаяся в основном на дешевых высокозольных экибастузских углях.

Составить какой-либо достоверный прогноз изменения объемов радиоактивных отходов в Казахстане на ближайшее десятилетие затруднительно. Разработка урановых месторождений (Кызылординская

и Южно-Казахстанская область, Южный регион) сопровождается ежегодным приростом низко активных отходов порядка 8–10 тыс. т.

Практика обращения с радиоактивными отходами. Несмотря на достигнутые успехи в области отработки способов удаления отходов, в обществе остается еще значительное беспокойство, особенно относительно безопасного захоронения высокоактивных отходов и отходов с большим периодом полураспада радионуклидов.

Обзор законодательной базы в сфере обращения с радиоактивными отходами:

- основу и принципы регулирования общественных отношений в области использования атомной энергии определяет Закон РК «Об использовании атомной энергии» от 14 апреля 1997 г.;
- общественные отношения в области обеспечения радиационной безопасности населения регулирует Закон «О радиационной безопасности населения» от 23 апреля 1998 г.

Для обеспечения безопасного обращения с РАО в международном сообществе выработан и согласован ряд принципов. Существуют 9 принципов обращения с РАО:

1) Защита здоровья человека;
2) Охрана окружающей среды;
3) Защита за пределами национальных границ;
4) Защита будущих поколений;
5) Бремя для будущих поколений;
6) Национальная правовая основа;
7) Контроль за образованием радиоактивных отходов;
8) Взаимозависимость образования РАО и обращения с ними;
9) Безопасность установок.

Классификация радиоактивных отходов для захоронения. С точки зрения окончательного удаления во многих странах принято разделение радиоактивных отходов на пять категорий (групп) в зависимости от периода полураспада, типа и уровня активности и тепловыделения (табл. 15.4). Отходы I,II и III групп (α-активность выше $2{,}7 \cdot 10^{-4}$ Ки/кг) подлежат захоронению в глубокие геологические формации. Отходы IV и V групп могут захораниваться в приповерхностных условиях.

Таблица 15.4

Общие характеристики различных категорий отходов с точки зрения их окончательного удаления

Группы отходов	Основные характеристики	Виды отходов

Отходы с долгоживущими радиоизотопами		
I. Высокоактивные	Высокий уровень α- и β-активности, значительное γ-излучение, высокая радиотоксичность, высокое тепловыделение	Высокоактивные отходы от переработки облученного топлива и не переработанное облученное топливо в топливных циклах с однократным использованием топлива.
II. Среднеактивные III. Низкоактивные	Средний уровень α- и β активности, значительное γ-излучение, средняя радиотоксичность, низкое тепловыделение Низкий уровень α- и β-активности, значительное γ-излучение, низкая и средняя радиотоксичность, низкое тепловыделение	Альфа активные отходы, включающие отходы среднего и низкого уровней активности, образующиеся в процессе переработки облученного топлива (оболочки твэлов, дистанционирующие решетки и другие конструкционные элементы твэлов, нерастворимые остатки от растворения топлива, ионообменные смолы и др.), а также отходы, образующиеся в процессе изготовления смешанного оксидного топлива. Некоторая часть отвалов горнодобывающих предприятий и хвостов рудообогатительных фабрик
Отходы с короткоживущими изотопами		
IV. Среднеактивные V. Низкоактивные	Средний уровень α- и β активности, значительное γ-излучение, средняя радиотоксичность, низкое тепловыделение Низкий уровень α- и β-активности, незначительное γ-излучение, низкая радиотоксичность, очень низкое тепловыделение	Отходы от эксплуатации, технического обслуживания и снятия АЭС с эксплуатации; отходы, образующиеся при аффинаже, конверсии, изготовлении топлива, а также на предприятиях по изготовлению радиоизотопов и от использования их в медицине, научно-исследовательских и учебных институтах, промышленности и других областях

Переработка отходов. Обычно отходы после их образования в целях уменьшения опасности обращения с ними и экономии средств подвергаются ряду процессов преобразования и перемещений перед окончательным или временным захоронением. Обобщенно эти процессы можно представить в такой последовательности:

сбор и сортировка по категориям;

обработка и обезвреживание;

кондиционирование;

транспортирование в пункт временного или постоянного захоронения;

постоянное или временное захоронение.

Сбор и сортировка РАО. Сбору и сортировке подвергаются все отходы, образующиеся в ядерном топливном цикле и ряде других отраслей промышленности.

При разработке урановых месторождений обычно сначала проводится сортировка поднятых на поверхность пород: в зависимости от содержания урана в руде вагонетки направляются в разные отвалы – от отвала пустых пород до отвала богатых руд. Массы рудных отвалов отправляются на дальнейшую переработку – на рудообогатительные фабрики, где происходит обогащение руды, и далее на гидрометаллургические заводы.

Дальнейший сбор и сортировка РАО происходят на заводах по обогащению и извлечению металлического урана и изготовлению топлива. Обычно при этих процессах используются различные органические и неорганические растворители, и образующиеся жидкие отходы, активность которых обусловлена только естественными радионуклидами, до переработки хранятся на территории заводов. Эти жидкие отходы относятся к средне- и низкоактивным (IV и V группы). Объемы отходов значительно ниже, чем при добыче и первичном обогащении руд.

Газообразные отходы, возникающие при работе реакторов, содержат радиоактивные благородные газы, а также йод и аэрозоли. Эти газы перед их выбросом в атмосферу через газоотводную трубу высотой 100–150 м проходят систему очистки и временной задержки на фильтрах.

Жидкие радиоактивные вещества, в основном водные растворы, образующиеся в процессе эксплуатации реакторов, до дальнейшей обработки находятся в специальных временных хранилищах на территории станции (бетонные емкости, облицованные нержавеющей сталью).

Твердые отходы работы АЭС – части и детали оборудования, использованный инструмент, израсходованные материалы – в ожидании переработки хранят во временных хранилищах в металлических ящиках.

Уменьшение объемов и обезвреживание РАО. Применяются 4 основных метода уменьшения объема отходов: прессование, обезвоживание, кристаллизация и сжигание. Прессование и сжигание используются преимущественно для низко- и средне активных отходов IV и V групп, образующихся в процессе эксплуатации АЭС.

Уменьшение объема жидких высокоактивных отходов и перевод их в твердую фазу после временной выдержки проводятся путем испарения, кристаллизации, пропускания через ионообменные смолы. В последнем случае из отходов извлекаются долгоживущие радионуклиды (в основном Sr-90 и Cs-137) и происходит частичное их обезвреживание.

Хранение отходов перед захоронением. Важнейшим этапом до удаления отработавшего топлива в глубинные захоронения является

их временное близповерхностное хранение. Различают прireакторное хранение и контролируемое долговременное хранение в автономных региональных хранилищах, куда топливо после 3 – 10-летней выдержки в прireакторных водных бассейнах направляется на долговременное хранение (до 40 – 50 лет). Временное хранение может быть сухим и водным.

Сухое хранение – утверждающийся в настоящее время метод, но в мире уже имеется не менее 30 мест сухого хранения различными способами: в шурфах (в Японии – 1, в США – 2), в металлических контейнерах (в Германии – 5, в США – 1, в Швейцарии и России – по 2).

Водное хранение применяется чаще, чем сухое. Емкость водного хранилища обычно 5–10 тыс.т отработавшего топлива. Для обеспечения безопасности конструкции собственно хранилища располагаются под землей. Подземное водное хранилища CLAB (Швеция) может считаться примером удачного технического решения. Оно состоит из пяти емкостей по 3000 м^3 каждое. При хранении обеспечена высокая степень безопасности. Выброс активности в воздух и в воду обуславливает эффективную добавочную дозу для населения не более 0,1 мЗв/год.

Стоимость хранения 1 кг отработавшего топлива составляет от 45 до 220 долл. США при водном и от 33 до 83 долл. США при сухом способе.

16. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

- Экологический контроль;
- Мониторинг;
- Мониторинг биосферы; Гидробиомониторинг;
- Единая государственная система мониторинга окружающей среды и природных ресурсов;
- Структура системы мониторинга;
- Расчет индексов загрязнений: ИЗА, ИЗВ;
- Пример проведения мониторинга на радиоактивность.

16.1. Экологический контроль

Человек всегда наблюдал за *естественными изменениями* в биосфере, которые стали заметными лишь через продолжительное время. Естественные экосистемы, благодаря своим уникальным свойствам, быстро восстанавливаются и возвращаются в начальное состояние. Однако усилившаяся *антропогенная нагрузка* значительно ускорила изменения в окружающей природной среде, а восстановительная способность экосистем заметно замедлилась.



Сегодня естественные изменения изучаются геофизическими службами: гидрометеорологической, сейсмической, ионосферной, гравиметрической, магнитометрической и др. Для наблюдений за антропогенным воздействием на окружающую природную среду служит экологический мониторинг, входящий в состав экологического контроля, который, в свою очередь, охватывает не только наблюдение, но и проверку выполнения природоохранных мероприятий.

На рис. 16.1 представлены задача, структура, объекты, формы, методы экологического контроля.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

→ *Задача экологического контроля*

1. ***наблюдение*** **за состоянием ОПС и ее изменением под влиянием хозяйственной и иной деятельности;**
2. ***проверка*** **выполнения планов и мероприятий по охране природы, рациональному использованию природных ресурсов, оздоровлению окружающей природной среды, соблюдения требований природоохранительных законов и нормативов качества окружающей природной среды.**

→ *Система экологического контроля*

1. **государственной службы наблюдения за состоянием окружающей природной среды;**
2. **государственного контроля;**
3. **производственного контроля;**
4. **общественного контроля.**

→ *Основные объекты экологического контроля*:

1. **состояние природной среды;**
2. **выполнение обязательных мер по охране окружающей среды;**
3. **соблюдение экологического законодательства.**

→ *Формы экологического контроля*:

1. **информационная;**
2. **предупредительная;**
3. **текущий;**
4. **карательная.**

→ *Методы экологического контроля*:

1. **Наблюдение, сбор и обобщение информации;**
2. **Проверка соблюдения экологического законодательства и выполнения обязательных мер по охране окружающей среды юридическими лицами и гражданами;**
3. **Проведение государственной экологической экспертизы;**
4. **Предупреждение и пресечение экологических правонарушений;**
5. **Ограничение, приостановление, прекращение экологически вредной деятельности;**
6. **Наложение штрафа, конфискация орудий правонарушения и незаконно добытой продукции.**

Рис. 16.1. Задача, структура, объекты, формы, методы экологического контроля

Чтобы выделить изменения в биосфере в результате антропогенной деятельности *на фоне естественных изменений* необходимы специальные наблюдения. В систему экологического контроля, а именно систему наблюдений за изменением состояния окружающей природной среды – входит мониторинг.

16.2 Мониторинг

Мониторинг **– система регулярных, длительных наблюдений в пространстве и во времени, дающая информацию о состоянии окружающей среды с целью оценки прошлого, настоящего и прогнозов на будущее параметров окружающей среды, имеющих значение для человека (Программа ЮНЕСКО, 1974).**

Мониторинг – это система контроля, оценки и прогноза качества окружающей природной среды, включающая наблюдения за воздействием на нее человека.

Мониторинг проводится с целью обеспечения принятия управленческих и хозяйственных решений в области ООС и использования природных ресурсов (рис.16.2).

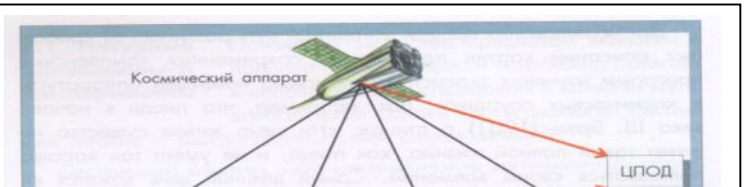


Рис. 16.2. Схема трехуровневой системы наблюдения (по Усанову Б.П., 1992);

Основные функции мониторинга:

Основными функциями мониторинга являются:

– контроль за качеством атмосферного воздуха, воды, почвы и других компонентов биосферы;

– определение основных источников загрязнений и т.п.

Классификация мониторинга. ***Мониторинг различается (рис.16.3.):***

- по масштабам обобщения информации: глобальный, национальный, региональный, локальный; (глобальный мониторинг представляет собой систему слежения за изменением биосферных процессов, включая антропогенные воздействия; наблюдения за локальными и региональными антропогенными воздействиями в опасных зонах объединены в импактный мониторинг);

- по методам ведения: биологический (с помощью биоиндикаторов), дистанционный (авиационный, космический);
- по объектам наблюдения: атмосферный, воздушный, водный, почвенный, растительности, животного мира, здоровья населения и т.д.).

МОНИТОРИНГ

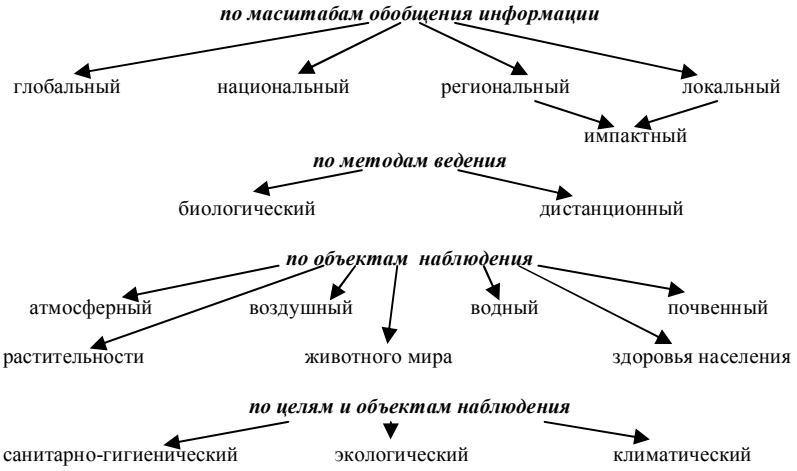


Рис. 16.3. Виды мониторинга

Глобальная система мониторинга окружающей среды показана на рис.16.4.



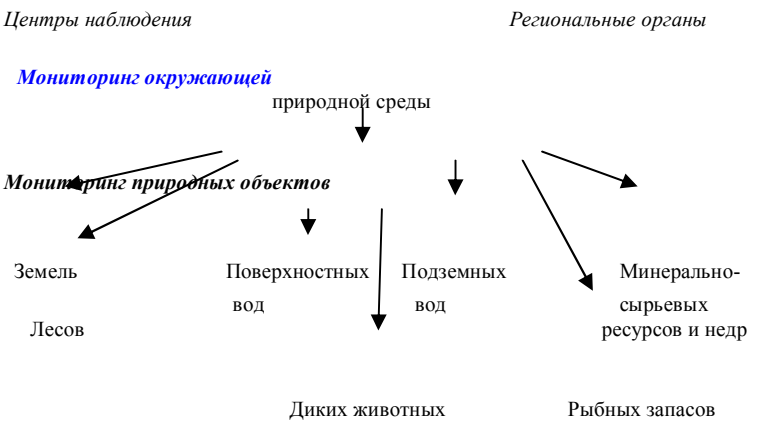


Рис. 16.4. Глобальная система мониторинга окружающей среды
(по Культелееву С.Т., 2001)

Виды мониторинга. В зависимости от целей и объектов наблюдений мониторинг можно подразделить на 3 главных вида:

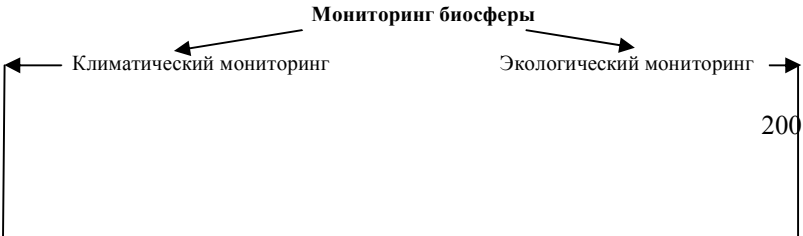
1. санитарно-гигиенический;
2. экологический;
3. климатический.

Санитарно-гигиенический мониторинг осуществляет контроль за загрязнением окружающей среды и сопоставляет ее качество с гигиеническими ПДК, разработанными для защиты здоровья населения.

Экологический мониторинг осуществляет оценку и прогноз антропогенных изменений в экосистемах и ответной реакции биоты и экосистемы в целом на эти изменения.

Климатический мониторинг осуществляет службу контроля и прогноза колебаний климата. От экологического мониторинга он отличается тем, что охватывает только те сферы, которые влияют на формирование климата: атмосферу, ледяной покров, океан и др.

Мониторинг биосферы. Гидробиомониторинг. Информацию собирают гидрометео- и санитарно-эпидемиостанции, заповедники (в виде летописи природы), ведомства (в виде кадастров природных ресурсов) в соответствии с заранее установленным графиком в определенных пунктах и в определенный период времени с использованием сопоставимых методов измерений и сбора данных (рис.16.5, 16.6) .



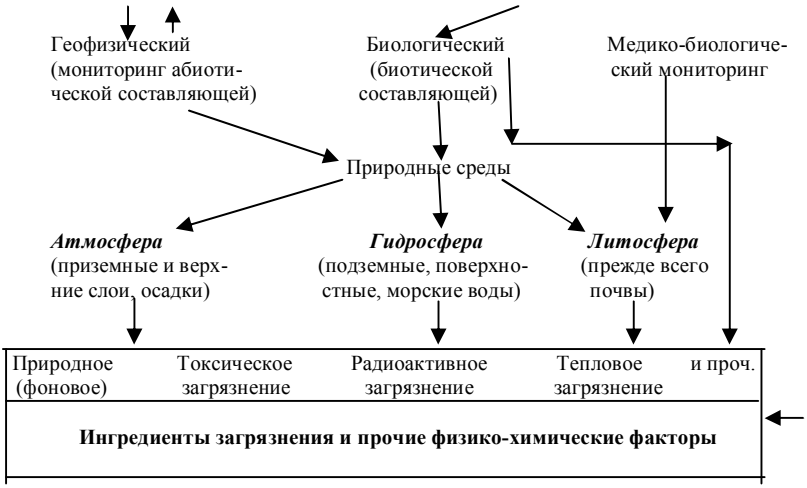


Рис. 16.5. Мониторинг биосферы (Алексеев В.А., 1998)

Биодиагностика – выявление причин или факторов изменения состояния среды на основе видов-биоиндикаторов. Включает в себя биотестирование.

Биотестирование – оценка (преимущественно в лабораторных условиях) качества объектов окружающей среды с использованием живых организмов.

Биоиндикатор – организм, группа особей одного вида по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменениях в среде, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей. Для биоиндикации воздуха экологами используются лишайники и высшие растения (сосна, липа и др.). Показатель самой чистой воды – форель (в природе она обитает в чистой, проточной воде), а в самой грязной – карп (живет в стоячей воде прудов). Существует система сапробных индикаторных организмов (в основном беспозвоночных), живущих в природных водоемах с разной степенью естественного загрязнения (весенних лужах, ручьях, реках, озерах, прудах). Пчелы очень чувствительны к загрязнению воздуха медью, фтором и мышьяком, канарейки – к увеличению метана в воздухе шахт.

Гидробиомониторинг



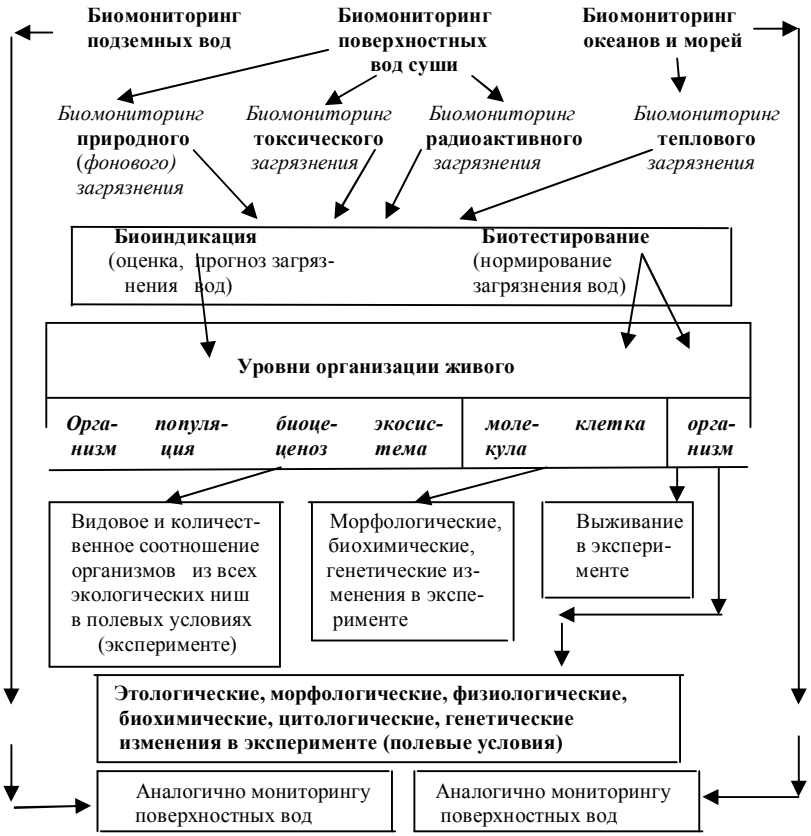


Рис. 16.6. Гидробиологический мониторинг и место в нем биологической индикации и биотестирования качества поверхностных вод (Алексеев В.А., 1998)

Растение астрагал показывает на загрязненность местности селеном, определенный вид базилика – на наличие медных руд. Существуют растения-индикаторы, указывающие на присутствие урана, кобальта, золота, серебра; 3–4 пчелиные семьи могут дать более точную информацию о загрязнении окружающей среды в большом промышленном районе, чем санитарные станции, оснащенные точными приборами. С помощью дафний в воде можно обнаруживать примесь наркотиков. Индикатором накопления ртути в организме человека являются волосы человека. Ртуть и мышьяк аккумулируются в роговых и волосяных покровах живот-

ных и перьях птиц. Лишайники аккумулируют радиоактивность. К диоксиду серы чувствительны (в порядке убывания) ель, пихта, сосна, лиственница; к озону – табак, томаты, цитрусовые и т.д.

16.3. Единая государственная система мониторинга окружающей среды и природных ресурсов

В Республике Казахстан создается и действует Единая государственная система мониторинга окружающей среды и природных ресурсов.

Государственный мониторинг опирается на *производственный мониторинг* окружающей среды.

Государственный мониторинг включает:

- **проведение по определенной программе наблюдений за состоянием окружающей среды и природных ресурсов, а также источниками антропогенного воздействия на них (Закон РК «Об охране ОС», ст. 24-25);**
- **оценку состояния указанных объектов наблюдений;**
- **прогноз их изменений.**

Производственный мониторинг обязателен для юридических лиц-природопользователей, которые ведут учет и отчетность о воздействии, осуществляемом хозяйственной деятельностью на окружающую среду, передаваемые в специально уполномоченные исполнительные органы РК в области охраны окружающей среды, в согласованные с ними сроки.

16.3.1. Структура системы мониторинга. Виды наблюдений

Структура системы мониторинга включает 4 основных блока (рис.16.7):

- наблюдения;
- оценки фактического состояния;
- прогноза состояния;
- оценки прогнозируемого состояния.

Мониторинг должен включать следующие наблюдения за:

1. источниками и характером воздействия;
2. состоянием окружающей природной среды экосистем и био-

сферы в целом;

3. фоновым состоянием наблюдаемых объектов.

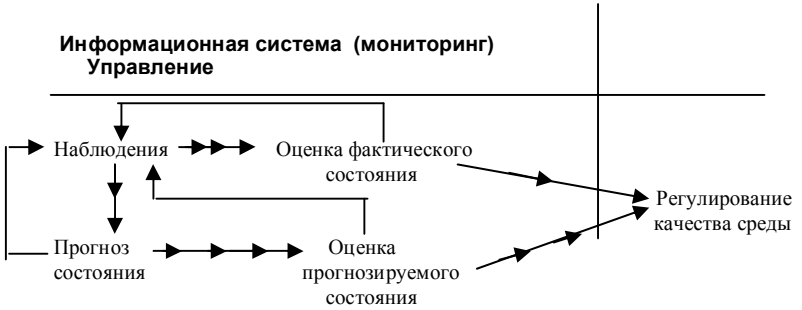


Рис. 16.7. Блок-схема системы мониторинга (по Израэлю, 1979)

Наблюдения могут быть:

1. периодические;
2. непрерывные (по важнейшим показателям);
3. в виде точечных измерений на сетке станций;
4. площадные съемки;
5. комбинация этих приемов;
6. авиационные;
7. спутниковые.

Чтобы выделить антропогенные воздействия, необходима информация о фоновом состоянии биосферы (первоначальное состояние экосистем).

Оценка состояния экосистемы осуществляется с учетом показателей или условных индексов, разработанных для атмосферы, гидросферы, литосферы. Пока нет унифицированных показателей – критериев качества.

Например, в санитарно-гигиеническом мониторинге используют следующие показатели качества элементов природной среды (рис.16.8).

16.3.2. Расчет индексов загрязнений (ИЗ)

1)определяется степень отклонения концентрации каждого загрязняющего вещества от его ПДК;

2) полученные величины объединяются в суммарный показатель, который учитывает воздействие нескольких веществ.

Расчет индексов загрязнения атмосферного воздуха. Для оценки загрязненности атмосферного воздуха используется индекс загрязненности атмосферы и обозначают ИЗА, а качества поверхностных вод – ИЗВ.

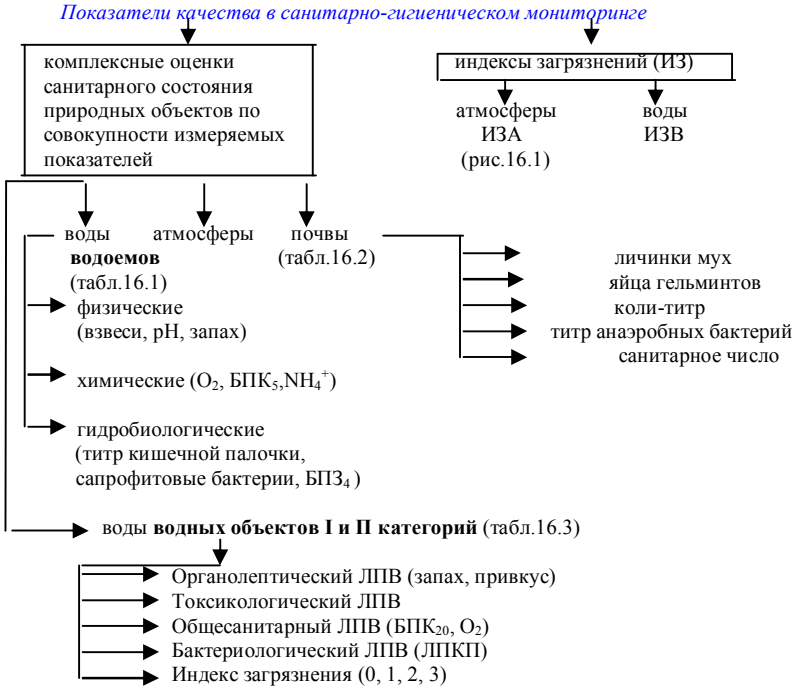


Рис.16.8. Показатели качества элементов природной среды

Расчет ИЗА начинается с нахождения отношения измеренной концентрации i-го вещества C_i к его $ПДК_i$ (A_i):

$$A_i = C_i / ПДК_i , \qquad (16.1)$$

а – принимает значения от 1 до 9; БПЗ – биологический показатель загрязнения, т.е. отношение числа одноклеточных организмов, не содержащих хлорофилла (В), к общему числу одноклеточных, включая

водоросли, содержащие хлорофилл (А); БПЗ =В/(А+В)·100%; ЛПКП – число колоний лактозоположительных палочек в 1 л воды.

По величине A_i можно оценить действие концентраций различных веществ в сопоставимых единицах.

Далее вводят весовые коэффициенты для учета характера воздействия веществ, а также выбирают вид функции φ.

Таблица 16.1

Комплексная оценка санитарного состояния водоема по совокупности физических, химических и гидробиологических показателей (по С.М.Драчеву, 1964, с изменениями)

Степень загрязнения	Физические показатели			Химические показатели			Гидробиологические п-ли		
	Взвешенные вещ-ва, мг.л	pH	Запах, баллы	0_2, %	$БПК_5$ мг/л	NH_4^+, мг/л	Титр кишечной палочки, мл	Сапрофитн. бактерии, кол/мл	$БПЗ_4^2$, %
Очень чистые	1 – 3	6,5 - 8,0	1	95	0,5 - 1,0	0,05	10 - 100	$a \cdot 10^1$	0 – 5
Чистые	4 – 10	6,5 - 8,5	2	80	1,1 - 1,9	0,10	< 10'	$a \cdot 10^2$	6 – 10
Умеренно загрязненные	11 – 19	6,0 - 9,0	3	70	2,0 - 2,9	0,20 - 0,30	$< 5 \cdot 10^2$	$a \cdot 10^3$	11-20
Загрязненные	20 – 50	5,0 - 6,0 9,0 - 10,0	4	60	3,0 - 3,9	0,40 - 1,00	$< 5 \cdot 10^2$ $5 \cdot 10^3$	$a \cdot 10^4$	21- 60
Грязные	51 – 100	5,0 - 6,0 9,0 - 10,0	5	30	4,0 - 10,0	1,10 - 3,00	$<5 \cdot 10^3$ $1 \cdot 10^3$	$a \cdot 10^5$	61- 99
Очень грязные	> 100	2,0 - 4,0 11,0 - 3,0	> 5	0	> 10,0	> 3,0	$< 1 \cdot 10^{-3}$	$> a\ 10^6$	100

а – принимает значения от 1 до 9.

БПЗ – биологический показатель загрязнения, т.е. отношение числа одноклеточных организмов, не содержащих хлорофилла (В), к общему числу одноклеточных, включая водоросли, содержащие хлорофилл (А). БПЗ=В/(А+В)· 100 %.

Таблица 16.2

Комплексная оценка санитарного состояния почв
(по Г. В. Стадницкому, А. Н. Родионову, 1996)

Состояние Почвы	Показатели				
	Личинки мух в 0,25 $м^3$ почвы, экз.	Яйца гельминтов, экз./кг	Коли-титр	Титр анаэробных бактерий	Санитарное число
Чистая	0	0	>1	> 0,1	0,98 - 1,00
Слабо загрязненная	Единично	До 10	$1,0 – 10^{-1}$	$0,1 – 10^{-1}$	0,85 - 0,98
Загрязненная	10 – 25	11 – 100	$10 – 10^{3}$	$10^{-3} – 10^{-5}$	
Сильно загрязненная	> 25	> 100	$< 10^{-3}$	$< 10^{-5}$	< 0,70

Таблица16.3

Гигиеническая классификация водных объектов
по степени загрязнения (по СанПиН-4630-88)

Класс качества	Степень загрязнения	Оценочные показатели для водных объектов 1 и 2 категорий							
		Органолептический ЛПВ		Токсикологич. ЛПВ	Общесанитарный ЛПВ			Бактриологич. ЛПВ	Индекс загрязнения
		Запах, привкус, баллы	Степень превыш ПДК ($s_{орг}$)	Степень превыш ПДК ($S_{токс.}$)	$БПК_{20}$ К,о I	$БПК_{20}$ К,о II	0_2, мг/л	ЛПКП', кол./л	
1	Допустимая	2	1	1	3	6	4	10	0
11	Умеренная	3	4	3	6	8	3	10^4- 10^5	1
III	Высокая	4	8	10	8	10	2	10^5- 10^6	2
IV	Чрезвычайно высокая	> 4	> 8	> 100	> 8	> 10	< 1,0	> 10^6	3

Вначале вычисляют средние значения полученных показателей A_i, затем - индекс загрязнения атмосферного воздуха ИЗА:

$$ИЗА = \varphi^{-1}\left[\frac{1}{\kappa}\sum_{i=1}^{\kappa}\varphi(A_i)\right] \qquad (16.2)$$

где φ (z) – монотонно возрастающая функция; φ^{-1} (z) - обратная функция; k - число показателей, используемых в расчете.

Функция φ(z) должна учитывать известные закономерности воздействия всех определяемых загрязняющих веществ на те или иные объекты.

Частными случаями формулы (16.2) являются: $\varphi'(z) = z$ – среднее арифметическое; $\varphi''(z) = \ln z$ - среднее геометрическое; $\varphi'''(z) = z^2$ - среднее квадратичное.

Среднее геометрическое равно нулю, если хотя бы одно из слагаемых равно нулю.

ИЗА можно рассчитать с учетом средних ассоциативных с дополнительным взвешиванием членов суммы (весовых) a_i :

где $a_1 + a_2 + ... + a_k = 1$, $a_k \geq 0$.

Таким образом, с помощью a_i можно учесть разницу в характере воздействия различных веществ.

За средневзвешенное значение можно принять максимальное значение показателя A_i из ранжированного ряда $A_1 \geq A_2 \ldots \geq A_k$:

$$ИЗА = A_i = A_{max} \ .$$

Если использовать в расчетах средневзвешенное арифметическое, то формула примет вид:

$$ИЗА = 1 / k \sum(a_i A_i) \qquad (16.3)$$

При квадратичном осреднении, которое подчеркивает вклад веществ с наиболее высокими по отношению к их ПДК концентрациями, расчет ведут по формуле:

$$ИЗА = [1/k \sum(a_i A_i^2)]^{1/2} \qquad (16.4)$$

Существует методика расчета ИЗА, учитывающая класс опасности загрязняющих веществ. Часто в качестве ИЗА используют максимальный показатель из числа полученных:

$$ИЗА = (a_i A_i)_{max} \ . \qquad (16.5)$$

В США, например, ИЗА воздуха, рассчитывают по максимальному значению из измеренных показателей.

На рис. 16.9 показаны значения индексов при арифметическом (φ'), геометрическом (φ'') и квадратичном (φ''') осреднении в случае присутствия в воздухе пяти примесей с различной концентрацией:

A_1 (взвесь) = 0,1; A_2 (CO) = 0,1;

A_3 (NO) = 05; A_4 (SO_2) = 0,9;

$$A_5\ (NO_2) = 0{,}9.$$

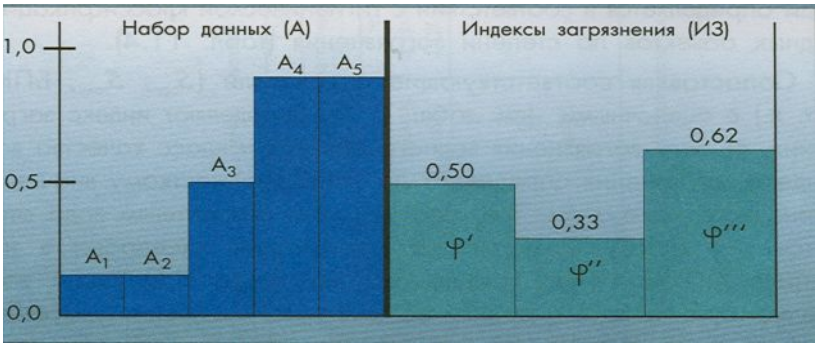


Рис. 16.9. Индексы загрязнения воздуха ИЗА при различных видах функции φ (по Балацкому О.Ф. и др., 1984)

Расчет индекса загрязнения природных вод (ИЗВ). ИЗВ можно рассчитать разными способами. Приведем в качестве примера метод расчета, рекомендованный нормативным документом, который является неотъемлемой частью Правил охраны поверхностных вод (1991) – СанПиН 4630-88.

1) измеряют концентрации загрязняющих веществ;

2) группируют их по лимитирующим признакам вредности – ЛПВ (органолептическому, токсикологическому и общесанитарному);

3) затем для первой и второй (органолептический и токсикологический ЛПВ) групп рассчитывают степень отклонения (A_i) фактических концентраций веществ (C_i от их ПДК, так же, как и для атмосферного воздуха (1);

4) далее находят суммы показателей A_i для первой и второй групп веществ:

$$S = \sum_{i=1}^{n} (A_i) \qquad (16.6)$$

где S – сумма A_i для веществ, нормируемых по органолептическому ($S_{орг}$) и токсикологическому ($S_{токс}$)ЛПВ;

n – число суммируемых показателей качества воды.

Кроме того, для определения ИЗВ используют:

- величину растворенного в воде кислорода и $БПК_{20}$ и т.д. (общесанитарный ЛПВ);

- бактериологический показатель – число лактозоположительных кишечных палочек (ЛПКП) в 1 л воды, запах и привкус.

Индекс загрязнения воды определяется в соответствии с гигиенической классификацией водных объектов по степени загрязнения (табл. 16.3.).

Сопоставляя соответствующие показатели ($S_{орг}$, $S_{орг}$, $БПК_{20}$ и т. д.) с оценочными (см. табл.16.4.), определяют индекс загрязнения, степень загрязнения водного объекта и класс качества вод.

Индекс загрязнения определяют по наиболее жесткому значению оценочного показателя. Так, если по всем показателям вода относится к 1 классу ка- чества, но содержание кислорода в ней меньше 4,0 мг/л (но больше 3,0 мг/л), то ИЗВ такой воды следует принять за 1 и отнести ее ко II классу качества (умеренная степень загрязнения).

От степени загрязнения воды водного объекта зависят виды водопользования (табл.16.4).

Для оценки качества воды в странах СНГ используют методику расчета ИЗВ только по химическим показателям, но с учетом более жестких рыбохозяйственных ПДК. При этом выделяют не 4, а 7 классов качества:

I – очень чистая вода (ИЗВ = 0,3);

II – чистая (ИЗВ = 0,3 – 1,0);

III – умеренно загрязненная (ИЗВ = 1,0 – 2,5);

IV – загрязненная (ИЗВ = 2,5 – 4,0);

Таблица 16.4

Возможные виды водопользования в зависимости от степени загрязнения водного объекта (по СанПиН-4630-88)

Степень загрязнения	Возможное использование водного объекта
Допустимая	Пригоден для всех видов водопользования населения практически без каких-либо ограничений
Умеренная	Свидетельствует об опасности использования водного объекта для культурно-бытовых целей. Использование как источника хозяйственно-питьевого водоснабжения без снижения уровня химического загрязнения на очистных водопроводных сооружениях может привести к начальным симптомам интоксикации у части населения, особенно при наличии веществ 1-го и 2-го классов опасности
Высокая	Безусловная опасность культурно-бытового водопользования на водном объекте. Недопустимо использование как источника хозяйственно-питьевого водоснабжения из-за сложнос-ти удаления токсических веществ в процессе водоподготовки. Употребление для питья воды может привести к появлению симптомов интоксикации и развитию отдаленных эффектов, особенно при присутствии веществ 1-го и 2-го классов опасности

Чрезвычайно высокая	Абсолютная непригодность для всех видов водопользования. Даже кратковременное использование воды водного объекта опасно для здоровья населения

V – грязная (ИЗВ = 4,0 – 6,0);
VI – очень грязная (ИЗВ = 6,0 – 10,0);
VII – чрезвычайно грязная (ИЗВ более 10,0).

16.3.3. Пример проведения мониторинга на радиоактивность

Работы, связанные с защитой ОС носят преимущественно планово-периодический характер и отражены на блок-схемах, представленных ниже (рис. 16.10 и 16.11).

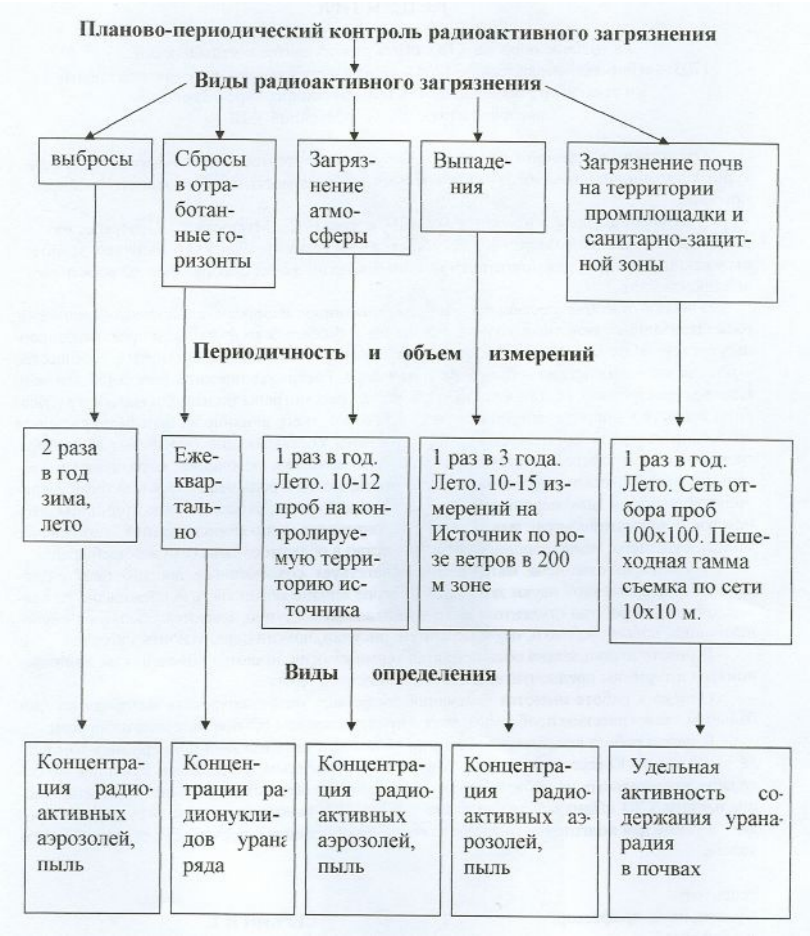


Рис. 16.10. Планово-периодический контроль радиоактивного загрязнения



Рис.16.11. Планово-периодический контроль химического загрязнения

Контроль выбросов в атмосферу. **Отбор проб воздуха осуществляется в рабочих зонах установки, непосредственно у технологических карт, сорбционных колонн в цехе переработки продуктивных растворов, а также в атмосферном воздухе.**

Фоновые концентрации воздуха на пары серной кислоты определяются за один месяц до пуска процесса ПВ и завоза реагентов. Частота отбора проб в период пуска первого цикла выщелачивания и наладки процесса не менее одного раза в неделю.

На период неблагоприятных метеорологических условий, предусматривается оперативный контроль содержащегося ВХВ в воздухе рабочей зоны и атмосфере.

В атмосфере контролируются выбросы и приземные концентрации окислов азота в пересчете на диоксид азота, окислов углерода в пересчете на оксид углерода и оксидов серы в пересчете на ангидрид сернистый.

Оценка загрязнения почв. С целью сокращения затрат на рекультивационные работы, а также уменьшения неконтролируемого облучения персонала и населения, предусматривается постоянное поддержание суммарной активности грунтов на уровне, отвечающем нормативным требованиям при рекультивации по санитарно-гигиеническому направлению:

- на глубине от 0 до 25 см не превышение естественного фона более чем на 1200 Бк/кг в среднем по участку;
- в слоях 25 – 50, 50 – 75 и 75 – 100 см не превышение естественного фона более чем на 7400 Бк/кг в среднем по участку.

Оценка загрязнения на территории санитарно-защитной зоны и промплощадки производится 1 раз в год на основе данных пешеходной гамма-съемки. Сеть съемки – 100 х 100м. При этом выполняется непрерывное прослушивание во время перехода с точки на точку. На территории полигона в площадь съемки обязательно включается ряды скважин и трубопроводы, а также междурядное пространство.

Если при гамме-съемке на почве обнаруживается значительное число точек (более 20 %), где превышен контрольный уровень (30 мкР/ч над фоном), то принимаются меры к сбору и удалению загрязненной почвы. Эти же меры применения к почвам, активность которых превышает фон на 60 мкР/ч.

Выполнение гамма-съемки предусматривается с использованием аппаратуры типа СРП. В эпицентрах аномальных повышений производятся контрольные замеры приборами типа ДРГ-01Т1 и ДРБП-03. Кроме того, производится отбор проб почвы на содержание радионуклидов.

Учитывая совместность радиационных и токсических загрязнений на производственных участках и СЗЗ, в эпицентрах аномальных повышений радиоактивности предусматривается также отбор проб на общий химический анализ.

Оценка загрязнения почв. На период эксплуатации предприятия специальные нормативы на загрязнение почвы не установлены. Тем не менее, с целью сокращения затрат на рекультивационные работы, а также уменьшения неконтролируемого облучения персонала и населения, предусматривается постоянное

поддержание суммарной активности грунтов на уровне, отвечающем нормативным требованиям при рекультивации по санитарно-гигиеническому направлению:

- на глубине от 0 до 25 см не превышение естественного фона более чем на 1200 Бк/кг в среднем по участку;
- в слоях 25–50, 50–75 и 75–100 см не превышение естественного фона более чем на 7400 Бк/кг в среднем по участку.

Оценка загрязнения на территории санитарно-защитной зоны и промплощадки производится 1 раз в год на основе данных пешеходной гамма съемки. Сеть съемки 100х100м. При этом выполняется непрерывное прослушивание во время перехода с точки на точку. На территории полигона в площадь съемки обязательно включается ряды скважин и трубопроводы, а также междурядное пространство.

Если при гамме-съемке на почве обнаруживается значительное число точек (более 20 %), где превышен контрольный уровень (30 мкР/ч над фоном), то принимаются меры к сбору и удалению загрязненной почвы. Эти же меры применения к почвам, активность которых превышает фон на 60 мкР/ч.

Выполнение гамма съемки предусматривается с использованием аппаратуры типа СРП. В эпицентрах аномальных повышений производятся контрольные замеры приборами типа ДРГ-01Т1 и ДРБП-03. Кроме того, производится отбор проб почвы на содержание радионуклидов.

Учитывая совместность радиационных и токсических загрязнений на производственных участках и СЗЗ, в эпицентрах аномальных повышений радио-активности предусматривается также отбор проб на общий химический анализ.

Оценка загрязнения вод. **Эффективная доза за счет естественных радионуклидов в воде не должна превышать 0,2 мЗв/год. Этому значению дозы соответствуют среднегодовые значения допустимой удельной активности радионуклидов (ДУА), равные:**

уран-238 – 5,6; уран-234 – 5,1; радий-226 – 0,89; радий-228 – 0,37; свинец-210 – 0,37; полоний-210 – 0,21; радон-222 – 120Бк/кг. При совместном присут-ствии в воде этих радионуклидов должно выполнятся условия $\sum Ai/ДУАi \leq 1$, где Ai – удельная радиоактивность радионуклидов в воде. $\sum Ai/ДУАi \leq 1 \leq$Контроль за состоянием подземных вод продуктивного горизонта осущест-вляется по наблюдательным скважинам, пробуренным на профилях, пересекаю-

щих промышленные блоки в направлении естественного потока подземных вод. Число профилей – не менее 2.

На каждом профиле за пределами продуктивного контура, на расстоянии 50 – 70 м от крайних эксплуатационных скважин располагается одна наблюдательная скважина.

Контроль за растеканием возвратного раствора в продуктивном горизонте рудного контура осуществляется при помощи эксплуатационных скважин, пройденных на подготавливаемых к отработке блоках по направлению движения подземных и из существующих гидрогеологических скважин.

Контроль подземных вод заключается в проверке наличия выхода загрязненных вод за пределы контура санитарно-дозиметрического контроля (КСДК). Для контроля вод в КСДК на каждый водоносный горизонт бурятся наблюдательные скважины. Обнаружение в них превышения концентраций контролируемых компонентов (включая ВХВ) в три раза по сравнению с фоновым содержанием служит основанием изменения КСДК.

Кроме скважин КСДК на те же показатели контролируется место водозабора. Превышение в них нормативов по содержанию радионуклидов и ВХВ служит основанием для запрещения водозабора.

Экологические особенности добычи урана способом подземного сернокислого выщелачивания (ПСВ). **Геотехнология по своей сущности является совокупностью процессов и операции, осуществление которых оказывает минимум негативного воздействия на окружающую среду. При этом ПСВ наиболее безопасный в экологическом отношении способ добычи металлов.**

В современных условиях при наличии надежных конструкционных материалов, новейших технологий сооружения и оборудования эксплуатационных скважин, применении передвижных модульных установок для отработки отдельных участков рудных залежей с переработкой продуктивных растворов, систем контроля и управления процессом ПСВ и при использовании эффективных природоохранных технологий существует возможность практически безаварийной эксплуатации пластово-инфильтрационных месторождений урана и минимальном загрязнении окружающей среды.

Степень экологического воздействия ПСВ на геологическую среду зависит от размеров рудных залежей и запасов главного полезного компонента – урана. При этом внимание удаляют не только

содержанию урана в рудах, но и определению концентраций продуктов его естественного радиоактивного распада, особенно тем из них, которые обладают высокой миграционной способностью и низкими значениями ПДК. Из всего радиоактивного семейства урана, которое насчитывают 18 естественных радиоактивных изотопов, наиболее опасны радон, радий, свинец-210, ионий и полоний.

Основными характеристиками природной гидрогеохимической среды является **pH, Eh, общая минерализация, ее характер и содержание микрокомпонентов в подземных водах**. Это основные нормируемые показатели, на основании которых воды разделяют по назначению на питьевые, хозяйственно-бытовые, промышленные, лечебные и т.д.

17. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ КРИЗИС И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

- Сущность экологической проблемы;
- Концепции и глобальные модели будущего мира;
- Устойчивое развитие в Республике Казахстан;
- Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды;
-- Межгосударственное сотрудничество РК;
- Регионы Казахстана, взятые под особую охрану.

В настоящее время человечество развивается по пути удовлетворения своих материальных и духовных потребностей. Такую форму взаимодействия можно назвать экономической. Масштабы техногенного типа развития экономики привели к нарастанию экологической напряженности – загрязнению, истощению и разрушению окружающей природной среды.



17.1. Сущность экологической проблемы

Негативные последствия всегда сопутствовали природопреобразующей деятельности общества, но в наши дни они переросли локальные, региональные границы и приобрели глобальный характер, угрожая всему живому, включая человека.

Экологическая проблема связаны с возрастанием противоречий в вещественных, энергетических и информационных связях общества с природной средой.

Важнейшими проявлениями экологической проблемы являются:

1. загрязнение окружающей среды;
2. истощение горючих и минеральных ресурсов.

Все это, в свою очередь, отражается на состоянии биосферы, ее компонентов, а также на *здоровье людей, социальных, политических и экономических процессах.*

Причинно-следственные связи необходимо изучать на примерах разрушения экосистем в целом, а не только в цепи «окружающая среда – здоровье». Хотя цепь «окружающая среда – здоровье» дает представление о состоянии экосистем в целом и оценивается при помощи:

- изучения основных сред, транспортирующих поток вредных факторов к человеку (атмосферный воздух, питьевая вода, почва, продукты питания);
- по основным химическим и физическим неблагоприятным факторам окружающей среды (канцерогенные вещества, тяжелые металлы, стойкие органические загрязнители, шум, радиация и др.);
- по эффекту их воздействия (рост показателей смертности, нарушений репродуктивного здоровья и здоровья детей, увеличение злокачественных новообразований и др.).

17.2. Концепции и глобальные модели будущего мира

Существует несколько концепций взаимодействия общества и природы:

1. концепции будущего развития;
2. Доклады Римского клуба;
3. глобальные модели развития.

1. Концепции будущего развития. В *древние и средние века* люди рассматривали природу как мудрого творца, возвышающегося над об-

ществом. Сторонники этой точки зрения выступают за *«нулевую» стратегию* невмешательства человека в природу. Однако, ясно, что человек не может не воздействовать на природу, т. к. сам развивается вместе с ней.

При капитализме торжествовала *потребительская концепция* – приоритет экономических интересов человека, господство человека над природой.

В условиях *экологического кризиса 50 – 70 гг нашего столетия* потребительская концепция сменилась *на озабоченность человечества судьбой биосферы*. Современные экологические концепции появились в 70 гг в виде докладов Римского клуба. В 1968 г люди разных профессий собрались в Риме, чтобы обсудить проблемы человечества. Это собрание получило название Римского клуба, где были доложены работы ученых под общим названием «Трудности человечества».

2. Доклады Римского клуба были составлены несколькими группами ученых и доложены в разное время по мере их подготовки.

Первый доклад – «Пределы роста» был подготовлен учеными Массачусетского технологического института под руководством Дениса и Донеллы Медоуз (1972). Они разработали глобальные модели будущего, анализ которых показал, что промышленный рост, потребление ресурсов и энергии, рост населения будут увеличиваться ускоряющимися темпами до тех пор, пока не будет достигнут предел, после которого произойдет катастрофа, что после «взлетов» наступает «падение». Авторов критиковали в том, что они не учли внедрение новых технологий, замену истощенных ресурсов новыми и т.д. Тем не менее, большинство людей осознало, что лучше ограничить промышленный рост и изменить стиль жизни до момента падения.

Второй доклад – «Человечество на перепутье» подготовлен профессорами Ганноверского института механики М Месаровичем и Э.Пестелем. Авторы учли недостатки и замечания по первому докладу и пришли к заключению, что пассивное следование стихийному развитию ведет к гибели, поэтому мир не должен развиваться стихийно. Они предложили решать экологические проблемы по регионам. Ученые считали, что причиной современного кризиса являются две пропасти: между человеком и природой; между богатыми и бедными), ликвидация которых должна обеспечить некое единство мира. Развитие каждого региона должно идти своим специфическим путем. Эта многоуровневая региональная модель выглядит как гибкий инструмент планирования как система взаимодействующих и взаимозависящих частей.

Третий доклад – «Перестройка мирового порядка» (1977) составлен группой ученых, координатором которой был голландский экономист Ян Тинберген. Особое внимание ученые уделили слаборазвитым странам, лидеры которых в целом отвергали идею ограничения экономического роста.

Авторы доклада считали, что все страны должны согласовывать локальные цели с глобальными и это сочетание возможно. Тогда усилия в регионах будут работать на благо человечества в целом.

В докладе предлагается «линейную» экономику (с образованием отходов) превратить в «круговую» (с переработкой и использованием большей части отходов); ослабить гонку вооружений, а все усилия направить на сотрудничество во имя выживания, т.е. от конкуренции перейти к мутуализму.

Четвертый доклад – «Цели глобального общества» (1977) составлен профессором философии Э.Ласло, известным по книге «Стратегия для будущего». Доклад посвящен двум фундаментальным вопросам:

1. в чем заключаются цели человечества;

2. согласны ли люди предпочесть материальному росту повышение качества окружающей среды.

Понятно, что для осуществления стратегии выживания будущих поколений человек должен умерить некоторые свои желания.

По результатам проведенного тестирования о соответствии национальных и глобальных интересов выше всех оценивается только Китай (7 баллов). Баллы распределены от 0 до 10, где 0 – усилия сосредоточены исключительно на национальных интересах; 10 – все цели включали решение глобальных проблем. Например, Бельгия 3,7; США 4; Бразилия 4, Саудовская Аравия 4,2; Индия 4,3; Египет 4,6; Швеция 4,6; Канада 4,6; Нидерланды 4,7; Пакистан 4,7; Япония 5,5; Алжир 6,4; Гана 6,5 балла.

Последующие доклады (1978 – 1980 гг.) были посвящены отдельным проблемам: переработке отходов, использованию энергии, достижению благосостоянию и др.

Доклад «Нет пределов обучению» – один из ключевых докладов, который касался проблем образования (Боткин и др., 1980). Авторы выделяют макро- и микрообучение. Микрообучение – индивидуальное профессиональное обучение отдельных людей, которое господствует в мир, в то время как мало уделяется внимания коллективному, или общественному обучению населения – макрообучению. Как добиться, чтобы осведомленность и понимание всех региональных и глобальных трудностей стали доступны и всем людям – образованным и необ-

разованным. Как убедить все слои населения в необходимости ограничения роста экономики.

К началу 80-х гг было создано более десятка крупномасштабных моделей.

3. Глобальные модели развития математически имитировали физические и социально-экономические системы мира и прогнозировали будущее, исходя из изложенных в них данных.

Наиболее известны четыре модели:

1. модель Форрестера;
2. модель Медоуза с соавторами;
3. модель Месаровича-Пестеля;
4. модель Глобал-2000.

Модель мира построена на основе банка данных 1900-1970 гг и предполагает, что «взлеты» и «падения» обусловлены появлением и истощением источников энергии и других ресурсов.

Количество пищевых и промышленных продуктов экспоненциально растет до тех пор, пока истощение ресурсов не затормозит промышленный рост. Численность населения и загрязнение среды еще некоторое время будут возрастать после прохождения пика промышленностью. Затем рост населения и загрязнения начнут снижаться из-за увеличения смертности и вследствие плохого качества среды, недостаточно медицинского обслуживания и экономического кризиса.

Все модели предполагали, что в кризисе виновны не только ограниченность ресурсов, взрыв народонаселения, но и политическое и экономическое неравенство. Сегодня в мире 30 % богатых промышленно развитых государств и 70 % бедных неиндустриальных стран. Отсюда различия в питании, ценностях, уровне образования и др. Для гармоничного равновесия необходимо преодолеть эти противоречия.

Несмотря на различия между концепциями и моделями можно обобщить следующее:

- технологический процесс жизненно необходим, но адекватно должны происходить изменения социальные, экономические и политические;

- ресурсы и народонаселение на планете не могут расти бесконечно;

- неизвестна емкость планеты, позволяющая соответствовать росту населения и технического прогресса, хотя известно, что снижение скорости экономического роста уменьшает вероятность наступления экологической смерти;

- неограниченный рот промышленности и населения создает социальные проблемы гораздо быстрее и не приносит экономических выгод;

- сотрудничество выгоднее, чем политика конкуренции;

- решение узких проблем продуктивнее, если их принимать с глобальной точки зрения;

- чем раньше будут приняты решения с учетом глобальных задач, тем эффективнее и дешевле они обойдутся по сравнению с запоздавшими решениями теми же средствами.

17.3. Устойчивое развитие в Республике Казахстан

Программа на XX1 век. Сегодня мир убедился, что развивать экономику без охраны окружающей природной среды стало невозможным, и наоборот, без развития экономики нельзя охранять окружающую среду.

Взаимозависимость экологии и экономики и является основой новой экологической концепции.

В развитие этой концепции в июне 1992 г была созвана Международная конференция ООН в Рио-де-Жанейро на уровне глав государств и правительств, которая называлась «Окружающая среда и развитие» (ОСР). В ней участвовали 180 стран.

Устойчивое развитие – под таким лозунгом проходила конференция ОСР. Необходим поиск новой модели развития цивилизации, обозначенной как *устойчивое развитие*. В 1987 г. впервые было сформулировано понятие «устойчивое развитие» в докладе «Наше общее будущее» (под председательством премьер-министра Норвегии Гру Харлем Брундтланд).

Модель предполагает прогресс и продвижение вперед, при котором удовлетворение потребностей нынешнего поколения должно происходить, без лишения такой возможности будущих поколений. Цель может быть достигнута при условии решений социально-экономических и экологических задач.

Устойчивое развитие подразумевает:

1) право людей на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой;

2) охрану окружающей среды как неотъемлемую часть процесса развития;

3) удовлетворение потребностей в благоприятной окружающей среде как нынешнего, так и будущего поколений;

4) уменьшение разрыва в уровне жизни между народами мира, а также между бедными и богатыми в каждой стране;

5) совершенствование природоохранного законодательства;

6) исключение моделей развития производства и потребления, не способствующих устойчивому развитию.

Были приняты три согласованных основополагающих документа, имеющих историческое значение:

1. Декларация РИО по окружающей среде и развитию;
2. Заявление о принципах глобального консенсуса по управлению, сохранению и устойчивому развитию всех видов лесов;
3. Повестка дня на XX1 в., или Повестка 21.

Параллельно были подготовлены две конвенции:

1. Рамочная конвенция об изменении климата;
2. Конвенция о биологическом разнообразии.

Государства несут общую, но не одинаковую ответственность за деградацию природной среды. Подчеркивалась необходимость широкого международного сотрудничества в области науки, использования результатов научных исследований и распространения новых технологий.

Программа 21 является суперпрограммой, ориентированной на подготовку мирового сообщества к решению проблемы, с которыми цивилизация столкнулась на пороге XX1 в. На повестке дня – человечество переживает решающий момент в истории: противоречия между уровнем развития цивилизации и природой достигли предела.

Документ объемом более 500 страниц, содержит 4 раздела, включающие 40 г.

1. Первый раздел посвящен борьбе с нищетой, изменению структуры потребления, динамике роста населения, охране здоровья человека и др.

2. Второй раздел о сохранении и рациональном использовании ресурсов: защите атмосферы; использовании земельных ресурсов; борьбе с обезлесиванием, опустыниванием и засухой; сохранении биологического разнообразия; безопасном использовании биотехнологий; защите морей; сохранении качества пресной воды; надежном обращении токсичных, радиоактивных отходах; очистке сточных вод и др.

3. Третий раздел рассматривает вопросы усиления роли основных групп населения в реализации целей программы XX1 в. – женщин, молодежи, детей, коренных народов, неправительственных организаций, профсоюзов, деловых людей в промышленности и технических кругах, ученых.

4. Четвертый раздел содержит предложения о средствах, необходимых для осуществления программы: финансовых ресурсах и механизмах; развитии экологически безопасных технологий; развитии науки; просвещении населения и подготовке кадров; помощи развивающимся странам; международных организационных механизмах и правовых документах, информационных системах.

В концепции перехода Республики Казахстан к устойчивому развитию подчеркнута его необходимость и возможность.

Важнейшим инструментом поиска собственной модели развития Казахстана является стратегическое планирование. Стратегические планы республики являются гибким инструментом государственного регулирования социально-экономического развития страны, имеющим этапность реализации на долгосрочную и среднесрочную перспективу; планы периодически корректируются с учетом складывающейся обстановки.

В Долгосрочной Стратегии развития Казахстана до 2030 г. (1997) четко обозначены принципы, цели и приоритеты и методы их достижения, намечены дальнейшие пути по развитию законодательной базы, реального гражданского общества и политической культуры населения.

Целью стратегии 2030 является построение независимого, процветающего и политически стабильного Казахстана.

Основными областями деятельности государства станут:

- национальная безопасность: развитие Казахстана как независимого суверенного государства при сохранении полной территориальной целостности;

- внутриполитическая стабильность и консолидация общества: единство как гарантия дальнейшего развития общества и государства;

- экономический рост на основе открытой рыночной экономики с высоким уровнем иностранных инвестиций и внутренних сбережений: достижение реальных и устойчивых темпов экономического роста;

- здоровье, образование и благополучие казахстанцев: улучшение условий и повышение уровня жизни граждан; улучшение качества состояния окружающей среды, сохранение природных ресурсов для будущих поколений;

- энергетические ресурсы: эффективное и рациональное использование путем увеличения добычи и экспорта нефти и газа с учетом потребности будущих поколений казахстанцев для устойчивого экономического роста;

- инфраструктура (транспорт, связь, туризм) укрепление национальной безопасности, политической стабильности и усиление экономического роста;

- профессиональное государство, создание эффективного и современного корпуса государственных служащих, преданных делу и способных выступать представителями народа в достижении приоритетных целей страны.

Путь к устойчивому развитию Республики Казахстан пролегает через формирование государственной идеологии устойчивого развития и ее внедрение во все сферы общественного и государственного развития человеческого и социального потенциалов казахстанского общества, а также внедрение межсекторального интеграции социально-экономического и экологического секторов развития.

Показатели устойчивого развития:

- никакая хозяйственная деятельность не должна быть оправдана, если экологические ущербы превышают выгоды;

- минимизация ущербов следует осуществлять до разумно возможного уровня.

Для управления процессом перехода устойчивого развития необходимо контролировать и ориентироваться на:

1. качество жизни (показатели качества жизни – здоровье и продолжительность жизни людей, состояние окружающей среды, уровень образования, доход и т.д.);

2. экономическое развитие (показатели – удельное потребление ресурсов и энергии, удельное образование отходов и др.);

3. экологическое благополучие (показатели – состояние окружающей среды, природных ресурсов, экосистем и др.).

Планируется принятие Концепции Казахстанской Повестки–21. Казахстан в 2000 г. добился наибольшего за все годы независимости экономического роста. Рост валовой продукции в 2000 г составил 9,6 %, промышленного производства – 14,6 %. Более чем на 50 % вырос объем внешней торговли, на 70 % – экспорт. По этим показателям Казахстан лидирует не только в СНГ, но и входит в первую десятку мировых лидеров. До 2015 г Казахстан может войти в число крупнейших производителей сырой нефти в море, однако, какова будет экологическая цена морской нефтедобычи – вопрос открытый.

Достигнуть устойчивого развития можно лишь после решения беспрецедентных по масштабу социальных, экономических и экологических задач.

Этапы перехода Казахстана к устойчивому развитию будут зависеть от эффективности международного сотрудничества.

17.4. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды

Национальные усилия в природоохранной деятельности приносят результаты только тогда, когда согласуются с межнациональными мерами в этой области. Объективная необходимость объединить усилия всего мира для решения глобальных экологических проблем возникла в результате нарастания угрозы экологического кризиса в масштабах планеты.

Международно-правовые принципы. Международное сотрудничество сегодня немыслимо без международно-правовой охраны окружающей среды. Основные правовые принципы были выработаны совместными усилиями членов международного сообщества (государств, международных организаций и конференций). Они изложены во многих документах, основными из которых являются:

- решения генеральной Ассамблеи ООН (1962, 1968, 1980),
- решения Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде (1972),
- Заключительный акт Совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе (Хельсинки, 1975),
- Всемирная Хартия природы (1986), решения Международной конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992) и др.

В обобщенном виде эти принципы можно сформулировать следующим образом:

- приоритетность экологических прав человека;
- суверенитет государств на природные ресурсы своей территории;
- недопустимость экологического благополучия одной страны **за** счет нанесения экологического вреда другой;
- экологический контроль на всех уровнях;
- свободный международный обмен экологической информацией;
- взаимопомощь государств в чрезвычайных обстоятельствах;
- разрешение эколого-правовых споров мирными средствами.

Названные выше принципы международного сотрудничества в области охраны природы распространяются и на отношения Казахстана со странами СНГ. В феврале 1992 г. представители этих стран в Москве подписали Соглашение о взаимодействии в области экологии

и охраны окружающей среды. Для координации экологической деятельности стран СНГ создан Межгосударственный экологический совет (МЭС), секретариат которого является постоянно действующим органом. Основан также международный экологический фонд стран СНГ в Минске.

Объекты международного сотрудничества. Основными объектами международного сотрудничества являются те, по поводу которых разные страны вступают в экологические отношения (рис.17.1).

Первые – это воздушный бассейн, космос, Мировой океан, Антарктика, мигрирующие виды животных.

Эти объекты охраняются и используются в соответствии с нормами международного экологического права.

Вторые – это объекты, входящие в юрисдикцию государств: международные реки, моря, озера; объекты мирового природного наследия, занесенные в Международную Красную книгу исчезающих и редких животных и растений.

Среди них выделяют две категории объектов:

1. не входящие;
2. входящие в юрисдикцию государств.



Рис.17.1. Международные объекты охраны окружающей природной среды (по Л.И.Цветковой и др., 1999)

Воздушный бассейн. Глобальная охрана воздуха опирается на договоры о запрещении испытаний и применения оружия массового уничтожения – ядерного, биологического, химического и др.

На Венской встрече министров иностранных дел в 1986 г. было принято решение о сокращении выбросов CO_2 и SO_2 на 30 – 50 % до 1995 г. в надежде остановить потепление климата и сократить число кислотных дождей.

Космос принадлежит всему мировому сообществу. Приняты Декларация правовых принципов деятельности по использованию космического пространство (1963) и Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела (1967). В них сформулировано следующее положение: космос - достояние всего человечества; недопустимы национальное присвоение его частей, загрязнение космического пространства и использование его в военных целях. Однако в настоящее время в околоземном пространстве уже находится около 3,5 млн. т космического мусора. Если не принять меры, то через 20 – 30 лет космические полеты могут стать невозможными. Для ограничения военного использования Космоса заключен Договор об ограничении систем противоракетной обороны и советско-американские Соглашения об ограничении стратегических наступательных вооружений.

Мировой океан оказывает решающее влияние на климат планеты. Охране мирового океана посвящено около 25 правовых и нормативных международных документов, а также ряд решений, соглашений, резолюций и договоров. Среди них большое значение имеют запрещение загрязнения океана нефтью, химическими и радиоактивными веществами, другими вредными отходами.

На глобальном уровне действуют Конвенция о рыболовстве и охране живых ресурсов моря (1958) и Конвенция ООН по морскому праву (1982). Они провозглашают право государств на промысел животных с учетом международных норм. Признается суверенное право прибрежных государств на биоресурсы в 200-мильных прибрежных зонах. Подтверждена незыблемость принципа свободного мореплавания за исключением территориальных вод, внешняя граница которых установлена на 12-мильном расстоянии от берега.

На национальном уровне рыболовство регулируется вне пределов территориальных вод лишь в зонах юрисдикции прибрежных государств, которые установлены Женевской конвенцией 1958 г.

Антарктика – международный объект охраны природы. Принципы охраны и использования южного материка изложены в Договоре об Антарктике (1959). Его основные положения - свобода научных исследований, запрет военных мероприятий, охрана животного мира.

Разделяемые международные природные ресурсы -ресурсы находящиеся в пользовании двух или более суверенных государств.: например, Балтийское море, река Дунай, Великие озера (США и Кана-

да) и др. Основой регулирования охраны и использования таких объектов являются договоры, заключаемые заинтересованными странами. Для управления международным объектом создаются постоянные комиссии, комитеты. Так, органом управления по Дунаю является Дунайская комиссия, по Балтийскому морю - Балтийский совет, Хельсинкская комиссия (Хелком) и др.

В ноябре 1972 г. конференцией ЮНЕСКО была принята Конвенция об охране всемирного культурного и природного наследия: заповедников, национальных парков, резерватов, памятников культуры. Эти объекты принимаются на международный учет. За счет средств специальных фондов международных организаций оказывается материальная помощь этим государствам.

Международные организации и конференции. Охраной окружающей природной среды занимаются многие международные организации. Ведущая роль принадлежит Организации Объединенных Наций (ООН) и ее специализированным органам. Одним из главных органов ООН является Экономический и социальный совет (ЭКОСОС), в рамках которого действуют национальные и региональные комиссии и комитеты (рис. 17.2).

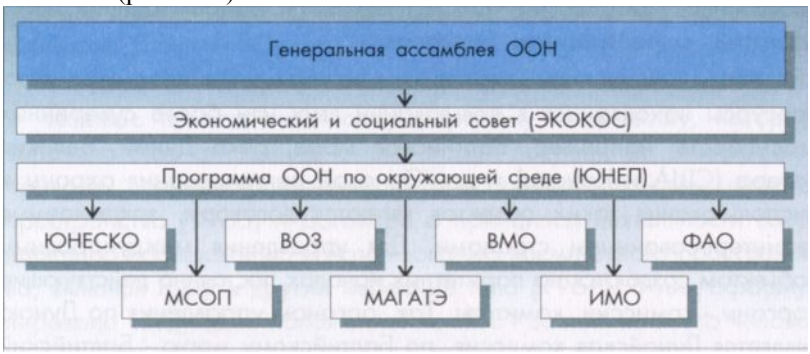


Рис.17.2. Международные экологические организации
(по Л.И.Цветковой и др., 1999)

Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) создана в декабре 1972 г. ЮНЕП имеет Совет управляющих, Совет по координации и Фонд окружающей среды. К первоочередным направлениям деятельности ЮНЕП относятся: 1) здоровье человека; 2) охрана земель и пресных вод; 3) защита мирового океана; 4) охрана животных и генетических ресурсов; 5) энергетические ресурсы; 6) образование; 7) торговля, экономика, технология. В рамках ЮНЕП работают и другие международные организации.

Организация объединенных нации по культуре, науке, образованию (ЮНЕСКО) создано в 1948 г.; штаб-квартира находится в Париже. Основные направления ее деятельности:

- руководство экологическими программами, в которых занято свыше 100 государств. Например, «Человек и биосфера». Международная программа по образованию и др.;
- учет и организация охраны объектов, отнесенных к всемирному наследию;
- оказание помощи развивающимся странам в подготовке специалистов-экологов.

Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) **также учрежден в 1948 г. Эта неправительственная организация представляет около 100 стран. По инициативе МСОП ведется Красная книга. Основные задачи МСОП:**

- сохранение естественных экосистем, растительного и животного мира;
- сохранение редких и исчезающих видов;
- организация заповедников, резерватов, национальных парков.

Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) образована в 1946 г., занимается вопросами охраны здоровья человека в аспекте его взаимодействия с окружающей средой, консолидируется с ЮНЕП, МАГАТЭ и др.

Международное агенство по атомной энергии (МАГАТЭ) образовано в 1957 г. для обеспечения ядерной безопасности и охраны окружающей среды от радиоактивного загрязнения. Неподчинение государств требованиям МАГАТЭ может вызвать применение экономических санкций по решению Совета Безопасности ООН.

Всемирная метеорологическая организация ООН (ВМО) создана в 1947 г. Ее основная задача – изучение и обобщение воздействий человека на климат планеты. Она работает, главным образом, в рамках глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС).

Международная морская организация (ИМО) создана в 1948 г., действует в области морского судоходства и охраны моря от загрязнения. При ее участии разработаны конвенции по борьбе с загрязнением моря нефтью и другими вредными веществами.

Сельскохозяйственная и продовольственная организация ООН (ФАО) организована в 1945 г. Сфера ее деятельности – сельское

хозяйство и мировые продовольственные ресурсы. ФАО подготовила почвенную карту мира, участвует во многих экологических программах, активно сотрудничает с ЮНЕП, ЮНЕСКО, МСОП.

Помимо названных ведущих международных организаций, в мировом сообществе функционирует множество структур природоохранного профиля: например, Международный регистр потенциально токсичных химических веществ (МРПТХВ), Бюро ООН по оказанию помощи при стихийных бедствиях (ЮНДРО), Европейская экономическая комиссия – ЕЭК (занимается внедрением малой безотходных технологий), Хельсинкский комитет по охране Балтийского моря (Хелком) и многие другие.

Из международных конференций следует отметить четыре.

Стокгольмская конференция ООН по окружающей среде состоялась 5 – 16 июня 1972 г. Приняла два основных документа: Декларацию принципов и План мероприятий. Первый включает 26 принципов, из которых основные:

- право человека на благоприятные условия жизни и качество среды, позволяющие вести достойную и процветающую жизнь;
- сохранение природных ресурсов на благо нынешних и будущих поколений;
- экономическое и социальное развитие, в котором решающее значение имеет улучшение окружающей среды;
- суверенность государств на использование своих природных ресурсов и ответственность за ущерб окружающей среде;
- избавление людей и природы от последствий применения ядерного и иных видов оружия массового уничтожения.

В Плане мероприятий обозначены пути решения организационных, экономических, политических задач во взаимоотношениях государств при международном сотрудничестве в области охраны окружающей среды.

Совещание по безопасности и сотрудничеству в Европе проходило в Хельсинки в августе 1975 г. с участием всех европейских стран, США и Канады. Совещание приняло Заключительный акт, в котором отражены вопросы политической и экологической безопасности. Для реализации хельсинкских соглашений позже были приняты несколько документов: Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха (1979), Конвенция о трансграничном воздействии промышленных аварий (1992) и др.

Венская встреча представителей государств - участников Совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе (СБСЕ) прошла в ноябре 1986 г. В итоговом документе содержатся рекомендации:

- сокращение выбросов серы на 30 % до 1995 г., снижение выбросов углеводородов и других загрязняющих атмосферу веществ;
- разработка способов захоронения опасных отходов, альтернативных захоронению в море;
- развитие совместной программы наблюдений за распространением загрязнений на большие расстояния в Европе (ЕМЕП);
- сокращение производств озоноразрушающих веществ;
- исследование роли CO_2 в глобальном потеплении климата.

Конференция ООН по окружающей среде и развитию проходила в Рио-де-Жанейро 3-14 июня 1992 г. Конференция была организована для подведения итогов 20-летней деятельности по охране природы после Стокгольмской конференции. В ней участвовало 15 тысяч делегатов из 178 стран мира.

17.5. Межгосударственное сотрудничество РК

В 1995 г Республикой Казахстан подписано Соглашение о сотрудничестве в области охраны окружающей среды и природных ресурсов с США, Израилем, Соглашение о взаимодействии с США в рамках программы «Глоб»; подписаны Меморандум о сотрудничестве в области охраны окружающей среды с Турцией (1997), Грузией (1996), Соглашения с Кыргызской Республикой (1997), Республикой Узбекистан (1997). В 1997 г. ратифицирована Конвенция по борьбе с опустыниванием, Соглашение «О контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением».

В 2000 г. РК совместно с ПРООН приняло программу «Институциальное усиление для устойчивого развития на 2001 – 2004 гг.». Принята Долгосрочная Стратегия развития РК до 2010 г., Программа охраны и использования водных ресурсов РК до 2005 г, Отраслевая Программа «Леса Казахстана» 2003–2007 г).

Казахстан участвует в семинарах по определению влияния климата и повышения уровня Каспийского моря на прилегающие районы при содействии Регионального офиса ЮНЭП для Европы; по проблемам Аральского моря и Семипалатинского ядерного полигона; о биологическом разнообразии и многих других.

Сотрудничество Казахстана в области охраны природы не исчерпывается деятельностью организаций, о которых сказано выше. Оно

охватывает различные неформальные общественные движения, партию «зеленых» и многие другие и постоянно расширяется.

17.6. Регионы Казахстана, взятые под особую охрану

Впервые общество по охране природы в Казахстане было организовано в 1958 г. под названием «Друзья лесов и садов», которое в 1962 г. преобразовано в «Общество по охране природы Республики Казахстан». 16 июня 1962 г. был издан Указ «Об охране природы Казахстана». 18 июня 1991 года – вышел Закон «Об охране окружающей природной среды в Казахской ССР». В 1991 г. в Республике образован Государственный комитет по экологии и использованию природных ресурсов. В 1997 г. вышел новый Закон «Об охране окружающей среды». В 1991 г. выпускаются газеты «Атамекен» на казахском языке, «Экокурьер» на русском языке, с 2000 г. газета «Табигат».

Особо охраняемые территории Республики Казахстан. ***Виды особо охраняемых территорий Республики Казахстан показаны на рис. 17.3.***



Рис. 17.3. Виды особо охраняемых природных территорий РК
(по С.Культелееву)

Режим охраны природных территорий может быть заповедным, заказным, комбинированным. По степени строгости заповедного режима различают следующие категории: заповедники, заповедники биосферные, заказники, национальные и природные парки, резерваты, памятники природы, памятники всемирного наследия и др.

Заповедники – особо охряняемые территории (и акватории), полностью исключены из хозяйственной деятельности ради сохранения в нетронутом виде природных компслексов (эталонов природы), охраны редких и исчезающих видов растений и животных. Заповедники расположены в различных природных зонах. В настоящее время в Казахстане 9 действующих и 18 перспективных заповедников.

Заповедники биосферные – охраняемые, наиболее характерные, эталонные участки биосферы в различных географических зонах Земли. Всемирная система биосферных заповедников начала создаваться в 1973 г. в рамках Международной научной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера». Такие заповедники имеют «ядро» – абсолютно охраняемую территорию, вокруг которой находится «буферная» зона – охраняемая, на которой частично ограничивается хозяйственная деятельность, далее расположена зона обычного, но строго рационального хозяйственного использования территории. Биосферный заповедники – это охраняемые территории, на которых защита природы сочетается с фундаментальными научными исследованиями в области окружающей среды.

Заказники – участки территории или акватории, на которых в течение ряда лет или постоянно в определенные сезоны или круглогодично запрещены отдельные виды и формы хозяйственной деятельности человека для обеспечения охраны одного или нескольких ценных объектов живой природы или живописных видов ландшафта. Система заказников широко используется в охотничьем хозяйстве и служит средством увеличения численности охотничье-промысловых животных. В настоящее время в Казахстане 66 действующих и 58 перспективных заказников.

Резерват – природная охраняемая территория с заповедным или заказным режимом. Резерваты занимают малую территорию и бывают различного назначения (комплексные, лесные, зоологические, ботанические, болотные и т.п.). Так, в африканском резервате Нгоронго (Танза-

ния) охраняются многие виды редких животных (черный носорог, бегемот, леопард, пятнистая гиена, газели Томсона и Гранта, буйвол и др.

Памятник природы – отдельные природные объекты (водопады, пещеры, гейзеры, уникальные ущелья, вековые деревья и др.), имеющие научное, историческое и культурно-эстетическое наследие. К ним относят: уникальные геологические обнажения, редкие экземпляры флоры им фауны, отдельные небольшие водоемы, болота, колки, байрачные дубравы, сосновые боры, места исторических событий и др.

Памятник всемирного наследия – в 1972 г. ЮНЕСКО приняла Конвенцию о Всемирном наследии, учредив фонд, средства которого используются в целях охраны памятников мировой культуры и важных природных достопримечательностей. К ним относятся памятники культуры, уникальные природные территории или объекты национального значения. В Список Всемирного наследия включено 337 природных и культурных объектов, например, Йеллоустонский парк, резерват Нгоронгоро (Танзания), Галапагосские острова, Большой барьерный риф (Австралия), Национальный парк Серенгети (Танзания); Великая Китайская стена, Акрополь в Афинах (Греция), пирамиды в районе Гиза – Дахшур (Египет), Мамонтова пещера и Большой Каньон (США), Беловежский национальный парк (Польша) и др.

В настоящее время в Казахстане:

- Заповедников: *действующих 9* (Кургальджинский, Алакольский, Западно-Алтайский, Маркакольский, Наурзумский, Барса-Кельмес, Устюртский, Аксу-Джабаглы; *перспективных 18* (Ерментауский, Тургайский, Сынтасский, Алматинский (биосферный), Прибалхашский (биосферный), Прикаспийский (биосферный), Зайсанский, Тарбагатайский, Бетпакдалинский (комплескный), Урдинский (биосферный), Миргородский (биосферный), Бетпакдалинский (комплексный), Центрально-Азиатский (комплексный), «Красные борки», Жабайушканский, Жанажолский, Каратауский (комплексный), Сырдарьинский;

- Государственных Национальных природных парков: *действующих 4* (Алтын-Эмель, Иле-Алатау, Баянаульский, Кокшетауский); *перспективных 6* (Джунгарский региональный, Ерментауский, Тургайский, Алматинский, Прибалхашский (зоологический), Илийская дельта (зоологический), Каройский (зоологический), Верхнее-Коксуйский (зоологический), Куканский (зоологический);

- Природных памятников: действующих 24, перспективных 65;

- Заказников: действующих 66, перспективных 58;

- Государственных ботанических садов: действующих – 6 (Главный ботанический сад – г.Алматы, Илийский, Алтайский, Карагандин-

ский, Жезказганский, Актауский), перспективных – 3 (г.Астана, г.Атырау, г.Кызылорда);

- Государственных зоологических парков: действующих – 3 (г.Алматы, г.Караганда, г. Шымкент), перспективных – 1 (г.Астана);

- Государственных дендрологических парков: действующих – 0, перспективных – 3 (Иссыкский, Володарский, Кызылординский);

- Водоемов, имеющих особое государственное значение – 81.

Так, заповедники созданы для сохранения экосистем различных поясов и разных видов растений и животных им присущих. Например, Барса-Кельмес создан, в основном, с целью сохранения и размножения куланов; Кургальджинский заповедник – фламинго; Устюрт – степного барана; Алматинский – тяньшанских елей.

Национальный парк Баянаульский (1977) – для сохранения горнолесного массива.

Природный памятник – это редко встречающиеся исчезающие, выветривающиеся, разрушающиеся ценные природные объекты, представляющие научный, исторический и культурный интерес. Например, всем известны жетысуские кораллы; чинтуринские ельники; «Гусиный перелет» Павлодара; на правом берегу Ертыса крупное в мире палеонтологическое захоронение костей ископаемых фауны в отложениях песка и глины и др.

Заказник – часть природного комплекса или только растительность и животный мир. Из 62 заказников: 42 зоологических, 18 – ботанических, 1 – геоботанический, 1 – геологический.

В настоящее время на Северо-Восточном Каспии проводятся самые сложные в истории нефтяной промышленности работы по освоению месторождений (Кашаган), здесь нефть находится под большим давлением, имеет высокую температуру и содержит большое количество сероводорода. В этом регионе чрезвычайно изменчивый и резкий климат. Территория работ имеет статус особо охраняемой зоны, природные ресурсы, которые включают исчезающие и международно-охраняемые виды.

Каспийское море является самым большим замкнутым водоемом в мире. Оно питается водами шести крупных рек, включая Волгу и Урал и не связан напрямую с океаном. Уровень воды значительно ниже уровня моря (в 2003 году составлял около 27 м) и может изменяться со временем. На Северном Каспии сгонные и нагонные явления приводят к изменению уровня воды и драматическим последствиям: береговая черта может колебаться от 30 км в сторону суши, до 7 – 15 км в сторону моря. Северо-Восточная часть Каспийского моря является очень мелководной; на некоторых

участках даже на растоянии 25 – 30 км от берега глубина не превышает 2 м. Для региона свойственны резкие перепады температуры: от +40 ^{0}С летом до –30 ^{0}С зимой. В период с ноября по март Северо-Восточная часть Каспия покрывается льдом. В прибрежной зоне вода промерзает до дна, однако в море лед перемещается под воздействием ветра, вызывая образование торосов. Засушливый климат Северо-Восточного Каспия, засоленность почв и резкие перепады температуры определяют суровые условия обитания для растений и животных.

18. СТАНДАРТИЗАЦИЯ И НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

- Стандартизация в области охраны ОС;

- Нормирование качества ОПС: Гигиеническое нормирование; санитарно-гигиеническое и санитарно-эпидемиологическое нормирование;

- Нормирование загрязняющих веществ в воздухе: определение опасности загрязнения окружающей среды; неблагоприятные метеорологические условия; определение категории опасности предприятия (КОП); расчет ПДВ ЗВ в атмосферу и максимальной приземной концентрации от одиночного стационарного источника;

- Нормирование загрязняющих веществ в водных объектах: санитарно-гигиенические ПДК для воды водоемов; ПДС – предельно-допустимый сброс ЗВ в водные объекты; определение степени смешения и разбавления сточных вод в водоеме, а также необходимой степени очистки сточных вод.

18.1. Стандартизация в области охраны ОПС

В комплекс мер по обеспечению экологической безопасности биосферы входит стандартизация.

Стандартизация – это разработка и внедрение в практику научно обоснованных, обязательных для выполнения технических требований и норм (стандартов), регламентирующих человеческую деятельность по отношению к окружающей среде.

Стандарты качества окружающей среды устанавливают государственные органы *уполномоченного государственного органа по стандар-*

тизации, метрологии и сертификации (УГОСМС) РК, Министерство здравоохранения, другие министерства и ведомства.

Требования по охране ОС регламентируются в трех видах стандартов:

1) общетехнических; 2) стандартах на группу однородной продукции; 3) стандартах на конкретные виды продукции.

Стандарты подразделяются на: СТ РК – государственные стандарты Республики Казахстан; ГОСТ – межгосударственные стандарты, классификаторы технико-экономической информации, правила и рекомендации; международные, региональные и национальные стандарты, научно-технических, инженерных обществ; фирменные стандарты и др. В Казахстане разрабатываются также ГК ТЭИ – государственные классификаторы технико-экономической информации.

Стандарты имеют свою структуру. Так в ГОСТах (сегодня они стали для Казахстана межгосударственными, так как функционируют и в странах СНГ) индексом 17 обозначается стандарт в области охраны окружающей среды - «Охрана природы», затем следует номер группы (табл.18.1), номер вида (табл.18.2), порядковый номер стандарта, год регистрации или пересмотра стандарта (рис.18.1).

Например, ГОСТ 17.1.3.05-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами. В данном примере ГОСТ – категория стандарта , 17 – номер системы (ССОП – система стандартов в области охраны природы), 1 – номер группы (гидросфера), 3 – номер вида (правила охраны и рационального использования природного объекта), 05 – порядковый номер стандарта (стандарт номер 5) и 82 – г. регистрации стандарта (1982 г.).

Группы стандартов (изменения от 08.07.98), входящие в ССОП (вместо «Охрана природы) в измененном варианте представлена в табл. 18.1.

Таблица 18.1

Группы стандартов, входящие в ССОП

Номер группы	Наименование	Кодовое наименование
0	Организационно-методические стандарты	Основные положения
1	Стандарты в области охраны и рационального использования вод	ГИДРОСФЕРА
2	Стандарт в области защиты атмосферы	АТМОСФЕРА
3	Стандарты в области охраны и Рационального использования почв	ПОЧВЫ
4	Стандарты в области улучшения использования земель	ЗЕМЛИ
5	Стандарты в области охраны флоры	ФЛОРА
6	Стандарты в области охраны фауны	ФАУНА
7	----------	----------
8	Стандарты в области охраны и рационального использования недр	НЕДРА

Таблица 18.2

Классификация видов стандартов

№ вида	Наименование вида
0	Основные положения
1	Термины, определения, классификации
2	Нормы и методы измерений загрязняющих выбросов и сбросов, интенсивности использования природных ресурсов
3	Правила охраны природы и рационального использования природных ресурсов
4	Методы определения параметров состояния природных объектов и интенсивности хозяйственных воздействий
5	Требования к средствам контроля и измерений состояния окружающей природной среды
6	Требования к устройствам, аппаратам и сооружениям по защите окружающей среды от загрязнений
7	Прочие стандарты



Рис. 18.1. Структура ГОСТа

Согласно ГОСТу 17.0.0.01-76, система стандартов в области охраны природы (ССОП) состоит из комплексов взаимосвязанных стандартов, направленных на сохранение, восстановление и рациональное использование природных ресурсов. Основной задачей ССОП является введение в стандарты правил и норм, направленных на:

- обеспечение сохранности природных комплексов;
- содействие восстановлению и рациональному использованию природных ресурсов;
- содействие сохранению равновесия между развитием производства и устойчивостью окружающей природной среды;
- совершенствование управления качеством окружающей природной среды в интересах человечества.

Согласно международным стандартам ИСО серии 14000 по охране окружающей среды существуют особенности стандартизации в различных сферах, в том числе экологии. Достоверным доказательством соответствия любой продукции требованиям экологической безопасности служит ***экосертификация***.

В западно-европейских странах экосертификация широко развита, она дополняет обычную сертификацию и носит обязательный характер. Экологическая сертификация направлена на стимулирование производителей к внедрению технологических процессов и разработке товаров, характеризующаяся минимальной степенью загрязнения окружающей среды, дающая потребителю гарантию безопасности продукции для его жизни, здоровья, среды обитания.

18.2. Нормирование качества окружающей природной среды (ОПС)

Одной из важнейших проблем природопользования является улучшение качества окружающей среды. Основными критериями качества среды должно быть состояние и функционирование живых организмов, присущих той или иной экосистеме. Пределы концентрации вредных веществ должны быть такими, чтобы при этом соблюдались следующие условия:

– не нарушались газовые, концентрационные и окислительно-восстановительные функции живого вещества (именно эти функции регулируют процессы геохимического самоочищения экосистем);

– биохимический состав первичной и вторичной продукции не изменился настолько, чтобы вызвать нарушение жизненных функций в каком-либо из звеньев пищевой цепи не только данной экосистемы, но и за ее пределами;

– не понижалась биологическая продуктивность;

– сохранялся необходимый для существования экосистемы генофонд.

При нарушении названных условий происходит техногенная трансформация данной экосистемы, а при критических условиях техногенного воздействия – ее разрушение (экологическая катастрофа).

Любая, возникающая за счет какого-либо воздействия, нагрузка в экосистеме, способная вывести ее из среднего естественного (нормального) состояния называется *экологической нагрузкой*.

Так, Шварц считает, что качественный биогеоценоз (нормальное функционирование) должен отвечать следующим основным требованиям:

1) продукция (биомасса) всех основных звеньев трофических цепей высокая. Превышение фитомассы над зоомассой выражено не резко. Это обеспечивает синтез большого количества кислорода, растений и животных;

2) высокой продукции соответствует высокая продуктивность. Количество биомассы стремится к максимальной компенсации потерь биомассы на раз-личных трофических уровнях;

3) высокая стабильность биогеоценозов; биоценоз находится в состоянии динамического равновесия благодаря гомеостазу (стремлению к постоянству);

4) обмен вещества и энергии протекает с большой скоростью – максимальной скоростью биологического самоочищения системы;

5) высшая степень продуктивности и стабильности экосистемы сопровождается способностью к быстрой перестройке структуры сообщества и к быстрым эволюционным преобразованиям популяций доминирующих видов. Это обеспечивает поддержание биогеоценозов в оптимальном состоянии при изменении условий среды.

ПДЭН – это нагрузка (воздействие), которая не меняет качества окружающей природной среды или меняет ее в допустимых пределах, при которых не нарушается существующая экосистема и не возникают неблагоприятные последствия в важнейших популяциях называется *допустимой антропогенной нагрузкой на окружающую среду (ПДЭН)*.

При определении ПДЭН необходимо знать нормальное функционирование экосистемы и отдельных популяций, учитывать фоновое загрязнение биосферы (природное, естественное), устойчивость за-

грязнителей, переход их из одной среды в другую, по ступеням в пищевых цепях, накоплению на высоких трофических уровнях. К таким веществам относятся хлорорганические пестициды (ДДТ, делдрин и др.), полихлорбифенилы (ПХБ), некоторые тяжелые металлы (Hg) и радиоактивные продукты. Например, ПХВ входит в состав смазочных материалов, гидравлических жидкостей, синтетических смол и попадает в окружающую среду при их сбросе на свалки и неполном сгорании.

Поэтому для того, чтобы определить предельно-допустимую норму воздействия на ОПС, *гарантирующую* экологическую безопасность населения и сохранение генетического фонда, *обеспечивающую* рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях хозяйственной деятельности человека, разрабатываются нормативы качества ОПС.

Нормированию качества окружающей среды посвящен YШ раздел (статьи 35 – 45) Закона Республики Казахстан «*Об охране окружающей среды» принятого 15 июля 1997 года № 160-1.*

Цель нормирования качества окружающей среды – установление научно-обоснованных предельно допустимых норм воздействия человека на окружающую среду, гарантирующих предотвращение загрязнения окружающей среды, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов.

Под воздействием понимается антропогенная деятельность человека, осуществляющая реализацию экономических, рекреационных, культурных и других интересов, вносящая существенные изменения в природную среду. Наиболее распространенным видом отрицательного воздействия является *загрязнение*, причиняющее вред жизни и здоровью человека, растительному и животному миру и экосистемам.

Воздействие человека шире загрязнения: истощение ресурсов, уничтожение природных экосистем, нарушение стандартов на качество продукции вследствие превышения нагрузок на окружающую природную среду и др.

Главной величиной нормирования природной среды является предельно допустимая концентрация (ПДК), на ее основе разрабатываются мероприятия, рассчитываются затраты на охрану природы и платежи за природопользование.

ПДК – это максимальное количество вредного вещества в единице объема (воздуха, воды и других жидкостей) или веса (например, пищевых продуктов), которое при суточном или более коротком воздействии не вызывает в организме каких-либо патологических отклонений и неблагоприятных наследственных изменений у потомства в течение неограниченно продолжительного времени.

ПДК разрабатываются не только для вредных веществ, но и для вредных микроорганизмов и других биологических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, воду, почву, устанавливаются для оценки состояния ОПС в интересах охраны здоровья человека, сохранения генетического фонда, охраны растительного и животного мира.

Если ПДК не разработаны, то используются:

- временно допустимая концентрация (**ВДК**);
- ориентировочная безопасный уровень воздействия (**ОБУВ**);
- предельно-допустимая доза (**ПДД**);
- предельно-допустимые уровни (**ПДУ**) – (например, безопасного содержания радиоактивных веществ в окружающей природной среде и продуктах питания, предельно допустимого уровня радиационного облучения населения).

Разработаны предельно-допустимые остаточные количества вредных химических веществ в *продуктах питания; нормативы санитарных и защитных зон (**СЗЗ**) для охраны водоемов и иных источников водоснабжения, курортных, лечебно-оздоровительных зон, населенных пунктов и других территорий от загрязнения и других вредных воздействий*.

Важнейшим критерием качества среды служит состояние здоровья человека, т. к. он подвергается комбинированному, комплексному, суммационному действию химических, физических, биологических факторов среды.

До настоящего времени в основном разрабатывались *нормативы санитарно-гигиенические*, т.е. направленные на здоровье человека. В настоящее время стало необходимым разрабатывать *экологические нормативы*, направленные на сохранение равновесия в экосистеме в целом, в том числе и здоровье человека. Другим направлением нормирования является *разработка допустимых объемов выбросов загрязняющих веществ (ПДВ – предельно-допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, ПДС – предельно-допустимых сбросов загрязняющих веществ со сточными водами).*

Уровни ПДК одного и того же вещества различны не только для разных компонентов внешней среды (воздуха, воды, почв и др.), но и в разных государствах, а также в зависимости от объекта, региона (региональные ПДК), места (ПДК атмосферы: рабочей зоны, промплощадки, населенного пункта; ПДК воды: хозяйственно-бытовой, рыбохозяйственной; ПДК почвы: пахотного слоя, территории предприятия, жилых районов).

Состояние среды оценивают по следующим **критериям**, разработанным для атмосферы, гидросферы, литосферы:

- **по совокупности измеряемых показателей** (для воды – физические, химические, гидробиологические показатели; для воздуха - концентрации пыли и газов; для почв – санитарные показатели: личинки мух, яйца гельминтов, коли-титр, титр анаэробных бактерий, санитарное число);

- или **по условным индексам загрязнений** (ИЗА для воздуха, ИЗВ - для водоемов).

Чтобы сохранить экологическое равновесие в природных экосистемах, чтобы она могла выполнять функции саморегуляции, качество окружающей природной среды должно соответствовать нормативам.

Таким образом, разработка нормативов ведется в 3-х направлениях:

1) **гигиенические** (санитарно-гигиенические – для охраны здоровья людей, рыбохозяйственные и токсикологические ПДК),

2) **экологические** (для экосистем в целом, в том числе и для здоровья человека),

3) **регламентация объемов загрязнений, поступающих в окружающую природную среду** (ПДВ, ПДС).

18.2.1. Гигиеническое нормирование

Гигиенические нормативы – наиболее разработанная система норм, правил и регламентов для оценки качества окружающей природной среды (рис. 18.2)..

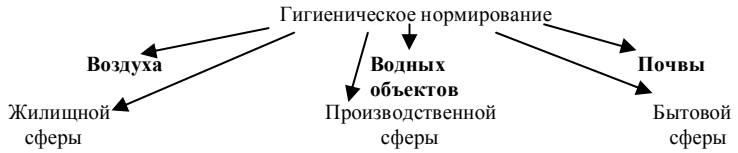


Рис. 18.2. Основные объекты гигиенического нормирования

Они устанавливаются в интересах охраны здоровья человека и сохранения генетического фонда некоторых популяций растительного и животного мира Гигиеническое нормирование охватывает также производственную и жилищно-бытовую сферы жизни человека. Установленные и утвержденные нормативы обязательны на всей территории стран СНГ.

Для питьевой воды предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых вредных веществ были утверждены еще в 1939 г. В на-

стоящее время число установленных ПДК для водных объектов различного назначения приблизилось к 2000.

Для атмосферного воздуха в 1951 г. были введены ПДК по 10 веществам, а сегодня их уже около 500.

Для почвы ПДК вредных веществ впервые установлены в1980 г. В настоящее время нормативов более 100. Существует также ПДК вредных веществ для рыбохозяйственных водоемов, для воздуха в зоне лесных массивов, для вод используемых при орошении, и др.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) – это такие концентрации вредных веществ, которые практически не оказывают влияния на здоровье человека и не вызывают неблагоприятных последствий у его потомства.

18.2.2. Санитарно-гигиеническое и санитарно-эпидемиологическое нормирование

Методологической основой для разработки санитарно-гигиенических и санитарно-эпидемиологических стандартов послужили методы, используемые в медицинской и ветеринарной токсикологии.

Токсикант – ядовитое, вредное для здоровья вещество.

Для оценки токсичности веществ проводятся опыты на животных, с последующей экстраполяцией экспериментальных данных на человека. Количество вредного вещества, поступившего в организм, отнесенного к массе тела (мг/кг), называется дозой. Количество веществ, отнесенных к единице объема или массы воздуха (мг/м^3), воды (мг/л), или почвы (мг/г), называется концентрацией. Смертельные дозы и концентрации называются соответственно летальной дозой (ЛД) и летальной концентрацией (ЛК) (лат. letalis - смертельный). Доза, которая вызывает гибель 50% подопытных организмов, обозначается как $ЛД_{50}$ или $ЛК_{50}$. В зависимости от степени токсичности ядовитых веществ выделяют 4 класс опасности (наиболее опасен 1-й класс). Воздействуя на организм, вредные вещества вызывают острые и хронические заболевания: острые возникают после однократного воздействия и могут приводить к смертельному исходу, хронические развиваются в результате систематического воздействия доз, не приводящих к острому отравлению. Хронические заболевания часто вызывают соединения свинца, марганца, пары ртути и др. Некоторые вещества, например, синильная кислота или цианистый калий, вызывают только острые отравления.

Для большинства веществ устанавливаются две пороговые концентрации: минимальную при остром отравлении ($ПДК_{мин.остр}$) и минимальную при хроническом отравлении ($ПДК_{мин.хрон}$).

Однако необходимо учитывать, что одни и те же концентрации вредных веществ по-разному воздействуют на организмы в зависимости от того, где они находятся: в воздухе, воде, или почве. Поэтому ПДК вредных веществ в разных средах могут сильно различаться.

В настоящее время нормативно-техническая документация в области охраны окружающей среды разрабатывается в 3-х направлениях:

1) **гигиенические нормативы**, основным качественным показателем которых является ПДК – предельно-допустимые концентрации, которые различают как санитарно-гигиенические, рыбохозяйственные и токсикологические ПДК;

2) **экологические** нормативы, основным качественным показателем которых являются ЭДК – экологически-допустимые концентрации;

3) **регламентация объемов загрязнений, поступающих в окружающую природную среду**, количественным показателем которых являются ПДВ – предельно-допустимые выбросы ЗВ в атмосферу, ПДС – предельно-допустимый сброс ЗВ со сточными водами.

До настоящего времени в основном разрабатывались *нормативы санитарно-гигиенические*, т.е. направленные на охрану здоровья человека.

Благодаря экологическому открытию о развитии и эволюции не только живых организмов, но и экосистем, стало необходимым разрабатывать *экологические нормативы*, направленные на сохранение равновесия в экосистеме в целом, в том числе и на сохранение здоровья человека.

Уровни ПДК одного и того же вещества различны не только для разных компонентов внешней среды (воздуха, воды, почв и др.), но и в разных государствах, а также в зависимости от региона – это региональные ПДК, от места, например, ПДК атмосферы: рабочей зоны, промплощадки, населенного пункта;

ПДК воды: хозяйственно-бытовой, рыбохозяйственной;

ПДК почвы: пахотного слоя, территории предприятия, жилых районов).

Чтобы сохранить экологическое равновесие в природных экосистемах, чтобы она могла выполнять функции саморегуляции, качество окружающей природной среды должно соответствовать научно-обоснованным нормативам.

18.3. Нормирование загрязняющих веществ в воздухе

Воздух – среда, непосредственно окружающая человека и потому прямо воздействующая на его здоровье.

Критерии качества атмосферного воздуха. В атмосферном воздухе, особенно в нижних слоях, кроме газообразных составляющих, всегда имеются физические примеси. Различные по происхождению и разнообразные по форме, размерам, химсоставу и физическим свойствам они всегда находятся во взвешенном состоянии. Это пыль, дым, сажа, различные органические частицы (споры, пыльца, микроорганизмы). Физические примеси играют большую роль в развитии ряда атмосферных процессов. В результате антропогенной деятельности человека воздух интенсивно загрязняется химическими соединениями: диоксидом углерода, оксидами азота, серы, свинцом и т.д.

Качество воздуха оценивается с помощью качественного показателя – ПДК по коэффициенту

$$j = C_i / ПДК_i , \qquad (1)$$

где C_i – фактическая концентрация веществ, $ПДК_i$ – максимально разовые предельно-допустимые показатели загрязняющих веществ (ЗВ).

Часто загрязнение усиливается присутствием одновременно нескольких загрязняющих веществ, тогда учитывается *эффект суммации* этих загрязнителей:

$$j = C_1 / ПДК_1 + C_2 / ПДК_2 + \ldots. + C_n / ПДК_n \leq 1, \qquad (2)$$

где C_1, $C_2 \ldots C_n$ – фактические концентрации веществ, мг/м^3;

$ПДК_1$, $ПДК_2$,…$ПДК_n$– максимально разовые ПДК ЗВ, мг/м^3.

Это уравнение используется при установлении качества воздуха, если в нем одновременно присутствуют следующие группы веществ:

- ацетон + фенол;
- озон + диоксид азота + формальдегид;
- сернистый газ + диоксид азота;
- сернистый газ + фтористый водород;
- сернистый газ + аэрозоль серной кислоты;
- сернистый газ + сероводород и другие комбинации, которые можно найти в справочниках.

Если $j \leq 1$, значит опасность загрязнения от этих выбросов не существует или они интенсивно рассеиваются на определенной территории. Если же $j > 1$, значит данное предприятие опасно загрязняет окружающую среду и требуются природоохранные мероприятия.

Еще в 20-е гг. XX в. начали вводить ПДК вредных веществ в рабочих помещениях. Обычно содержание примесей в воздухе рабочего помещения больше, чем на площадке предприятия и тем более за ее пределами. Поэтому для каждого вредного вещества в воздухе устанавливают, по крайней мере, два нормативных значения: ПДК в воздухе рабочей зоны ($ПДК_{р.з}$) и ПДК в атмосферном воздухе ближайшего населенного пункта ($ПДК_{а.в.}$).

В нашей стране существует следующая классификация ПДК воздуха, представленная на рисунке 18.3.



Рис. 18.3. Классификация предельно-допустимых концентраций в воздухе

В таблице 18.3 приведены $ПДК_{а.в}$ некоторых загрязняющих веществ в воздухе населенных пунктов (максимальные разовые – $ПДК_{м.р}$, среднесуточные - $ПДК_{сс}$) и ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ).

$ПДК_{р.з}$ – это концентрация, которая при работе не более 41 часа в неделю в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний у работающих и их детей.

Следовательно, при нормировании вредных веществ в воздухе производственных помещений учитывается время пребывания людей в зоне загрязнения. *На территории предприятия* содержание примесей принимается равным 0,3 $ПДК_{р.з}$, т. к. этот воздух используется для приточной вентиляции, кроме того, из-за высоких производственных зданий наблюдаются застойные явления «ветровые тени», поэтому различают ПДК промышленной площадки – ***$ПДК_{пп}$***.

Таблица 18.3

Предельно допустимые концентрации некоторых веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов

Вещество	Норматив, мг·м$^{-3}$			Класс опасности
	$ПДК_{м.р}$	$ПДК_{с}$	ОБУВ	
Диоксид азота	0,085	0,085	-	1
Взвешенные вещества	0,5	0,15	-	3
Сернистый ангидрид	0,5	0,05	-	2
Железа оксиды (в пересчете на железо)	-	0,04	-	3
Кобальт металлический	-	0,001	-	1
Сероводород	0,008	0,008	-	1
Марганец и его соединения (в пересчете на диоксид марганца)	0,01	0,001	-	3
Меди оксиды (в пересчете на медь)	-	0,002	-	2
Никеля оксиды (в пересчете на никель)	-	0,001	-	2
Пыль неорганическая, содержащая диоксид кремния, %:				
Выше 70	0,15	0,05	-	3
20 – 70	0,3	0,1	-	-
ниже 20	0,5	0,15	-	-
Оксид углерода	3	1	-	3
Ртуть металлическая		0,0003	-	1
Сажа (копоть)	0,15	0,05	-	2
Свинец и его соединения	-	0,0003	-	1
Алюминия оксид	-	-	0,04	4
Натрия гидр оксид	-	-	0,01	2
Натрия карбонат	-	-	0,04	3
Хром (в пересчете на триоксид)	0,0015	0,0015	-	1

$ПДК_{а.в}$ – это предельная концентрация, которая на протяжении всей жизни человека не должна оказывать на него вредного влияния, включая отдаленные последствия на окружающую среду в целом.

Необходимость такого раздельного нормирования определяется тем, что на предприятии работают люди в течение рабочего дня, часто во вредных условиях, здесь качество воздуха будет хуже, чем в любой другой зоне, например, на территории предприятия – $ПДК_{п.п.} = 0,3ПДК_{р.з}$. Однако качество воздуха промплощадки будет хуже, чем воздуха в населенных пунктах, и тем более хуже, чем в курортных зонах, зонах отдыха, детсадах, лечебницах и т.п. –

$$ПДК_{курорт.зоны} = (0,8ПДК_{макс.разов}).$$

Поэтому $ПДК_{р.з} > ПДК_{а.в.}$ Например, для диоксида серы (SO_2) $ПДК_{р.з}$ =10 мг·м$^{-3}$, а $ПДК_{а.в}$ = 0,5 мг·м^3. Для метилмеркаптана эти показатели соответственно равны 0,8 и $9 \cdot 10^{-6}$ мг·м$^{-3}$.

В зонах непосредственного нахождения человека у источников выброса, а также в аварийных случаях, важное значение имеют ПДК максимально-разовая и среднесуточная.

Максимально-разовые ПДК – величина концентрации, не оказывающая влияния в течение 20 минут, принимаемая при замере в среднем в течение 20 минут (не вызывает ограничения видимости, присутствия запаха).

Среднесуточные ПДК - предельно-допустимые концентрации, не оказывающие воздействия в течение суток.

Уровни ПДК одного и того же вещества различны не только для разных компонентов внешней среды (воздуха, воды, почв и др.), но и в разных государствах.

18.3.1. Определение опасности загрязнения окружающей среды

При проектировании или строительстве предприятий в районах, где воздух уже загрязнен, необходимо выбросы предприятий нормировать с учетом присутствующих примесей, т.е. присутствуют выбросы нескольких веществ, то сумма отношений концентраций загрязняющих веществ к их ПДК (с учетом $C_ф$) не должна превышать единицы:

$$j = \sum_{i=1}^{n} \frac{C_i}{ПДК_i - C_{фi}} \le 1 \qquad (3)$$

где C_i – концентрация i–го вещества; $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i-го вещества; $C_{фi}$ – фоновая концентрация i-го вещества; n - число суммируемых веществ.

В расчетах при определении опасности загрязнения атмосферы, например, промышленным предприятием, за приземный слой атмосферы принимают пространство до 2 м над поверхностью земли – т.е. с человеческий рост.

По степени воздействия на организм человека загрязняющие вещества подразделяются на 4 класса:

1 – чрезвычайно опасные (ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны меньше 0,1 мг/м^3);

2 – высокоопасные (то же, 0,1-1,0 мг/м^3);

3 – умеренно опасные (то же, 1-10 мг/м^3);

4 – малоопасные (более 10 мг/м^3).

Задача 1. Определение опасности загрязнения атмосферы от выбросов предприятия.

Определить опасность загрязнения атмосферы в жилом массиве, если концентрация в приземном слое $SO_2 = 0{,}4$ мг/м^3, а $NO_2 = 0{,}17$ мг/м^3.

Решение. Сернистый газ и диоксид азота, как было сказано выше, обладают эффектом суммации, поэтому коэффициент j определим по известной формуле $j = C_1 / ПДК_1 + C_2 / ПДК_2 + \ldots. + C_n / ПДК_n$,

$j = C_{SO2} / ПДК_{SO2} + C_{NO2} / ПДК_{NO2} = 0{,}4/0{,}5 + 0{,}17/0{,}085 = 0{,}8+2 = 2{,}8 > 1$

Так как $j = 2{,}8 > 1$, то опасность загрязнения атмосферы предприятием существует и требуются природоохранные мероприятия.

Если же концентрация загрязняющих веществ после рассеивания не превышает значений ПДК, то это означает, что атмосфера способна самоочищаться и рассеивать это количество загрязняющих веществ.

ПДВ – это допустимое количество загрязняющих веществ, выбрасываемое в атмосферу вместе с пылегазовыми выбросами предприятий, которое после рассеивания и стратификации в чистом воздухе не будет превышать нормативных ПДК.

18.3.2. Неблагоприятные метеорологические условия

В интенсивном загрязнении атмосферы большую роль играют неблагоприятные метеорологические условия (НМУ) в месте расположения источника загрязнения:

а) *опасная скорость ветра*, при которой не происходит рассеивания загрязняющих веществ от организованных выбросов и возникают максимальные приземные концентрации загрязняющих веществ (ЗВ). Такая скорость ветра определяется только параметрами источника выброса (труба, аэрационный фонарь, свечи и т.д.) и газовоздушной смеси.

Вначале рассматривается параметр $\nu_м$ по формуле

$$\nu = 0{,}65\sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}}, \qquad (4)$$

где V_1 – расход выбрасываемой газовоздушной смеси, м^3/с;

ΔT – разность между температурами выбрасываемой газовоздушной смеси $T_г$ и атмосферного воздуха $T_{а.в.}$;

H – высота источника выброса, м.

Значение опасной скорости ветра $U_м$ м/с, определяется из следующих условий:

- **для нагретых выбросов** опасная скорость ветра:

$$\begin{aligned} U_м &= 0{,}5 \text{ при } \nu_м \le 0{,}5 \\ U_м &= \nu_м \text{ при } 0{,}5 < \nu_м \le 2 \\ U_м &= \nu_м (1 + 0{,}12\sqrt{f}) \text{ при } \nu_м > 2, \end{aligned} \qquad (5)$$

$$\text{где } f = 1000\ \frac{\omega_0^2 Д}{H^2 \Delta T},$$

ω_0 – скорость выхода газовоздушной смеси, м/с;

Д – диаметр устья источника выброса, м.

Если предприятие имеет несколько источников выброса, то рассчитывается средневзвешенная скорость ветра по формуле

$$U_{м.ср.} = \frac{U_{м1}C_{м1} + U_{м2}C_{м2} + ...U_{мп}C_{мп}}{C_{м1} + C_{м2} + ...C_{мп}} \qquad (6).$$

- для холодных выбросов (когда $\Delta T \approx 0$) опасная скорость ветра определяется из выражения:

$$\nu_м^1 = 1{,}3\frac{\omega_0 Д}{H} \qquad (7)$$

Далее $U_м$ определяется из следующих условий, м/с:

$$\begin{aligned} U_м &= 0{,}5 \quad \text{при} \quad \nu^1_м \le 0{,}5 \\ U_м &= \nu^1_м \quad \text{при} \quad 0{,}5 < \nu^1_м \le 2 \\ U_м &= 2{,}2\nu^1_м \quad \text{при} \quad \nu^1_м > 2. \end{aligned} \qquad (8)$$

б) *опасное направление ветра*, т.е. направление от источника выброса на жилой массив; если несколько источников, то опасным будет направление, при котором происходит наложение факелов выбросов наиболее мощных источников загрязнения или наибольшего количества этих факелов;

в) *опасное устойчивое состояние атмосферы*, при котором температура воздуха на каждые 100 м высоты падает меньше, чем на 1 ºС, т.е. рассеивание грязного воздуха вверх ограничивается, т. к. он охлаждается быстрее, и потому более теплый, легкий чистый воздух не опускается вниз и не перемешивается с ним (существует также безразличное и неустойчивое состояние атмосферы, последнее является благоприятным для рассеивания выбросов загрязняющих веществ). Визуально факел выброса ЗВ непрерывный, без разрывов, перемещается параллельно земле (рис.18.4).

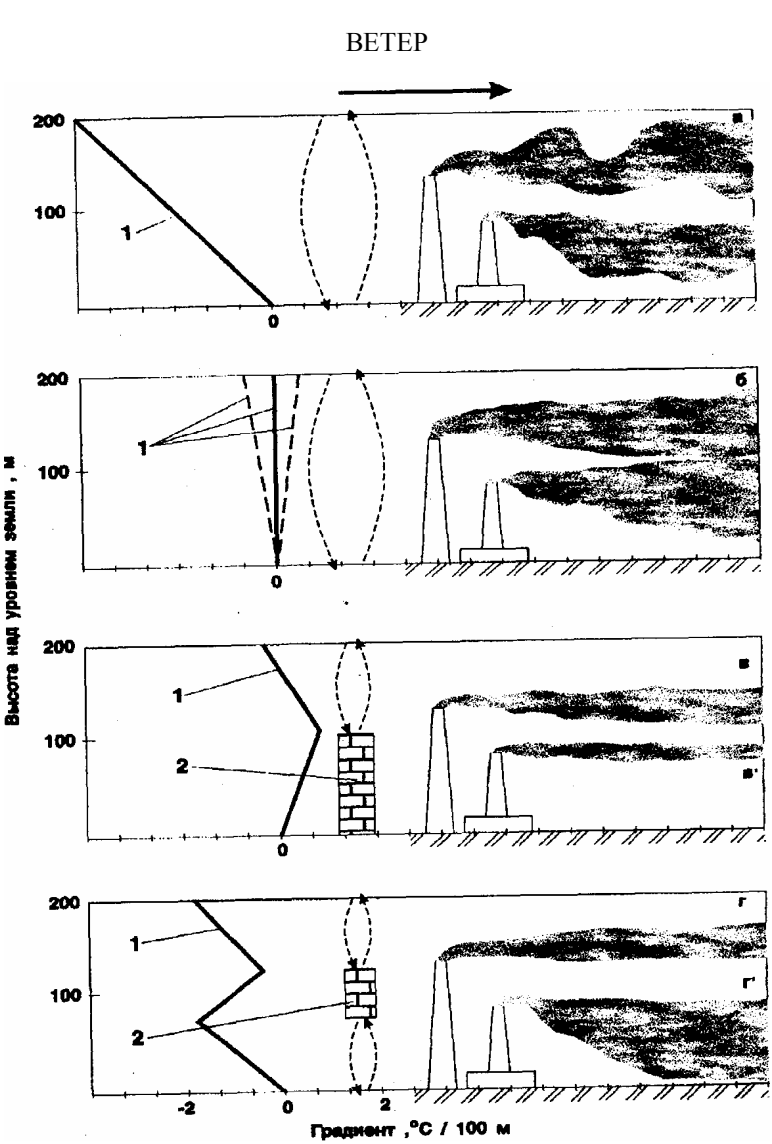


Рис.18.4. Формы пылегазовых выбросов

Вообще выделяют три типичных состояния атмосферы: *безразличное, неустойчивое и устойчивое.*

При **безразличном состоянии** атмосфера характеризуется снижением температуры воздуха каждые 100 м высоты на 1ºС. Для рассеивания ЗВ безразличное состояние атмосферы не самое худшее, но и особо благоприятным оно не является. Визуально факел выброса ЗВ имеет конусообразную форму и размеренно поднимается вверх.

При **неустойчивом состоянии** атмосферы вещества рассеиваются наиболее активно. Температура каждые 100 м высоты снижается больше чем на 1ºС. Факел выброса имеет клубообразную форму и стремительно поднимается вверх.

При рассеивании ЗВ в атмосфере большую роль играет процесс стратификации (перемешивания), поэтому в расчетах рассеивания учитывается коэффициент стратификации А в зависимости от места расположения источника загрязнения. Так, для Казахстана А = 200.

г) *температурная инверсия* – состояние атмосферы, при котором температура воздуха в приземном слое не уменьшается, а возрастает с высотой. Инверсионный слой возникает при штилях, туманах, низкой облачности, в результате резкого вторжения больших масс холодного или теплого воздуха и рассеивания грязного выброса практически не происходит.

д) *осадки* – дождь, снег играют как положительную (очищается воздух), так и отрицательную роль (ЗВ возвращаются из приземного слоя атмосферного воздуха с осадками, загрязняя почву).

е) *высокая температура воздуха* – способствует ускорению реакций, протекающих в воздухе и может быть определяющей неблагоприятных метеоусловий.

При расчете рассеивания ЗВ необходимо предварительно определить разность температур ΔT, С между выбрасываемой в атмосферу паровоздушной смеси $T_г$ и температурой наружного воздуха.

Холодные выбросы (при $\Delta T \approx 0$) рассеиваются в атмосфере хуже, поэтому чем теплее атмосферный воздух и меньше ΔT, тем больше приземная концентрация ЗВ.

При расчете максимальной приземной концентрации температура наружного воздуха принимается равной средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца года.

Таким образом, максимальная приземная концентрация ЗВ в приземном слое атмосферы возникает при НМУ – опасной скорости ветра, устойчивом состоянии атмосферы и максимальной температуре воздуха в момент выброса пылегазовой смеси в атмосферу.

Задача 2. Расчет опасной скорости ветра для рассеивания ЗВ.

Определить опасную скорость ветра для источника диаметром Д=1 м, высотой Н = 40 м, скоростью выхода газовоздушной смеси ω_0 = 2 м/с и ее температурой Т = 80 ºС. Источник расположен в г. Костанай.

Решение.

Определим расход газовоздушной смеси

$$V_1 = \frac{\pi D^2 \omega_0}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 1^2 \cdot 2}{4} = 1{,}57 м^3 / с.$$

- по СНИП 2.01.01-82 находим максимальную температуру наружного воздуха самого жаркого месяца в г. Костанае (июль, 22 ºС);
- рассчитаем по известной формуле (4) параметр

$$v_м = 0{,}65\sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}} = 0{,}65\sqrt[3]{\frac{1{,}57(80-22)}{40}} = 0{,}98;$$

- из условия (5) находим, что в рассматриваемом случае опасная скорость ветра $U_м = v_м$; т.к. $U_м$ = 0,98 м/с.

18.3.3. Определение категории опасности предприятия (КОП)

Расчет категории опасности предприятия проводится по "Рекомендациям по делению действующих предприятий на категории опасности в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ", г. Алматы, 1991 г.

Категорию опасности (КОП) рассчитывают по следующей формуле:

$$КОП = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{\alpha i} \qquad (9)$$

где M_i - масса выброса i-го вещества, т/год;

$ПДК_i$ - среднесуточная ПДК i-го вещества, мг/м^3;

n – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием;

α^i - безразмерная величина, позволяющая соотнести степень вредности i -го вещества с вредностью сернистого газа, определяющаяся по табл. 18.4.

Таблица 18.4

Значения α^i для веществ различных классов опасности

Константа	Класс опасности			
	1	2	3	4
α^i	1,7	1,3	1,0	0,9

По величине КОП предприятия делят на 4 категории опасности, представленные в таблице 18.5.

Таблица 18.5

Классификация предприятий по категории опасности

Категория	Значения КОП	Примечание
1	КОП > 10^6	Предприятия имеют значительный валовый выброс загрязняющих веществ 1 класса опасности. Характерно для малых городов, содержащих 1-2 предприятия или для крупных городов, содержащих 5-10 предприятий. Выбросы предприятия составляют до 60-70 % от общего выброса города.
2	10^6 > КОП > 10^4	Большой объем выбросов загрязняющих веществ с превышением ПДК одного или нескольких загрязняющих веществ. Характерно для малых городов, содержащих 3-8 предприятий или для крупных городов, содержащих 15-20 предприятий. Выбросы предприятия составляют до 30 % от общего выброса города.
3	10^4 > КОП > 10^3	Наиболее многочисленная группа. Выбросы предприятия составляют до 5-10 % от общего выброса города.
4	КОП < 10^3	Мелкие предприятия с небольшим выбросом загрязняющих веществ. Выбросы предприятия составляют до 1-5 % от общего выброса города.

Выбрасываемые вещества, для которых M_i / $ПДК_i$ < 1 – не учитываются при расчетах КОП и приравниваются нулю.

Если отсутствуют *среднесуточные значения ПДК*, то используют значения *максимально-разовых ПДК*, ОБУВ – *ориентировочно безопасный уровень воздействия* или *уменьшенные в 10 раз значения ПДК веществ в воздухе рабочей зоны.* Если же не разработаны ПДК или ОБУВ для какого-либо вещества, то значения КОП приравнивают к массе выбросов данного вещества.

Задача 3. Расчет КОП.

Рассчитать категорию опасности АО «Казвторчермет». На предприятии имеется 20 источников выброса загрязняющих веществ в атмосферу, наименования которых приведены в таблице 18.6.

Решение. Расчет КОП представлен в виде таблицы 18.6.

Таблица 18.6

Расчет КОП АО «Казвторчермет»

Вещества	М, т/год	ПДКсс, мг/м^3	Класс опасности	α^i	$\left(\frac{M}{ПДК_{сс}}\right)$	$\left(\frac{M_i}{ПДК_i}\right)^{\alpha i}$
Сажа	0,017	0,05	3	1	0	-
Пыль SiO_2<20%	0,479	0,15	3	1	3,19	3,19
Пыль неорг.с содерж. SiO_2 <20-70%	0,009	0,1	3	1	0	-
Пыль древесная	0,365	0,1 ОБУВ	3	1	3,65	3,65
Марганец оксид	0,0064	0,001	2	1,3	6,4	$6,4^{1,3}$=11,17
Углеводороды	0,16	1,5	4	.0,9	0	-
Углерода оксид	1,249	3,0	4	0,9	0	-
Серы диоксид	0,4709	0,05	3	1	9,41	9,41
Азота диоксид	0,322	0,04	2	1,3	8,05	$8,05^{1,3}$=15,05
Фтористый водород	0,0001	0,005	2	1,3	0	-
Масла минеральные	0,0007	0,05 ОБУВ	3	1	0	-
Серная кислота	0,0022	0,1	2	1,3	0	-
Формальдегид	0,0004	0,003	2	1,3	0	-
Бенз(а)пирен	$0,2*10^{-7}$	10^{-5}	1	1,7	0	-

$$КОП = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{M_i}{ПДК_i}\right)^{\alpha i} = 3,19 + 3,65 + 11,17 + 9,41 + 15,05 = 42,47.$$

Предприятие «Казвторчермет» относится к 4 категории опасности, т.к. КОП = 42,47 < 1000 (смотри таблицу 18.5).

Эффектом суммации обладают: азота диоксид и серы диоксид; серы диоксид и фтористый водород; серы диоксид и кислота серная; все твердые (взвешенные) вещества.

18.3.4. Расчет ПДВ ЗВ в атмосферу и максимальной приземной концентрации от одиночного стационарного источника

Расчет ПДВ и максимальной приземной концентрации производится в соответствии с «Методикой расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (ОНД-86). В основу расчета положено использование следующей формулы: например, для случая нагретых выбросов из близкорасположенных между собой труб

$$ПДВ_г = \frac{(ПДК - C_ф)H^2}{AFmn\eta}\sqrt[3]{V_1\Delta T} \qquad (10)$$

где ПДК – максимально разовая ПДК, мг/м^3;

$C_ф$ – фоновая концентрация этого же вещества в воздухе данного населенного пункта, мг/м^3;

H – высота труб, м;

A – коэффициент стратификации –120 (для Казахстана 200);

V_1 – объем дымовых газов, выбрасываемых в единицу времени, м^3/с;

ΔT – перегрев газов относительно окружающего воздуха, °С;

F – безразмерный коэффициент, определяющий скорость осаждения примесей в атмосфере (для газов и мелкодисперсных аэрозолей F =1);

m и *n* — безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовоздушной смеси из устья источника;

η – коэффициент, характеризующий соответственно неблагоприятные климатические условия и влияние рельефа (для ровной местности η = 1).

Расчет ПДВ для источников холодных выбросов производится по формуле

$$ПДВ_x = [8V_1(ПДК - C_ф)H^{4/3}]\,AFn\eta D \qquad (11)$$

где D – диаметр источника выброса, м.

Задача 4. Расчет ПДВ.

Определить предельно допустимый выброс диоксида серы и его максимальную приземную концентрацию из дымовой трубы котельной высотой H = 40 м, диаметром устья B = 1,4 м. Мощность выброса диоксида серы M = 12 г/с, средняя скорость выхода дымовых газов из трубы ω_0 = 7 м/с, температура дымовых газов T = 120°С, температура окружающей среды T_0 = 20°С, $ПДК_{SO2}$ в атмосферном воздухе = 0,5 мг/м^3, фоновая его концентрация = 0,05 мг/м^3.

Решение. Расчет ПДВ для одиночного стационарного источника с круглым устьем определяем по формуле (10)

$$ПДВ_i = \frac{(ПДК - C_ф)H^2}{AFmn\eta}\sqrt[3]{V_1\Delta T}$$

Значение коэффициентов m и n определяется в зависимости от параметров f и v_m.

$$f = 1000\frac{\omega_0^2 D}{H^2\Delta T} = 1000\frac{7^2 1{,}4}{40^2(120-20)} = 0{,}4287$$

где ω_0 – средняя скорость выхода дымовых газов из устья трубы, м/с.

При значении $f < 100$,

$$m = \frac{1}{0{,}67 + 0{,}1\sqrt{f} + 0{,}34\sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0{,}67 + 0{,}1\sqrt{0{,}4287} + 0{,}34\sqrt[3]{0{,}4287}} = 1{,}01$$

Коэффициент n при значениях $f < 100$ определяется в зависимости от V_1 и v_m.

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4}\omega_0 = \frac{3{,}14 \cdot 1{,}4^2}{4} = 10{,}8$$

$$v_m = 0{,}65\sqrt[3]{\frac{10{,}8 \cdot 100}{40}} = 1{,}95 \text{ м/с.}$$

При $0{,}5 \le v_m < 2$,

$$n = 0{,}532\, v_m^{\,2} - 2{,}13 v_m + 3{,}13 = 0{,}532 \cdot 1{,}95^2 - 2{,}13 \cdot 1{,}95 + 3{,}13 = 1.$$

Таким образом, для диоксида серы

$$ПДВ = \frac{(0{,}5 - 0{,}05)40^2 \cdot \sqrt[3]{10{,}8 \cdot 100}}{160 \cdot 12 \cdot 1 \cdot 1{,}01 \cdot 1 \cdot 1} = 3{,}8 \text{ г/с.}$$

Максимальная приземная концентрация диоксида серы для данного источника в атмосферном воздухе определяется по следующей формуле:

$$См = \frac{AFmn\eta}{H^2\sqrt[3]{V_1\Delta T}} = \frac{160 \cdot 12 \cdot 1 \cdot 1{,}01 \cdot 1 \cdot 1}{40^2\sqrt[3]{10{,}8100}} = 0{,}12 \text{ мг/м}^3.$$

18.4. Нормирование загрязняющих веществ в водных объектах

18.4.1. Санитарно-гигиенические ПДК для воды водоемов

Санитарно-гигиенические ПДК разработаны по различным признакам вредности:

- по общесанитарному;
- по органолептическому;
- по токсикологическому.

Характер воздействия загрязняющих веществ на человека и водные экосистемы может быть разным, поэтому принцип разработки санитарно-гигиенических ПДК для воды водоемов – разный:

- во-первых, многие химические вещества могут тормозить естественные процессы самоочищения, в основном биохимическое окисление органических веществ, что часто приводит к ухудшению общего санитарного состояния водоема (дефициту кислорода, гниению, появлению сероводорода, метана и т.д.). В этом случае устанавливают ПДК по **общесанитарному признаку вредности;**
- во-вторых, промышленные стоки и содержащиеся в них вредные вещества могут изменять органолептические свойства воды (мутность, запах, привкус, температуру) – использовать такую воду становится невозможным. В этом случае устанавливаются такие предельные концентрации, которые не воспринимаются органами чувств человека – ПДК, установленные по **органолептическому признаку вредности**. Они часто являются более жесткими (более низкими), чем установленные по другим признакам вредности;
- в третьих, вредные вещества при непосредственном контакте или попадании в организм могут оказывать токсическое действие. Поэтому для вредных веществ устанавливают ПДК и **по токсикологическому признаку вредности.**

Таким образом, для одного и того же вещества могут устанавливаться разные предельные концентрации по перечисленным призна-

кам вредности. Например, ионы меди оказывают *токсическое действие* при концентрации 10 мг/л, *нарушают процессы самоочищения* в водоеме при концентрации 5 мг/л, а *придают привкус воде* при концентрациях 1,0 мг/л.

При нормировании качества воды водоемов ПДК устанавливается по лимитирующему признаку вредности – ЛПВ. ЛПВ – признак вредного действия вещества, который характеризуется наименьшей пороговой концентрацией.

ЛВП создает некоторый запас надежности по двум другим признакам вредности. Так, в приведенном примере в качестве ПДК меди для водоема принимается концентрация, равная 1,0 мг/л, выбранная по органолептическому ЛВП. В перечне ПДК (СанПиН 4630-88) всегда указываются ЛПВ, а также класс опасности вещества: от чрезвычайно опасных (1-й класс) до малоопасных (4-й класс).

Кроме того, одно и то же вещество для водоемов, используемых для нужд населения, может нормироваться по одному ЛВП, а для рыбохозяйственных – по другому. Например, аммиак для хозяйственно-питьевого водопользования нормируется по общесанитарному ЛПВ (2,0 мг/л), а для рыбохозяйственных водоемов – по токсикологическому ЛПВ (0,05 мг/л). То же и для меди: для водоемов первых двух видов водопользования она нормируется по органолептическому ЛПВ (1,0 мг/л), а для рыбохозяйственных – по токсикологическому (0,01 мг/л).

Если водоем используется для нескольких видов водопользования, то в качестве ПДК выбирается самая низкая, т.е. самая жесткая предельно допустимая концентрация вещества.

При сбросе в водоемы нескольких загрязняющих веществ и от нескольких источников действует то же правило, что и при выбросе нескольких загрязнении в атмосферу: сумма отношений концентрации веществ, нормируемых по одинаковому ЛПВ и относящихся к 1-му и 2-му классам опасности, к их ПДК не должна превышать единицы:

$$\sum \frac{C_i}{ПДК_i} \le 1,$$

где C_i- концентрации отдельных веществ, нормируемых по одинаковому ЛПВ 1-го и 2-го классов опасности; ПДК - предельно допустимые концентрации суммируемых веществ соответственно.

18.4.2. ПДС – предельно-допустимый сброс ЗВ в водные объекты

Вода – это не только ресурс, потребляемый человеком, но и среда от состояния которого зависит сохранение жизни на планете. Однако действующие нормативы качества природных вод ориентированы

главным образом на интересы здоровья человека и рыбного хозяйства и практически не обеспечивают экологическую безопасность водных экосистем. Эти требования к качеству природных вод регламентированы Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения (введены с 1 января 1991 г.). Качество морских вод регламентировано Санитарными правилами и нормами охраны прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения (СанПиН № 44631-88, введены с 6 июля 1988 г.).

Качество воды зависит от того, для каких целей человек собирается ее использовать. Выделяют следующие виды водопользования (рис.18.6):

1. хозяйственно-бытового назначения;
2. рыбохозяйственного назначения.

Каждая из этих видов делится на категории, представленные на рисунке 18.5.

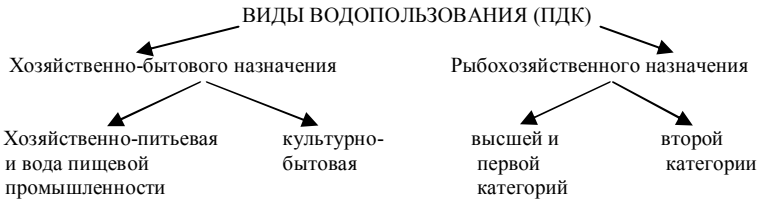


Рис. 18.5. Виды водопользования и ПДК водных объектов

Хозяйственно-питьевое – использование водных объектов или их участков в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения предприятий пищевой промышленности;

Культурно-бытовое – использование водных объектов для купания, занятий спортом и отдыха. К этому виду водопользования относятся и участки водных объектов, находящиеся в черте населенных мест, независимо от их использования;

Водоемы рыбохозяйственного назначения, которые в свою очередь, делятся на следующие категории:

Высшая категория – места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям особо ценных и ценных видов рыб, других промысловых водных организмов, а также охранные зоны хозяйств для искусственного разведения и выращивания рыб, других водных животных и растений;

Первая категория – водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода;

Вторая категория – водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей

Природная вода может использоваться и для других целей – для промышленного водоснабжения, орошения, судоходства, гидроэнергетики и т.д. Использование воды, связанное с ее частичным или полным изъятием, называют ***водопотреблением.*** Существует и некоторые общие требования к составу и свойствам воды (табл.18.7).

Таблица 18.7

Общие требования к составу и свойствам воды (Правила охраны поверхностных вод от загрязнения. М., 1991)

<table>
<tr><td rowspan="3">Показатель</td><td colspan="4">Виды водопользования</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Хозяйственно-питьевое</td><td rowspan="2">Культурно-бытовое</td><td colspan="2">Рыбохозяйственное</td></tr>
<tr><td>Высшая и первая категория</td><td>Вторая категория</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Взвешенные вещества[1]</td><td colspan="4">Содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться более чем на</td></tr>
<tr><td>0,25 мг / л</td><td>0,75 мг / л</td><td>0,25 мг / л</td><td>0,75 мг / л</td></tr>
<tr><td>Плавающие примеси</td><td colspan="4">На поверхности водоема не должны обнаруживаться плавающие пленки, пятна минеральных масел и других примесей</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Окраска</td><td colspan="2">Не должна обнаруживаться в столбике</td><td colspan="2" rowspan="2">Вода не должна иметь окраски</td></tr>
<tr><td>20 см</td><td>10 см</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Запахи, привкусы</td><td colspan="2">Вода не должна приобретать запахов и привкусов более 2 баллов, обнаруживаемых:</td><td colspan="2" rowspan="2">Вода не должна придавать посторонних привкусов и запахов мясу, рыбу</td></tr>
<tr><td>Непосредственно или после хлорирования</td><td>Непосредственно</td></tr>
</table>

Температура	Летом, после спуска сточных вод, не должна повышаться более чем на 3 ^{0}С по сравнению со средней в самый жаркий месяц		Не должна повышаться более чем на 5 ^{0}С там, где обитают холоднолюбивые рыбы, и не более 8 ^{0}С в остальных случаях (по сравнению с естественной температурой водного объекта)
Водородный показатель pH	**Не должен выходить за пределы 6,5 – 8,5**		
Минерализация воды	Не должна превышать по плотному остатку 1000 мг/л, в том числе хлоридов – 350 мг/л, сульфатов-500 мг/л	Нормируется по показателю «привкусы»	Нормируется согласно таксации рыбохозяйственных водоемов

Продолжение табл. 18.7

Показатель	**Виды водопользования**			
	Хозяйственно-питьевое	Культурно-бытовое	Рыбохозяйственное	
			Высшая и первая категория	Вторая категория
1	2	3	4	5
Растворенный кислород	В любой период года не ниже 4 мг/л в пробе, отобранной до 12 ч. дня		**В подлинный период не ниже**	
			6,0 мг / л	***4,0 мг / л***
Полное биохимическое потребление кислорода ($БПК_{полн}$)	При 20 ^{0}С не должно превышать			
	3,0 мг / л	6,0 мг / л	3,0 мг / л	3,0 мг / л
Химическое потребление кислорода (ХПК)	Не более 15,0 мг / л	30,0 мг / л	-	-
Химические вещества	Не должны содержаться в воде водотоков и водоемов в концентрациях, превышающих ПДК, установленные			
	СанПиН 4630-88		Перечнем ПДК и ОБУВ вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов	
Возбудители заболеваний	Вода не должна содержать возбудителей заболеваний, в том числе жизнеспособные яйца гельминтов и цисты патогенных кишечных простейших			
Лактозоположительные кишечныt палочки (ЛКП)	**Не более**		-	-
	10000 в 1 л	100 в 1 л		

Колифаги (в бляшкообразующих единицах)	**Не более 100 в 1 л**		-	-
Токсичность воды	-	-	Сточная вода на выпуске в водный объект не должна оказывать острого токсического действия на тест объекты	

Поскольку требования к качеству воды зависят от вида водопользования, необходимо определять этот вид для каждого водного объекта или его участков.

Под ПДК природных вод подразумевается концентрация индивидуального вещества в воде, при превышении которой она непригодна для установленного вида водопользования. При концентрации вещества равной или меньше ПДК вода так же безвредна для всего живого, как и вода, в которой полностью отсутствует данное вещество. Хотя есть информация о том, что жесткая вода не всегда вредна: при длительном ее использовании люди меньше болеют сердечно-сосудистыми заболеваниями, хотя могут развиться другие болезни.

ПДС – сброс определенного объема сточной воды, который после разбавления с водой водного объекта будет соответствовать ПДК загрязняющих веществ в контрольных точках - створах. В водотоках контрольный створ, в котором состав и свойства воды должны соответствовать нормативным, расположен на расстоянии 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (рис. 18.6).

Согласно действующим Правилам санитарно-гигиенические требования к качеству воды относятся только к местам или створам водопользования, а не ко всей акватории водного объекта. Как и в случае с источниками загрязнения атмосферы, в водных объектах также устанавливаются контрольные защитные зоны, дальше которых качество воды должно соответствовать нормам.

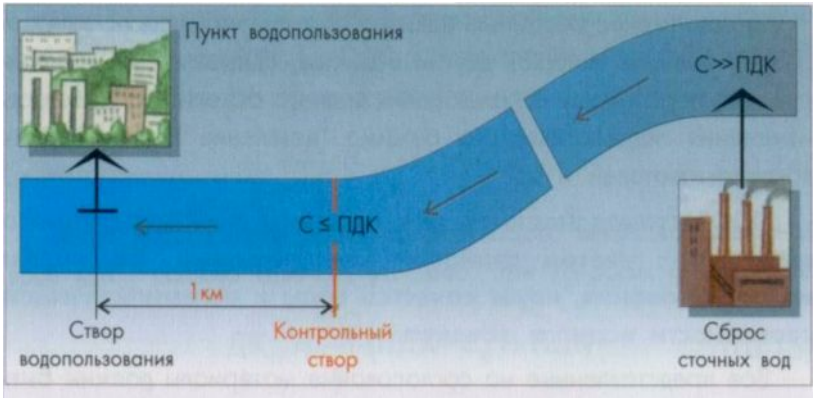
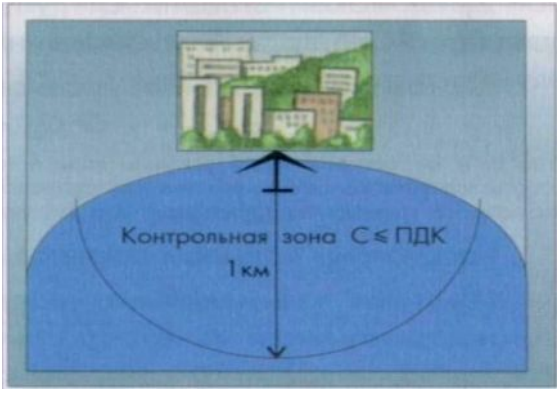


Рис. 18.6. Расположение контрольного створа в водотоках

Для водоемов рыбохозяйственного назначения контрольный створ устанавливается на расстоянии 500 м от выпуска сточных вод. *В непроточных водоемах* контрольная зона должна соответствовать нормативам в радиусе 1 км от пункта водопользования (рис.18.7).

Требования к составу и свойствам воды в контрольных створах и зонах зависят от вида водопользования. Основной принцип определения условий сброса сточных вод в водоемы заключается в том, что уже на первом этапе проектирования, т. е. при выборе площадки для нового объекта или реконструкции существующего, должны быть представлены



материалы, характеризующие:

Рис.18.7. Расположение контрольной зоныв непроточных водоемах

1) объект, его производительность; количество, состав, свойства и степень изученности сточных вод; место предполагаемого их выпуска; наличие эффективных методов очистки, обезвреживания, утилизации, возможности оборотного и повторного использования сточных вод; наличие ПДК для загрязняющих веществ;

2) санитарное состояние водного объекта; его гидрологический режим; наличие выпусков других объектов, влияющих на проектируемый; перспективу использования водного объекта, возможность изменения гидрологического режима, появление на нем новых водопользователей и др.

При установлении ПДС необходимо знать:

- *концентрацию загрязняющего контролируемого вещества;*
- *фоновую концентрацию;*
- *категорию водопользования;*
- *нормы качества воды;*
- *ассимилирующую способность водного объекта.*

Условия отведения определяются расчетным путем, при этом должны быть решены следующие задачи:

1) до какой степени необходимо разбавление объема сточной воды в водном объекте, чтобы после естественного перемешивания достичь требуемых ПДК в контрольном створе;

2) до какой степени следует очищать сточные воды, чтобы в расчетном контрольном створе не нарушалось условие $C \leq$ ПДК.

Основное расчетное уравнение имеет вид

$$q\,C_{ст} + \gamma Q C_{ф} = (q + \gamma Q)\,C_{к.ст}^{1} \qquad (12)$$

где Q и q - соответственно расходы воды в водном объекте и сточ-

ных вод; $С_{ст}$, $С_{ф}$ и $С_{к.ст.}$[1] - соответственно концентрации веществ одинакового вида в сточных водах, в водном объекте до сброса сточных вод (фоновая) и в контрольном створе; γ - коэффициент смешения.

Прогноз санитарного состояния водоема в контрольном створе может быть выполнен при решении уравнения относительно $С_{к.ст.}$:

$$C_{к.ст.} = \frac{qC_{ст} + \gamma Q_{ф}}{q + \gamma Q} \quad (13)$$

Если $С_{к.ст.} \leq$ ПДК, то прогноз благоприятный. В противном случае необходимы специальные меры, в основном по очистке сточных вод (или снижению их объема). Степень очистки и характер технологических и санитарно-технических мероприятий определяются степенью несоответствия $С_{к.ст.}$ и ПДК.

Расчет допустимой концентрации загрязняющего вещества в сточных водах ($ДК_{ст.}$) и ПДС. Концентрация вещества в сточной воде может быть рассчитана по формуле

$$C_{ст} = \frac{\gamma Q}{q}(C_{к.ст.} - C_{ф}) + C_{к.ст.} \quad (14)$$

Допустимая концентрация загрязняющего вещества в сточной воде ($ДК_{ст}$) должна отвечать условию, при котором $С_{к.ст.} \leq$ ПДК:

$$ДК_{ст} = \frac{\gamma Q}{q}(ПДК - C_{ф}) + ПДК \quad (15)$$

При $ДК_{ст} \leq$ ПДК нормативные требования должны быть отнесены не к контрольному створу водного объекта, а к самим сточным водам. Значит нет необходимости в строительстве очистных сооружений.

Таким образом, величина $ДК_{ст}$ принимается за основу при проектировании мероприятий по снижению загрязнения.

Необходимую степень очистки сточных вод (D, %) рассчитывают по формуле

$$D = \frac{C_{факт} - ДК_{ст}}{C_{факт}} 100\% \quad (16)$$

Если $С_{ф} \geq$ ПДК, то спуск сточных вод недопустим.

ПДС определяют по формуле

$$ПДС = ДК_{ст} \cdot q. \quad (17)$$

Этот расчет пригоден для наиболее простого случая, когда сток

организован одним выпуском и загрязняет водный объект в основном одним веществом.

Расчет сброса нескольких загрязняющих веществ. Расчет сброса также зависит от природы загрязняющих компонентов:

1) во-первых, загрязняющие вещества относятся к 1-му и 2-му классам вредности и к одной группе по ЛПВ.

Тогда вначале рассчитывают концентрацию первого вещества в контрольном створе ($C^1_{к.ст.}$):

$$C^1_{к.ст.} = \frac{qC^1_{ст} + \gamma QC_ф}{q + \gamma Q}. \qquad (18)$$

Таким же образом рассчитывают $C^2_{к.ст.}$ и т. д. до $C''_{к.ст.}$. После этого проверяют, соблюдается ли условие

$$\frac{C^1_{к.ст.}}{ПДК_1} + \frac{C^2_{к.ст.}}{ПДК_2} + ... + \frac{C^n_{к.ст.}}{ПДК_n} \le 1. \qquad (19)$$

Если эта величина оказалась больше единицы, то это значит, что требуется разработать способы снижения концентрации каждого вещества. При этом в процессе проектирования можно выбрать такую схему очистки, при которой уменьшаются концентрации лишь наиболее легко удаляемых веществ. После выбора способа выполняется повторный проверочный расчет с учетом эффективности осуществленных мероприятий, чтобы удостовериться, что сумма отношений концентраций к ПДК в створе водопользования не больше единицы.

2) во-вторых, в промышленном стоке содержатся вещества разных групп по ЛПВ. В первую очередь группируют вещества только 1-го и 2-го классов опасности по лимитирующим признакам вредности. Затем определяют предельные концентрации в стоке каждого вещества - раздельно от первого ($C^1_{ст}$) до последнего ($C_{ст}{}^n$) - по формуле (15).

Такой расчет неприемлем для большого количества выпусков и сбрасываемых загрязняющих веществ, т.к. концентрации сбрасываемых веществ получаются ничтожно малыми, а пригоден только для простых случаев сброса сточных вод через небольшое число выпусков и требует пересмотра.

Рассмотрим пример расчета

Задача 5. Расчет ПДС

Сброс сточных вод проектируемого предприятия предполагается в черте населенного пункта в реку, которая используется для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Количество сбрасываемой сточной воды $q_{ст}$ = 0,2 м^3/с = 720 м^3/ч следующего состава:

- 1. взвесей – 60 мг/дм^3;
- 2. минеральный состав по сухому остатку – 360 мг/дм^3, в том числе:
- хлоридов – 220 мг/дм^3;
- сульфатов – 100 мг/дм^3.
- 3. биохимическое потребление кислорода ($БПК_{полн}$) – 80 мг/дм^3;
- 4. свинец – 2,0 мг/дм^3;
- 5. бензол – 1,5 мг/дм^3;
- 6. нитрохлорбензол – 0,3 мг/дм^3.

Решение. Первые три показателя должны удовлетворять общим требованиям к составу сточной воды, а последние три – значениям ПДК.

Вода в реке содержит взвешенных веществ – 42 мг/дм^3.

Учитывая категорию водопользования (смотри таблицу 5), допустимая концентрация взвешенных веществ в сточной воде не должна превышать:

$$ДК_{ст} = С_в + 0,25 = 42 + 0,25 = 42,25 \text{ мг/дм}^3.$$

Сравнение полученной концентрации (42,25 мг/дм^3) с содержанием взвесей в сточной воде предприятия 60 мг/дм^3 свидетельствует о необходимости улучшения очистки сточной воды. При расчете ПДС необходимо учесть концентрацию $ДК_{ст}$ = 42,25 мг/дм^3.

ПДС для взвешенных веществ рассчитаем по формуле (17):

$$ПДС = q_{ст} \cdot ДК_{ст.}$$

$$ПДС = 720 \cdot 42,25 = 30420 \text{ г/ч}.$$

Минеральный состав сточной воды по сухому остатку, включающему хлориды и сульфаты, не превышают допустимые, поэтому ПДС устанавливают, исходя из фактического состава *С* по известной формуле.

ПДС для минеральных веществ *по сухому остатку* составит:

$$ПДС = 720 \cdot 360 = 259\,200 \text{ г/ч};$$

в том числе для *хлоридов*: ПДС = 720 · 220 = 158 400 г/ч;

для *сульфатов*: ПДС = 720 · 100 = 75 000 г/ч.

Для воды хозбытового водопользования БПК в сточной воде не

должно превышать 3 мг/дм^3. А т. к. в сточной воде предприятия БПК = 80 мг/дм^3 необходимо улучшение очистки сточных вод. ПДС для показателя БПК составит:

$$\text{ПДС} = 720 \cdot 3 = 2160 \text{ г/ч}.$$

Из всех показателей – свинец, бензол и нитробензол – нормируются по санитарно-токсикологическому показателю вредности - по ПДК.

$$\frac{\tilde{N}_1}{\text{ÏÄÊ}_1} + \frac{\tilde{N}_2}{\text{ÏÄÊ}_2} + \frac{\tilde{N}_3}{\text{ÏÄÊ}_3} = \frac{2,0}{0,1} + \frac{1,5}{0,5} + \frac{0,3}{0,05} = 29$$

Это значение должно быть не больше 1, а т. к. оно превышает 1, то необходима очистка для каждого из веществ. Найдем предельное значение в сточной воде концентрации:

- свинца $C_{ст} = 0,05$ мг/дм^3;
- бензола $C_{ст} = 0,1$ мг/дм^3;
- нитрохлорбензола $C_{ст} = 0,015$ мг/дм^3.

Убедимся, что сумма $\frac{0,05}{0,1} + \frac{0,1}{0,5} + \frac{0,015}{0,05} = 1$.

Установленные концентрации используем для расчета ПДС:

- для свинца ПДС = 720 · 0,05 = 35 г/ч;
- для бензола ПДС = 720 · 0,1 = 72 г/ч;
- для нитрохлорбензола ПДС = 720 · 0,015 = 10,8 г/ч.

18.4.3. Определение степени смешения и разбавления сточных вод в водоеме, а также необходимой степени очистки сточных вод

Необходимая степень очистки сточных вод определяется в соответствии с санитарными требованиями к условиям спуска сточных вод в водоемы по вышеприведенной формуле (12):

$$q\,C_{ст} + \gamma Q C_{ф} = (q + \gamma Q)\,C_{к.ст}^{1} \quad ,$$

$$\text{откуда } Ccm < \alpha \cdot Q(C_{ПДК} - C_{Ф}) / q + C_{ПДК},$$

где Q – расход воды в водном объекте 95% обеспеченности маловодного месяца, м^3/с;

q – расчетный расход сточной воды, м^3/с;

$C_{ст}$ – концентрация загрязняющего вещества в сточной воде, при которой ЗВ могут спущены в водоем без нарушения санитарных требований, г/м^3;

$C_ф$ – концентрация загрязняющего вещества в водном объекте до сброса сточных вод (фоновая) (выше места спуска сточных вод), г/м^3;

$C_{к.ст.}{}^1$ – концентрация загрязняющего вещества в контрольном створе или предельно допустимое содержание ЗВ в воде водоема, г/м^3;

γ - коэффициент смешения.

Задача 6. Определение степени смешения и разбавления сточных вод в водоеме у расчетного створа (на 1 км выше по течению от ближайшего населенного пункта)

Определить степень смешения и разбавления сточных вод в водоеме, а также необходимую степень их очистки по взвешенным веществам при следующих исходных данных:

- наименьший среднемесячный расход воды водоема года 95% обеспеченности по данным гидрометеослужбы Q = 21 м^3/с;
- средняя скорость течения на расчетном участке реки $v_{ср}$ = 0,3 v/с;
- средняя глубина реки на расчетном участке $H_{ср}$ = 1,2 м;
- расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа по фарватеру (по течению) L = 11000м;
- расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа по прямой (между центрами конечных створов) $L_{пр}$ = 10000м;
- расход сточных вод принимается по среднечасовому расходу (выпуск сточных вод предусматривается у берега) q = 0,778 м^3/с;
- содержание взвешенных веществ в воде водоема до спуска сточных вод $C_ф$ = 20 г/м^3;
- содержание взвешенных веществ в сточной воде $b_{общ}$ = 298 г/м^3.

Водоем относится к 1-му виду санитарно-бытового водопользования.

Решение.

Коэффициент смешения а определяется по методам В.А. Фролова и И.Д. Родзиллера по формуле

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha\sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{Q}{q} e^{-\alpha\sqrt[3]{L}}},$$

где е – основание натурального логарифма;

Q – расход воды в водоеме, м^3/с;

L – расстояние до расчетного створа по фарватеру, м;

α – коэффициент, учитывающий гидравлические факторы смешения и определяемый по формуле:

$$\alpha = \varphi \cdot \varsigma \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}},$$

где φ – коэффициент извилистости, равный отношению $L/L_{пр}$ (см. обозначения в условиях задачи); для расчетного случая (φ = 11000/10000 =1,1; ζ = 1–для берегового выпуска;

ζ = 1,5 – для выпуска в фарватер реки;

Е – коэффициент турбулентности диффузии; для равнинных рек определяется по форуле М.В. Потапова $E = v_{ср} \cdot H_{ср} / 200$.

Для расчетного случая Е = 0,3 · 1,2 / 200 = 0,0018.

Вычисляем коэффициент α:

$$\alpha = 1{,}1 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{\frac{0{,}0018}{0{,}778}} = 0{,}145.$$

Определяем коэффициент смешения γ:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-0{,}145\sqrt[3]{11000}}}{1 + \dfrac{21}{0{,}788} e^{-0{,}145\sqrt[3]{11000}}} = 0{,}86.$$

Кратность разбавления перед расчетным пунктом водопользования определяем по формуле:

$$n = \frac{aQ + q}{q} = \frac{0{,}86 \cdot 21 + 0{,}788}{0{,}788} = 24{,}3.$$

Задача 7. Определение необходимой степени очистки сточных вод по взвешенным веществам.

Определить необходимую степень очистки сточных вод по взвешенным веществам по условиям задачи 6.

Решение.

Согласно санитарным правилам, предельно допустимое содержание взвешенных веществ в сточных водах, спускаемых в водоем, определяется по формуле

$$m = p(\gamma \cdot Q / q + 1) + C_{ф},$$

где p – допустимое по санитарным правилам увеличение содержания взвешенных веществ в водоеме после спуска сточных вод; для расчетного случая p = 0,25 г/м^3;

$C_ф$ – содержание взвешенных веществ в воде водоема до спуска сточных вод, г/м^3.

$$m = 0{,}25\ (0{,}86 \cdot 21 / 0{,}778 + 1) + 20 = 26{,}05\ \text{г/м}^3.$$

Необходимая степень очистки сточных вод по взвешенным веществам определяется по формуле

$$Э = \frac{b_{общ} - m}{b_{общ}} \cdot 100\%,$$

где $b_{общ}$ – концентрация взвешенных веществ в сточных водах до очистки, г/м^3;

$$Э = \frac{298 - 26{,}05}{298} \cdot 100\% = 91{,}3\%.$$

19. ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

- *Система природоохранного законодательства Казахстана;*
- *Органы управления ОПС в Республике Казахстан;*
- *Международные конвенции и соглашения;*
- *Инструкции и другие нормативно-методические документы.*

19.1. Система природоохранного законодательства Казахстана

Система законодательства Казахстана включает в себя на сегодняшний день законодательные акты – Конституционный закон, Указ Президента Республики Казахстан, имеющий силу конституционного закона, кодекс, закон, Указ Президента Республики Казахстан, имеющий силу закона, постановление Парламента Республики Казахстан, постановления Сената и Мажилиса и подзаконные нормативные правовые акты (включая нормативные правовые акты Правительства, ведомственные и иные нормативные правовые акты). Особое место занимают международные и иные обязательства Республики Казахстан, превалирующая роль которых оговаривается во многих законах.

Рассматривая общую картину правового обоснования природоохранной деятельности в Республике Казахстан следует отметить её дифференциацию на следующие основные группы.

К первой относятся собственно природоохранные (экологические) законодательные акты:

- Закон Республики Казахстан "Об охране окружающей среды" (1997 г.);
- Закон республики Казахстан "Об экологической экспертизе" (1997 г.);
- Закон Республики Казахстан "Об особо охраняемых природных территориях"(1997 г.)
- Закон Республики Казахстан "Об охране, воспроизводстве и использовании животного мира" (1993 г.);

Ко второй группе относятся законодательные акты, обуславливающие использование и охрану базовых компонентов природной среды:

- Водный кодекс Республики Казахстан (1993 г.);
- Лесной кодекс Республики Казахстан (1993 г.);
- Закон Казахской ССР "Об охране атмосферного воздуха" (1981 г.);
- Закон Республики Казахстан "О земле" (2001 г.).
-

К третьей группе законодательных актов относятся документы, относящиеся к отдельным сферам хозяйственной деятельности, связанной с прямым использованием природных ресурсов. В них проблемы охраны окружающей среды играют, хотя и важную, но вспомогательную, регулирующую роль. В неё можно включить:

- Указ Президента Республики Казахстан, имеющий силу Закона "О нефти" (1995 г.) ;
- Указ Президента Республики Казахстан, имеющий силу Закона " О недрах и недропользовании " (1996 г.);
- Закон Республики Казахстан "Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан" (2001 г.).
-

К четвертой группе могут быть отнесены иные законодательные акты, требования которых непосредственно принимаются во внимание при проведении оценки воздействия на окружающую среду. В первую очередь сюда ими являются :

- Закон Республики Казахстан "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" (1994 г.);

- Закон Республики Казахстан "О чрезвычайных ситуациях техногенного и природного характера"(1996 г.);
- Указ Президента Республики Казахстан, имеющий силу Закона “О приватизации” (1995 г.).
- Закон Республики Казахстан "О радиационной безопасности" (1998 г.)
- Закон Республики Казахстан "Об охране и использовании историко-культурного наследия" (1992 г.);
- Закон Республики Казахстан "О стандартизации и сертификации" (1999 г.);
- Уголовный кодекс Республики (1997 г.);
- Кодекс Республики Казахстан об административных правонарушениях (2001 г.) .

Учитывая то, что большинство из вышеперечисленных законо-дательных актов не относится к законам прямого действия, практически каждый из них сопровождается шлейфом подзаконных актов нормативно-методического характера, утвержденных либо Постановлениями Правительства Республики Казахстан либо ведомственными приказами и распоряжениями. В любом случае юридическая правомочность каждого документа, претендующего на межведомственный статус, должна подтверждаться регистрацией в Министерстве юстиции Республики Казахстан.

Особую группу экологического законодательства составляют, как уже говорилось, Международные договоры, которые заключил или к которым присоединился Казахстан.

Кроме того, местные администрации (акиматы) и представительные органы могут издавать свои постановления и решения, действующие в пределах подведомственных территорий.

Основным базовым экологическим законом Казахстана является Закон **«Об охране окружающей среды»** (1997 г.). Этот Закон разрабатывался как головной акт в системе законодательства об охране окружающей среды и был ориентирован на новую систему общественно-экономических отношений в Казахстане. Закон воплотил в себе многие прогрессивные принципы экологического законодательства промышленно развитых стран (об экологическом аудите, экологическом нормировании, экономическом механизме охраны окружающей среды и другие).

В нем отражены основные принципы, которыми необходимо руководствоваться при разработке документации по обоснованию дея-

тельности, затрагивающей состояние окружающей среды на территории Республики Казахстан.

Положения Закона призваны обеспечить права человека на благоприятную для его жизни и здоровья окружающую среду. Основные положения Закона направлены на предотвращение вредного воздействия антропогенной деятельности на окружающую природную среду, сохранение оптимального уровня равновесия в природе и организацию рационального природопользования.

Закон устанавливает принципы платности природопользования и внедрения экономических механизмов охраны окружающей среды. Здесь же определены основные виды природопользования и основные условия их осуществления. Определена система платежей за специальное природопользование.

Закон регулирует вопросы по нормированию качества окружающей природной среды. Сформулированы экологические требования к хозяйственной и иной деятельности, в том числе принципы и обязательность экологической экспертизы для объектов хозяйственной деятельности.

Регламентированы вопросы контроля и надзора, разрешения споров в области охраны окружающей природной среды. Определена ответственность за нарушение природоохранного законодательства и принципы возмещения причиненного ущерба.

Закон способствует усилению государственного регулирования в области охраны окружающей среды и сбалансированному решению социально-экономических задач и проблем окружающей среды.

Следует отметить, что в Закон "Об охране окружающей среды" неоднократно вносились изменения. Причем наиболее существенные внесены *Законом Республики Казахстан от 4 июня 2001 года "О внесении изменений и дополнений в Закон Республики Казахстан "Об охране окружающей среды"*. Они коснулись в основном следующих важных моментов:

- уточнен и расширен понятийный аппарат Закона (Статья 1), в частности предложено ввести новые термины, касающиеся определения ущерба (вреда) окружающей среде, лимитов и квот на загрязнение окружающей среды, удельных нормативов выброса, сброса, дано определение экологической опасности;

- уточнена компетенция Правительства РК, Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РК (как центрального исполнительного органа) и местных органов власти в области охраны окружающей среды. Например,

установление порядка взимания и утверждение ставок платы за загрязнение окружающей среды и использование природных ресурсов изъято из компетенции местных органов власти с переадресовкой их в компетенцию Правительства РК (ст. 7);

- ставки платежей за загрязнение окружающей среды, утверждаемые в настоящее время акимами областей, городов Астана и Алматы, с 2002 г. будут разрабатываться МПРиООС, согласовываться местными представительными органами и утверждаться Правительством (ст. 29)

- из компетенции Правительства изымается норма по установлению порядка и условий проведения обязательного экологического страхования – они должны будут определяться законодательными актами Республики Казахстан (ст.32, п. 4)

- исключены положения о государственных фондах охраны окружающей среды и использовании их средств (ст. 33, 34). Взимание платежей природоохранного назначения будет осуществляться в рамках общей налоговой системы в соответствии с вновь принятым Кодексом Республики Казахстан "О налогах и других обязательных платежах в бюджет (Налоговый кодекс, 2001)" – ст. 63, гл. 82 – 86.

- из Закона исключена ч. 6 ст. 35, содержавшая важную для инвесторов норму, в соответствии с которой предполагалось, что если в стране инвестора или поставщика (производителя) оборудования действуют менее строгие нормативы качества окружающей среды, чем в Республике Казахстан, то такой проект мог быть реализован в Казахстане в соответствии с зарубежными нормативами при наличии положительного заключения государственной экологической экспертизы РК.

Весьма существенную роль в природоохранной деятельности играет **Закон РК «Об экологической экспертизе»** (1997 г.) с последующими изменениями и дополнениями. До настоящего времени также действует (с обновлениями) Положение о государственной экологической экспертизе в Казахской ССР (1991).

Согласно Закону «Об экологической экспертизе» в Республике осуществляется два вида экологической экспертизы – государственная и общественная. Государственная экологическая экспертиза проводится центральным исполнительным органом Республики Казахстан в области охраны окружающей среды и его подразделениями на местах с целью проверки допустимости экологических воздействий, которые могут быть вызваны предлагаемым проектом. Срок проведения государственной экологической экспертизы, как правило, не должен превышать 3 месяцев с возможным продлением в сложных случаях до 6

месяцев. Заключение государственной экологической экспертизы является официальным документом и подлежит обязательному исполнению.

Общественная экологическая экспертиза – вид деятельности, осуществляемой на добровольных началах экспертными комиссиями, создаваемыми по инициативе отдельных групп населения, общественных объединений и научных организаций для экологической оценки любых видов деятельности. Заключение общественной экспертизы носит информационный, рекомендательный характер. Основную свою роль общественная экологическая экспертиза играет при реализации процедуры оценки воздействия на окружающую среду.

В соответствии с принятой в республике концепцией, государственной экологической экспертизе подлежит вся предплановая, плановая, предпроектная и проектная документация. Любая хозяйственная деятельность может реализоваться лишь после получения положительного заключения экспертизы и выданного на его основании разрешения на специальное природопользование.

Действующими нормативными документами Министерства экологии и биоресурсов Республики Казахстан предусматривается охват процедурой оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) всех стадий хозяйственной деятельности – от самых начальных намерений, через проектирование, строительство, эксплуатацию вплоть до ликвидации объекта. Предвидение, оценка экологического риска – это основная задача ОВОС, полноту выполнения которой и призвана проверять государственная экологическая экспертиза. Именно в этом заключается её роль, как важнейшей, профилактической, части общей системы государственного экологического надзора. Ведь предотвращение возможных нарушениий окружающей среды гораздо эффективнее, чем устранение (если это будет возможно) их последствий.

В настоящее время базовой основой проведения экологической экспертизы и являются единые для всей территории СНГ санитарно-гигиенические нормативы, но в ближайшие годы намечается, в соответствии с “Концепцией экологической безопасности Республики Казахстан” переход на региональные экологические нормативы, в большей степени учитывающие специфику природной среды и уровень техногенных нагрузок на различных территориях.

В республике были разработаны нормативные документы по оценке воздействия на окружающую среду и государственной экологической экспертизе:

- Инструкция по проведению государственной экологической экспертизы предпроектных и проектных материалов в Республике Казахстан, Алматы,1997г.;

- Временная инструкция о порядке проведения оценки воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду (ОВОС) в Республике Казахстан. РНД 03.02.01-93., Алматы, 1993г. (В 2001 г. подготовлен и рассматривается в МПРиООС новый вариант).

- В развитие этих инструкций разработаны следующие методические рекомендации:

- Рекомендации по проведению оценки воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на биоресурсы (почвы, растительность, животный мир). РНД 211.3.02.05 - 96;

- Методические рекомендации по оценке воздействия на окружающую среду новой техники, технологий, материалов и веществ, Алматы, РНД 211.3.02.02-1996.);

- Пособие для заказчиков предпроектной и проектной документации по организации изучения и учета общественного мнения при проведении оценки воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду (1997 г.).

Порядок оценки воздействия действующих предприятий определяет "Временная инструкция о порядке проведения экологического аудита (оценки воздействия на окружающую среду и здоровье населения - ОВОС и З) для существующих (действующих) предприятий в Республике Казахстан", РНД 211.3.02.01 – 96 г. (В 2001 г. подготовлен и рассматривается в МПРиООС новый вариант)

Соответствие применяемых в Казахстане подходов к экологической оценке хозяйственной деятельности и международных подходов подтверждена результирующим документом совместного (МЭБР – Всемирный Банк) семинара "О гармонизации процедур Всемирного Банка по Экологической оценке и процедур Республики Казахстан по Оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС)", проведенного в г. Алматы 31 марта – 2 апреля 1997 г. По материалам семинара в министерства и ведомства Республики, в областные администрации, в областные (городские) управления экологии и биоресурсов было направлено циркулярное письмо.

Закон **«Об особо охраняемых природных территориях»** (1997) с учетом поправок, введенных Законом Республики Казахстан от 23 января 2001 г. **"О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам особо охраняемых природных территорий"**, вводит понятия и виды особо охраняемых территорий (ООПТ) и государственного природно-

заповедного фонда. В Республике Казахстан, в зависимости от целей создания, режимов охраны и особенностей использования объектов государственного природно-заповедного фонда, создаются следующие виды особо охраняемых природных территорий:

- государственные природные заповедники, включая биосферные;
- государственные национальные природные парки;
- государственные природные резерваты;
- государственные природные парки;
- государственные памятники природы;
- государственные заповедные зоны;
- государственные природные заказники;
- государственные зоологические парки;
- государственные ботанические сады;
- государственные дендрологические парки;
- государственные природные заповедники-сепортеры.

По сравнению с первоначальным вариантом Закона из перечня исключены:

- леса особо охраняемых природных территорий;
- водоемы, имеющие особое государственное значение или особую научную ценность;
- водно-болотные угодья, имеющие международное значение;
- участки недр, представляющие особую экологическую, научную, культурную и иную ценность.

Теперь эти объекты, сохраняя свое природоохранное значение, будут включаться в состав иных, упомянутых выше особо охраняемых территории и охраняться в соответствии с их природоохранным режимом. В тоже время в качестве самостоятельно функциони-рующих добавлены государственные природные резерваты и государственные природные заповедники-сепортеры.

Наряду с прочими, в основной текст Закона "Об особо охраняемых территорииях" внесены весьма существенные изменения, неоднозначно встреченные экологической и научной общественностью, Статус государственных природных заповедников допускает теперь (ст. 37) на их территории туристскую и рекреациионную деятельность и некоторые иные виды природопользования (в порядке, устанавливаемом уполномоченным органом).

Согласно Закону "Об особо охраняемых природных территориях" все ООПТ находятся в государственной собственности. Законом определены общие правила особой охраны ООПТ, правила установления охранных зон, в пределах которых запрещена любая деятельность,

влияющая на сохранение ООПТ, цели использования ООПТ, определены источники финансирования и методы экономического стимулирования ООПТ, компетенция органов власти, права и обязанности граждан и общественных объединений в области ООПТ, осуществление международного сотрудничества в области ООПТ. Закон вводит систему контроля, а также порядок разрешения споров и ответственности за нарушение законодательства об ООПТ.

Отдельного упоминания заслуживает входящая в состав Закона ст.48 «Государственная заповедная зона в северной части Каспийского моря», в соответствии с которой акватория восточной части Северного Каспия с дельтами рек Волги (в пределах Республики Казахстан) и Урала входит в государственную заповедную зону в северной части Каспийского моря, предназначенную для сохранения рыбных запасов и обеспечения оптимальных условий обитания и естественного воспроизводства осетровых и других ценных видов рыб. В соответствии с требованиями ст. 48, в этой заповедной зоне разведка и добыча углеводородного сырья "обеспечиваются" (очевидно, следует понимать, допускаются) с учетом специальных экологических требований. (смотри ниже, раздел 2.2.)

Законом Республики Казахстан **«Об охране, воспроизводстве и использовании животного мира»** (1993 г.) определен регулирующий механизм в области охраны и воспроизводства животного мира, включая запреты и ограничения в пользовании животным миром, мероприятия по охране среды обитания, условий размножения животных, путей их миграций, охране и разведению животных на охраняемых территориях. Определены основные требования к охране фауны при осуществлении производственных процессов и эксплуатации транспортных средств. Закон определяет порядок государственного контроля, определяет меры ответственности за нарушение законодательства.

Согласно Закона, независимо от организации и видов особо охраняемых территорий, в целях охраны мест обитания редких видов животных выделяются специальные защитные участки территорий и акваторий, имеющие местное значение. На таких участках запрещаются или ограничиваются отдельные виды хозяйственной деятельности.

Рассматривая законодательные акты второй группы, следует отметить, что большинство из них (за исключением закона "О земле") было введено в силу в начале перехода страны к рыночным отношениям, и содержание их в значительной степени отстает от современных реалий, особенно в связи с неоднократным изменением структуры управления в охватываемых ими сферах.

Использование водных объектов и допустимые нагрузки на них определяет **«Водный кодекс Республики Казахстан"** (1993 г.). Кодекс дает определение водного фонда республики. В нем установлена компетенция органов государственной власти и управления в области регулирования водных отношений. Дифференцированы условия пользования водоемами для питьевых, бытовых и иных нужд. Определен порядок проведения работ на водоемах и на территориях водоохранных зон. Регламентированы виды водопользования и условия их осуществления, включая плату за пользование водными ресурсами.

Кодексом устанавливаются основные правовые требования к охране вод и предупреждению вредного воздействия на них, охране подземных вод и малых рек при хозяйственной деятельности. Предусмотрен порядок государственного учета и планирования водопользования.

Закон Казахской ССР **«Об охране атмосферного воздуха»** (1981 г.), который был одним из первых природоохранных законов, устанавливает основные требования и утверждает механизм государственного управления охраной атмосферного воздуха, определяет экономические методы охраны окружающей среды, дает определение экологической экспертизе, Основным регулирующим механизмом в вопросе охраны воздуха являются нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ, уровней вредных воздействий (ОБУВ), а также нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ. Законом определены правила размещения, проектирования, строительства и эксплуатации предприятий, сооружений и других объектов, влияющих на качество атмосферного воздуха; установлены порядок регулирования выбросов вредных веществ от стационарных и передвижных источников загрязнения. В начале 2001г. в Парламент Республики Казахстан внесен проект нового Закона Республики Казахстан "Об охране атмосферного воздуха", который был принят в 2004 году.

"Лесной кодекс" (1993 г.) определяет (ст.1) правовые нормы регулирования отношений по владению, пользованию, распоряжению лесами. Регулирование лесных отношений осуществляется исходя из того, что лес является одним из важнейших компонентов биосферы, имеющим глобальное экологическое, социальное и экономическое значение, состояние которого определяет условия жизни на Земле. Несмотря на видимую безлесность прикаспийского региона следует учесть, что под действие Кодекса попадают древесные и кустарниковые насаждения поймы рек Урала и Эмбы,а земли лесного фонда занимают в Атырауской области около 48 тыс. га, а в Мангистауской области – 242 тыс.га.

Закон Республики Казахстан **"О земле"** (2001 г.) (внесены изменения и дополнения Законом РК от 10.07.01 г. N 227-II) заменил одноименный Указ Президента Республики Казахстан (1995). Планом мероприятий по реализации этого Закона предусмотрена переработка и переутверждение 19 нормативно-инструктивных документов, конкретизирующих порядок применения закона в сфере землепользования и землеустройства в стране, что уже реализовано по 9 наименованиям. Закон определяет состав земельного фонда республики, принципы и порядок пользования землей. Определены компетенция органов государственной власти и управления в области регулирования земельных отношений, права, обязанности и защита прав "собственников земельного участка или землепользователей". Закон предусматривает также законодательный порядок возмещения убытков "собственникам земельного участка или землепользователям". Определены цели и задачи охраны земель, включая правила применения нормативов ПДК химических веществ в почвах. Установлена ответственность за нарушение земельного законодательства и порядок решения земельных споров.

Законом зафиксированы правовые отношения в сфере собственности на землю, определены особенности землепользования для иностранных физических и юридических лиц. Так, в соответствии с пунктом 2 статьи 27 право постоянного землепользования не может принадлежать иностранным землепользователям. Иностранцы, лица без гражданства и иностранные юридические лица, предприятия с иностранным участием могут получать земельные участки в аренду (п.5 ст.29). Земли сельскохозяйственного назначения предоставляются иностранцам и лицам без гражданства во временное землепользование на условиях аренды сроком до 10 лет (п. 4 ст. 79).

Из документов, относящиеся к отдельным сферам хозяйственной деятельности, связанной с прямым использованием природных ресурсов, основное значение для рассматриваемого проекта имеют Указы Президента, имеющие силу Закона Республики Казахстан **«О нефти»** (1995 г.) и **«О недрах и недропользовании»** (1996 г.). Базовые положения этих правовых документов, в том числе в части охраны окружающей среды, во многом были унифицированы в результате принятия Закона Республики Казахстан **"О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам недропользования и проведения нефтяных операций в Республике Казахстан"**(1999 г.)

В Указе Президента Республики Казахстан, имеющем силу Закона, "О нефти", который регламентирует проведение нефтяных операций, имеется 9 глава “Охрана окружающей природной среды, безо-

пасность населения и персонала", состоящая из четырех статей:

- ст.46. Статус природоохранных мер. В ней оговаривается обязательность их применения;
- ст.47. Экологическое основание для подписания контракта. Данная статья обуславливает обязательность проведения ОВОС по материалам ТЭО и получения положительного заключения государственной экологической экспертизы;
- ст.48. Мониторинг. Статья гласит о необходимости создания системы получения оперативной комплексной информации об изменениях в природной среде на весь период нефтяных операций;
- ст.49. Проведение нефтяных операций на море, внутренних водоемах, в зонах чрезвычайной экологической ситуации и на особо охраняемых объектах природы и культуры. Общее разрешение на работы такого рода дается Президентом Республики Казахстан на основании представления Правительства.

В Указ Президента Республики Казахстан, имеющий силу Закона "О недрах и недропользовании", включена аналогичная гл. 6 "Охрана недр и окружающей природной среды". Она состоит из 7 основных и двух дополнительных статей:

- ст.47. Задачи охраны недр и окружающей природной Среды;
- ст.48. Общие экологические требования;
- ст.48-1. Проведение операций по недропользованию в пределах предохранительной зоны;
- ст.49. Требования в области охраны недр;
- ст.50. Экологическое обоснование по проведению операций по недропользованию – данная статья оговаривает необходимость проведения ОВОС и получения положительного заключения государственной экологической экспертизы;
- ст.51. Государственный контроль за охраной недр;
- ст.52. Охрана Участков недр, представляющих особую экологическую, научную, культурную или иную ценность;
- ст.52-1. Особенности охраны и использования участков недр, представляющих особую экологическую, научную и культурную ценность.
- ст.53. Условия застройки площадей полезных ископаемых.

Весьма существенными по значению и объему являются упомянутые выше дополнения и изменения двух названных Законов, внесенные в 1999 г. и коснувшиеся как «экологических» норм этих Законов в целом, так и (особенно существенно) нефтяных операций на море. В них даны новые определения терминов, относящихся в основном к морским или прибрежным проектам. Так, в ст. 1 Закона «О нефти»

дано развернутое определение, помимо прочих, существенных для данного проекта терминов "Загрязнение моря", «Предохранительная зона» (зона, простирающаяся от береговой линии моря на пять километров в сторону суши), «Морская охранная зона» (устанавливаемая правительством 500-метровая буферная охранная зона вокруг морских сооружений – платформ, искусственных островов и других).

Весьма существенным, кроме собственно природоохранных разделов закона, являются требования вновь введенной в Указ "О нефти" Главы 6 – 1. "Проведение Нефтяных операций на море и внутренних водоемах". Входящая в её состав статья 36 – 1 (пункт 3) предусматривает, также как ст. 48 – 1 Указа «О недрах и недропользовании», строгую ответственность, независимо от наличия вины, «за ущерб и убытки, нанесенные окружающей среде и физическим или юридическим лицам в случае Загрязнения моря непосредственно, или в результате повышения уровня моря"

Из конкретных процедурных позиций следует отметить содержащееся в п. 6 статьи 36 – 1 Указа "О нефти" требование, согласно которому "Подрядчики обязаны регулярно организовывать за свой счет транспортировку уполномоченных государством инспекторов для проведения инспекции на Морских сооружениях, используемых в нефтяных операциях" и п. 7, определяющего, что " Подрядчик, осуществляющий Нефтяные операции на море, не вправе начать строительство или размещение Морского сооружения без получения письменного разрешения государственного органа. Для получения разрешения такой Подрядчик обязан обратиться с заявлением в государственный орган не позднее 4 месяцев до начала планируемого размещения либо строительства Морского сооружения. Заявление должно содержать описание, сроки и местоположение планируемого Морского сооружения либо проводимых работ по строительству такого Морского сооружения. Государственный орган обязан рассмотреть заявление Подрядчика, осуществляющего Нефтяные операции на море и принять соответствующее решение не позднее 30 дней с момента подачи заявления".

В развитие основных положений законодательных актов разработана серия нормативных документов (правил, инструкций, методических рекомендаций), некоторые из которых рассмотрены ниже.

“Единые правила разработки нефтяных и газовых месторождений Республики Казахстан” утверждены Постановлением Правительства Республики Казахстан от 18 июня 1996 г. № 745. В правилах имеется развернутый (на 14 страницах) раздел 6 “Охрана недр и

окружающей природной Среды при разработке нефтяных газовых месторождений" состоящий из следующих пунктов:

- 6.1. Общие положения;
- 6.2. Охрана недр и окружающей природной Среды в процессе разбуривания месторождений:
- 6.3.Охрана недр и окружающей природной Среды при разработке месторождений;
- 6.4. Экологическое обоснование целесообразности разработки месторождений.

Содержащиеся в них требования практически полностью повторены в ч. 2 "Единых правил охраны недр при разработке месторождений твердых полезных ископаемых, нефти, газа, подземных вод в Республике Казахстан", утвержденных Постановлением Правительства Республики Казахстан 21 июля 1999 г. № 1019, пункты 293 – 360. Ими оговаривается необходимость использования только современных экологически чистых технологий и оборудования, учет специфики месторождений и характеристик добываемого сырья, а также обязательность прохождения экологической экспертизы на всех стадиях разработки. В документах рассматриваются основные источники воздействия на компоненты окружающей природной среды при разработке месторождений, вводятся необходимые требования и мероприятия, снижающие эти воздействия. Определяется состав и объем материалов экологического обоснования, которое обязательно подготавливается для определения экологической целесообразности разработки месторождений углеводородов.

Ряд нормативных документов посвящен морским нефтяным операциям. В их составе:

- **"Правила безопасности и охраны окружающей природной Среды при строительстве и эксплуатации подводных трубопроводов и кабелей, связанных с нефтяными операциями"** (утверждены Постановлением Правительства РК о 13 июня 1996 г № 732). В "Правила..." включен раздел 10. "Охрана окружающей природной Среды и трубопроводов", освещающий как общие требования, так и подходы к проектированию трубопроводов. Кроме того, имеется специальный раздел 11. "Особые требования безопасности и охраны окружающей Среды, предъявляемые к трубопроводам, предназначенным для транспортировки углеводородного сырья с высоким уровнем содержания сероводорода". Следует отметить, что действие рассматриваемых правил в соответствии с п. 10.1.3. "распространяется на 50-километровую береговую охранную полосу суши и территории подверженные затоплению и действию нагонных волн"

- **“Положение о порядке и условиях выдачи разрешений на строительство и эксплуатацию искусственных островов, дамб, сооружений и установок при проведении нефтяных операций в Республике Казахстан”** (утверждено Постановлением Правительства Республики Казахстан от 24 июня 1996 г. № 772). Данный документ имеет обобщенный характер, но в нем достаточно подробно описано содержание необходимой проектной документации и порядок согласования отдельных разделов и всей проектной документации с Министерствами и ведомствами республики на момент выхода документа.

- **“Положение о порядке проведения морских научных исследований, связанных с нефтяными операциями на море и внутренних водоемах Республики Казахстан”** (утверждено Постановлением Правительства Республики Казахстан от 5 июня 1996 г. № 693). Во втором разделе этого сравнительно небольшого документа подробно расписан порядок получения разрешения на проведение научных исследований, заявка на которые должна подаваться за 180 дней до начала их проведения**.**

- **“Положение о порядке проведения нефтяных операций на море и внутренних водоемах Республики Казахстан”** (утверждено постановлением Правительства Республики Казахстан от 27 января 1997 г. № 105). Пунктом 14 данного положения определено, что “нефтяные операции на море и внутренних водоемах проводятся в установленном порядке в соответствии с утвержденными Правительством Республики Казахстан едиными правилами разработки нефтяных и газовых месторождений” (см. выше).

- В определенной мере при разработке экологических разделов должны также учитываться **“Правила безопасности при проведении нефтяных операций на море и внутренних водоемах”** и **“Технические правила ведения работ при строительстве сооружений при проведении нефтяных операций на море и внутренних водоемах”** утвержденные в 1999г. приказом № 185 Министра энергетики, индустрии и торговли РК по согласованию с МПРиООС и АЧС РК.

- Одним из основных документов, определяющих порядок подготовки экологического обоснования для планируемых работ и виды отчетности по вопросам ООС при производстве работ является **«Инструкция по соблюдению норм экологической безопасности при проектировании и проведении нефтяных операций в акватории и прибрежных зонах морей и внутренних водоемах Республики Казахстан"** (утверждена совместным Приказом Минэнерго и МПРиООС Республики Казахстан в 1999г). Инструкция обеспечивает механизм установления порядка и способов выполнения нефтяных операций в

акватории и прибрежных зонах морей, внутренних водоемов Республики Казахстан и, являясь нормативно-правовым актом управления, содержит нормы и правила, определяющие порядок и условия осуществления работ, в том числе определяет стадии экологического обоснования проведения нефтяных операций и требования к экологическим обоснованиям. Здесь же приводятся требования к обращению со всеми видами отходов. Инструкция определяет порядок действия Подрядчика (Оператора) в случаях возникновения чрезвычайных ситуаций; в инструкции также говориться о том, что Подрядчик обязан до начала нефтяных операций иметь экологическое страхование как часть обязательного страхования нефтяных операций, разработанный и утвержденный в установленном порядке проект ведения работ, необходимые разрешения и систему управления охраной здоровья, труда и окружающей среды. Инструкция определяет полномочия, функции и порядок взаимодействия центральных и местных исполнительных органов в сфере регулирования и контроля вопросов, входящих в сферу экологической безопасности при проектировании и проведении нефтяных операций на акваториях.

Прочие правительственные постановления, выпущенные в развитие Закона “О недрах и недропользовании” также содержат условия соблюдения требований по охране окружающей среды.

Обязательным для рассматриваемого проекта является использование **“Положения о порядке захоронения вредных веществ и сброса сточных вод в недра”** (утверждено постановлением Правительства Республики Казахстан от 18 октября 1996 г. № 1286). В нем четко расписан порядок получения разрешения на охватываемые постановлением операции. Весьма существенными и затруднительными для реализации в морских условиях являются требования п.14 "Проектирование строительства подземных сооружений, связанных с захоронением вредных веществ и сбросом сточных вод в недра, допускается только при наличии достоверных геологических данных, полученных на основе комплекса инженерно-гидрогеологических исследований, о возможности локализации захоронения вредных веществ и сброса сточных вод в определенных границах и об обеспечении гарантии, исключающей проникновение их в соединение участки недр и подземные воды".

Одновременно с данным документом вышло **“Положение о порядке ведения государственного кадастра захоронения вредных веществ, радиоактивных отходов и сброса сточных вод в недра”** (утверждено постановлением Правительства Республики Казахстан от 18 октября 1996 г. № 1285). Седьмой пункт постановления обязывает

организации, в которых образуются подлежащие захоронению отходы, представлять сведения о них в органы охраны недр (Комитет геологии и охраны недр).

Из четвертой группы законов мы остановимся на тех из них, требования которых учитываются в непосредственной деятельности по реализации намечаемых проектных решений. Сюда можно отнести нижеследующие законы.

Закон **«О чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера»** (1996 г.), который ставит под защиту от чрезвычайных ситуаций население, окружающую природную среду и объекты хозяйствования Закон определяет задачи и объекты специализированной экспертизы, порядок финансирования мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, задачи контроля и надзора, ответственность за нарушение законодательства в области чрезвычайных ситуаций.

В Казахстане в настоящее время начинает складываться система страхования экологических рисков. Обязанность создания финансовых резервов для ликвидации чрезвычайных ситуаций и их последствий возложена на субъекты хозяйственной деятельности в рамках добровольного и обязательного государственного экологического страхования.

Закон **«О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»** (1994 г.) определяет права и обязанности граждан и органов государственного управления по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения. В нем установлены основные принципы санитарно-гигиенического нормирования, санитарно-эпидемиологической экспертизы, организации и проведения санитарно-эпидемиологических мероприятий. Закреплены в законодательном порядке санитарно-эпидемиологические требования к хозяйственной деятельности:

- к хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования;
- к качеству атмосферного воздуха;
- к содержанию территорий, сбору и утилизации производственных и бытовых отходов.

Указ Президента Республики Казахстан, имеющий силу Закона “О приватизации” (23 декабря 1995 г.). В него включены две статьи, касающиеся экологических проблем.

Статья 18. Учет экологических требований при приватизации объектов по индивидуальным проектам.

- 1. Продавец обязан представить покупателю информацию об экологическом состоянии объекта приватизации по индивидуальному проекту.

- 2. Покупатель вправе проверить экологическое состояние объекта.

Статья 23. Ответственность собственника приватизированного предприятия за ущерб, причиненный окружающей природной среде.

- 1. Ответственность за ущерб, причиненный окружающей природной среде и здоровью населения в результате хозяйственной деятельности, предшествующей приватизации, несет прежний собственник объекта приватизации - государство.

- 2. Распределение или переложение ущерба, причиненного окружающей природной среде, а также экологических рисков на нового собственника, возможно только с его согласия.

- 3. Ответственность за ущерб, причиненный окружающей среде хозяйственной деятельностью нового собственника, регулируется законодательством Республики Казахстан.

К сожалению, в Указе отсутствует механизм реализации этих статей, не определен порядок оценки состояния природной среды на момент приватизации и процедура разделения ответственности между прежним и новым собственником.

Ответственность за нарушение экологических требований при хозяйственной и иной деятельности, за загрязнение, засорение и истощение вод, загрязнение атмосферы, морских вод; за экологические преступления совершенные на континентальном шельфе Республики Казахстан и в пределах исключительной экономической зоны Республики Казахстан, за нарушение режима особо охраняемых природных территорий, нарушение правил охраны животного мира и другие экологические правонарушения регламентируются Гл. 11. "Экологические преступления" **Уголовного Кодекса РК (**1997 г.) и Гл. 19. "Административные правонарушения в области охраны окружающей среды, использования природных ресурсов" **Кодекса Республики Казахстан об административных правонарушениях** (2001 г.). Процедурные вопросы охраны окружающей среды затрагиваются и многими другими статьями упомянутых кодексов.

19.2. Органы управления ОПС в Республике Казахстан

Функции охраны и контроль за охраной окружающей среды выполняют: государственные органы и общественные организации.

Действующая схема государственного управления охраной природной среды в Казахстане представлена на рис.19.1.

Законодательные функции по вопросам охраны окружающей природной среды возложены на Парламент республики согласно Конституции РК.

Парламент разрабатывает и совершенствует законодательство об охране ОПС, определяет государственную экологическую политику и международное сотрудничество в области использования ресурсов и охраны окружающей среды, осуществляет контроль за исполнением природоохранительного законодательства.



Рис. 19.1. Схема государственного управления охраной природной среды в Казахстане

Исполнителем является Кабинет Министров – занимается организацией исполнения законов по охране природной среды и рациональному природопользованию, руководит деятельностью министерств, госкомитетов и областных администраций по этим вопросам.

Министерство экологии и биоресурсов проводит также государственную экологическую экспертизу, разрабатывает и утверждает правила, нормативы, стандарты и др.

19.3. Международные конвенции и соглашения

С обретением в 1991 г. государственной независимости Республика Казахстан приступила к формированию приоритетов своего развития. Решающее значение для продвижения по этому пути сыграла Конференция ООН по окружающей среде и развитию, состоявшаяся в 1992 г. в Рио-де-Жанейро. На этом форуме Казахстан подписал Рамочную Конвенцию об изменении климата и Конвенцию о биологическом разнообразии, заявив о себе как о полноправном участнике общемирового природоохранного процесса. Казахстан подписал в 1993 г. Конвенцию Всемирной Метеорологической организации, а в 1994 г. Конвенцию о биологическом разнообразии; в 1995 г. ратифицировал Рамочную Конвенцию об изменении климата, а в 1997 г. – Конвенцию по борьбе с опустыниванием, Венскую Конвенцию по охране озонового слоя и Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой.

Район планируемых работ находится вблизи от территорий (дельта Волги и, в ближайшем будущем, Урала), попадающих под действие Рамсарской конвенции (Международная Рамсарская Конвенция об охране водно-болотных угодий, 1971). Согласно условиям этой Конвенции, в районах включенных в список угодий, имеющих международное значение как местообитание водных и околоводных птиц, предусматривается ограничение хозяйственной деятельности, способной нанести вред орнитофауне. Казахстан еще не присоединился к конвенции, но в своей природоохранной деятельности стремится придерживаться ей положений и правил.

В целях обеспечения выполнения на морских судах Республики Казахстан общепринятых международных правил и норм, касающихся безопасности мореплавания и предотвращения загрязнения морской среды было принято Постановление Кабинета министров РК от 4 марта 1994 «О присоединении Республики Казахстан к Международным конвенциям, принятым под эгидой Международной морской органи-

зации (ИМО), и к конвенции об ИМО», в том числе имеющих определенную экологическую направленность:

- Международной конвенции о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения нефтью, 1969 г.;
- Конвенции о международных правилах предупреждения столкновения судов в море, 1972г.;
- Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов, 1973 г, измененной Протоколом 1978 г. (МАРПОЛ 73/78);
- Международной конвенции по охране человеческой жизни на море, 1974 г., измененной Протоколом 1978 г. (СОЛАС 74/78);

В октябре 2000 года был опубликован ряд Законов РК, ратифицирующих несколько международных документов (Конвенций, соглашений) в области охраны окружающей природной среды, непосредственно касающихся проектируемой деятельности:

- Закон РК «О присоединении Республики Казахстан к Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния», 23 октября 2000 г. №89-II ЗРК;
- Закон РК «О присоединении Республики Казахстан к Конвенции о трансграничном воздействии промышленных аварий.", 23 октября 2000 г. №91-II ЗРК;
- Закон РК «О присоединении Республики Казахстан к Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте», 21 октября 2000 г. №86-II ЗРК.
- Закон РК "О присоединении Республики Казахстан к Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер", 23 октября 2000 г. №94 –II ЗРК
- Закон РК "О присоединении Республики Казахстан к конвенции о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды", 23 октября 2000 г. № 92-II ЗРК

При подготовке документов по оценке воздействия следует принимать во внимание также Технический документ Всемирного Банка (Международного банка реконструкции и развития) "Справочное пособие по экологической оценке" т. I-III.

При проведении нефтяных операций должны также учитываться требования руководящих документов международных профессиональных ассоциаций, если предлагаемые требования не идут в разрез с местным законодательством. В числе таких документов могут быть упомянуты следующие:

- Экологические указания по проведению геофизических работ в разных странах мира», Международной Ассоциации Контрактеров – геофизиков (МАПГ);
- Рекомендации Международного форума нефтяной промышленности по разведке и добыче (Форум РД), относящиеся к системам организации охраны труда, здоровья и окружающей среды
- Рекомендации Международной ассоциации буровых подрядчиков (IADC) по охране труда и окружающей среды
- Рекомендации Международной ассоциации геофизических подрядчиков (IACC) по охране труда и окружающей среды

В этих руководствах разработан требуемый набор природоохранных стандартов для проведения различных видов работ и практика показала, что в значительной своей части они вполне совмещаются с требованиями казахстанской нормативно-правовой документации.

19.4. Инструкции и другие нормативно-методические документы

В настоящее время базовой основой проведения ОВОС, экологического сопровождения хозяйственной деятельности предприятий и проведения экологической экспертизы, государственного контроля являются как приведенные в тексте данной главы инструкции, а также ряд иных, весьма многочисленных нормативно-методических документов. В настоящее время нормирование качества окружающей среды в Республике осуществляется на базе государственных стандартов и нормативов (СниП РК; Санитарных правил РК и др.), утвержденных в Республике. Однако считается действующими еще ряд ГОСТов бывшего СССР (Письмо Агентства по стандартизации, метрологии и сертификации Госстандарта РК № 4-3/1696 от 30.10.97 г.).

Разработка природоохранных нормативных актов осуществляется согласно Постановления Кабинета Министров Республики Казахстан от 24 января 1992 г. № 70 «О порядке разработки нормативов качества окружающей природной среды в Республике Казахстан», которое включает в группу нормативов качества следующие критерии:

- нормативы ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе, воде, почве и недрах;
- нормативы предельно допустимого уровня радиационной безопасности;
- нормативы предельно допустимых уровней шума, вибрации, магнитных полей и иных вредных химических воздействий.

Совершенствование нормативно-методической базы проводится в соответствии с Постановлением Правительства Республики Казахстан от 14.01.97 г. № 64 «О работе по дальнейшему совершенствованию подзаконных актов» предусматривающему ускоренный переход на национальные стандарты.

В определенной степени базовыми для нормирования качества окружающей среды являются **«Инструкция по нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферу»** (РНД 211.2.02.01-97) и **«Инструкция по нормированию сбросов загрязняющих веществ в водные объекты Республики Казахстан»** (РНД 211.2.03.01-97), которые определяют порядок установления, согласования и утверждения нормативов выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в окружающую среду. Содержание и объем материалов, которые необходимо помещать в Проект нормативов ПДВ определяется также **«Рекомендациями по оформлению и содержанию проекта предельно допустимых выбросов в атмосферу (ПДВ) для предприятий Республики Казахстан»** (РНД 211.2.02.02.97).

Ряд документов определяет порядок нормирования объемов образования и размещения отходов производства и влияния отходов на окружающую среду:

- Временные методические указания по расчету экологического ущерба от сверхнормативного и несанкционированного размещения отходов (продуктов) (общая концепция) РНД 03.4.0.5.01-96
- Порядок нормирования объемов образования и размещения отходов производства и потребления РНД 03.1.0.3.01 –96
- Методические указания по оценке влияния на ОС размещенных в накопителях производственных отходов, а также складируемых под открытым небом продуктов и материалов. РНД 03.3.04.01-95

Необходимо отметить, что ранее действовавший "Временный порядок выдачи разрешений на природопользование" (1997 г.) утвержденный ведомственными актами природоохранных ведомств, ныне заменен "Правилами выдачи разрешений на загрязнение окружающей среды", утвержденными Постановлением Правительства Республики Казахстан от 6 сентября 2001 года N 1154, изданным в соответствии со ст.7 Закона Республики Казахстан от 15 июля 1997 года "Об охране окружающей среды".

20. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

- Экологическое планирование;

- Управление природопользованием;

- Государственный институциональный механизм управления природопользованием: экологическая экспертиза промышленных предприятий; экологический паспорт предприятия; экономический механизм управления природопользованием.

20.1. Экологическое планирование

Экологическое планирование – это расчет по принципу составления межотраслевого баланса потенциально возможного изъятия (или иной эксплуатации) природных ресурсов или территорий без заметного нарушения существующего экологического равновесия и без нанесения ущерба одной хозяйственной отраслью другим в случае совместного использования ими естественных благ. В основе экологического планирования лежит определение вариантов возможного использования природных благ (природных ресурсов и условий) путем сопоставления природных предпосылок развития хозяйства и его ограничений на данной территории для каждого вида хозяйственной деятельности (промышленный, транспортный, рекреационный, сельскохозяйственный и др.).

Основные принципы экологического планирования заключаются в следующем:

1. Плановое использование отдельных ресурсов не должно превышать возможностей воспроизводства возобновимых ресурсов региона в том же количестве и качестве (например, годичного прироста древесины в случае использования лесных ресурсов).

2. Эксплуатация отдельного ресурса не должна приводить к значительному уменьшению количества и ухудшению качества других ресурсов, взаимосвязанных с первым (например, изменение стока под влиянием вырубки, рекреационных свойств местности и т.п.). С точки зрения пользователей ресурсов необходимо согласование хозяйственных интересов (антимонопольные требования).

3. Общая антропогенная нагрузка на ресурсы не должна превышать предела устойчивости природной среды (восстановительных способностей), таким образом общая ресурсная эффективность региона не должна снижаться.

4. Должна быть обоснована целесообразность в соотношении краткосрочных и потенциальных выгод использования ресурсов региона (например, увеличение доли пашни в сельскохозяйственных угодьях может дать кратковременный эффект, последствия которого приведут к снижению урожайности, усилению эрозии

почвы, что в конечном итоге приведет к значительному экономическому ущербу и долговременному нарушению экологического равновесия в регионе).

5. Формы природопользования наряду с отражением социально-экономических потребностей общества должны учитывать природную специфику региона, что обеспечит устойчивое социально-экономическое развитие в условиях имеющихся экологических ограничений.

Экологическое планирование основано на точном учете природно-ресурсного потенциала и слагается из следующих этапов:

- инвентаризация естественных ресурсов;
- моделирование природно-ресурсного потенциала региона;
- территориально-экологическое планирование;
- социально-экономические оценки и расчеты.

Таким образом, экологическое планирование – это этап в развитии взаимоотношений Природы и Общества, который сменил период неконтролируемого взаимодействия биосферы и человека.

20.2. Управление природопользованием

Управление **–** совокупность мер регулирования состояния системы в целях сохранения ее устойчивости. Понятие управления природопользованием вошло в употребление в бывшем СССР в конце 80-х-начале 90-х годов. В работах Римского клуба проблема управления (в т.ч. глобального) является одной из центральных.

Содержательный смысл управления природопользованием раскрывается в конкретных формах его организации и выбранной системе воздействий.

Цель управления – обеспечить безопасное и устойчивое (сбалансированное) развитие.

Характер систем управления определяется в первую очередь поставленной целью, но он также зависит от характеристик конкретной территории, что влияет на специфику природопользования и требует регионализации систем управления природопользованием.

Системы управления природопользованием зависят также от выбранных способов воздействия – методов управления. Выбор методов управления определяется на основе информационного и нормативно-правового обеспечения процесса управления.

Таким образом, организация системы управления природопользованием включает:

- формирование экополитики;
- конкретизацию целей и задач экополитики, установление приоритетов;
- выработку стратегии природопользования;
- выбор методов управления;
- создание институциональной инфраструктуры для обеспечения управления в сфере природопользования.

Управление природопользованием подразумевает управление действиями людей, включенных в природные системы определенных территорий.

Рассмотрим подробнее отдельные составляющие системы управления.

20.3. Государственный институциональный механизм управления природопользованием

К управлению природопользованием причастны все ветви власти: представительная (законодательная), исполнительная и судебная.

Каждая из них выполняет свои функции и имеет подразделения, специально уполномоченные для управления в сфере природопользования.

К компетенции законодательной власти относится определение основных направлений государственной экологической политики (утверждение экологических программ, порядок организации и деятельности органов управления в области ООС и др.)

В компетенции органов исполнительной власти находится реализация государственной экологической политики (разработка и реализация экологических программ, утверждение экологических нормативов воздействия на окружающую среду).

Административное регулирование охватывает ряд методов управления, среди которых на основе следует выделить:

- стандарты качества окружающей среды (ПДК, ПДД и т.д.);
- стандарты воздействия на окружающую среду (ПДВ, ПДС,ВСВ,ВСС);
- технологические стандарты;
- стандарты качества продукта;
- прямые запреты или ограничения;
- экологические сертификаты (лицензии);
- разрешения и лицензии.

Административно-контрольные методы управления включают:

1) государственную экологическую экспертизу;

2) государственный инспекционный контроль.

20.3.1. Экологическая экспертиза промышленных предприятий

ОВОС, экологическая экспертиза и экологический аудит. Одним из информационно-контрольных методов управления природопользованием и охраной окружающей среды (экологического менеджмента), принадлежащий сфере общественных отношений экологического характера, являющийся одновременно способом изучения и прогноза изменений окружающей среды и здоровья населения, является ОВОС, экологическая экспертиза и экологический аудит. ОВОС – предпроектное экологическое обоснование предлагаемых решений; экологическая экспертиза – комплексная проектная контрольная процедура; экологический аудит – послепроектный экологический анализ – или «ревизия» (экологическая экспертиза уже действующих объектов).

ОВОС – оценка воздействия окружающей среды планируемого к проектированию предприятия.

При проектировании новых объектов, реконструкции уже действующих, или их ликвидации необходимо провести оценку их возможного воздействия на окружающую среду (ОВОС). Впервые методику оценки разработал Научный комитет по проблемам окружающей среды, созданный в югославском городе Скопле. В настоящее время ОВОС проводится во многих странах, в том числе и в Казахстане.

ОВОС несет элементы исследования, выбора альтернатив предлагаемого решения и его экологического обоснования, а также научного прогноза предлагаемой деятельности. Методология ОВОС в дальнейшем используется и при поздних проектных и послепроектных стадиях экологической экспертизы, аудита и экологического контроля (см. экологический мониторинг).

При проведении ОВОС обязательным является формирование целей минимального влияния технического решения на окружающую среду – воздушный и водный бассейны, почву, животный и растительный мир как в настоящее время, так и в перспективе.

Результаты ОВОС являются обосновывающей документацией или заявлением о воздействии на окружающую среду – ЗВОС. ЗВОС перечисляет основные объекты воздействия, среди которых находятся персонал предприятия, рабочая и санитарно-защитная зона, попадающее в зону воздействия население, условия его жизнедеятельности, включая занятость, демографические сдвиги, этнические особенности. ОВОС представляет собой творческий неформальный процесс, обоб-

щающий предыдущий опыт специалистов, глубоко разбирающихся в теоретической и практической стороне проблемы, специалистов смежных отраслей знаний, и интуицию разработчиков. Если не имеется аналогов решаемых задач, то используется методика «мозгового штурма». После создания группы специалистов приступают к их опросу по конкретному вопросу, например, выборе способа очистки сточной воды. Каждый специалист высказывает свое мнение в любой форме: виде анкетирования, интервьюирования, метода Дельфи, мозгового штурма или дискуссии.

Так, метод Дельфи – это процедура анкетирования с обработкой и сообщением результатов каждого тура участникам, работающим инкогнито по отношению друг к другу. В первом туре опроса Дельфи ответы не аргументируются. Полученные данные обрабатываются с целью выделения крайних значений оценок. Если оценка участника сильно отклоняется от среднего значения, то его просят аргументировать свое мнение или изменить оценку.

Обычно после третьего аналогичного тура оценки стабилизируются, что и служит критерием прекращения дальнейшего опроса.

Экологическая экспертиза – проводится для того, чтобы установить соответствует ли хозяйственная деятельность предприятия экологическим требованиям и определить можно ли допустить к реализации объект экологической экспертизы. Это необходимо в целях предупреждения возможных неблагоприятных воздействий в результате деятельности предприятия на окружающую среду и связанных с ними социальных, экономических и других последствий реализации объекта экологической экспертизы.

Реализация проекта, подлежащего экологической экспертизе, без положительного заключения государственной экологической экспертизы запрещается и не подлежит финансированию.

Экологическая экспертиза – независимая, вневедомственная, состоящая из компетентных, не заинтересованных в ведомственности, в местничестве специалистов, оснащенная современным оборудованием.

Теоретически экологическая экспертиза основывается на концепции приемлемого экологического риска (вероятности поражения), это процесс принятия решений, в которых оценивается экологический риск и возможности его предупреждения. Правовой основой экоэкспертизы является Конституция РК, Закон РК «Об охране окружающей среды», Закон РК «Об экологической экспертизе».

Объекты экологической экспертизы. Объекты экологической экспертизы представлены в виде схемы на рис. 20.1.

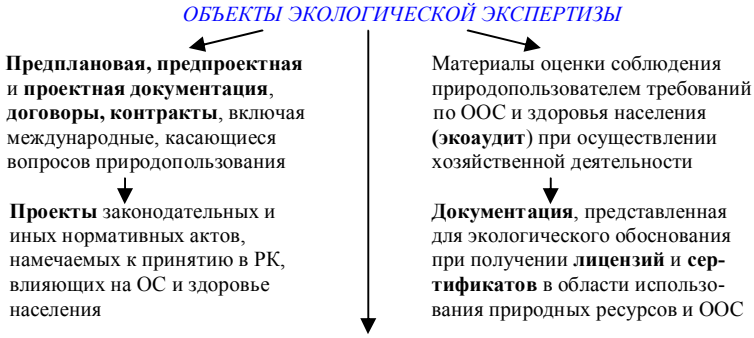


Рис. 20.1. Объекты экологической экспертизы

Виды экологической экспертизы. Виды экологической экспертизы представлены на рис. 20.2.

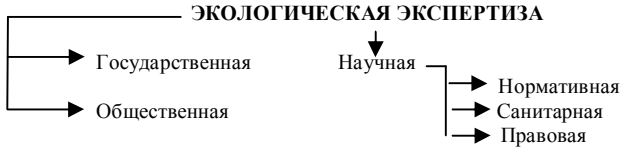
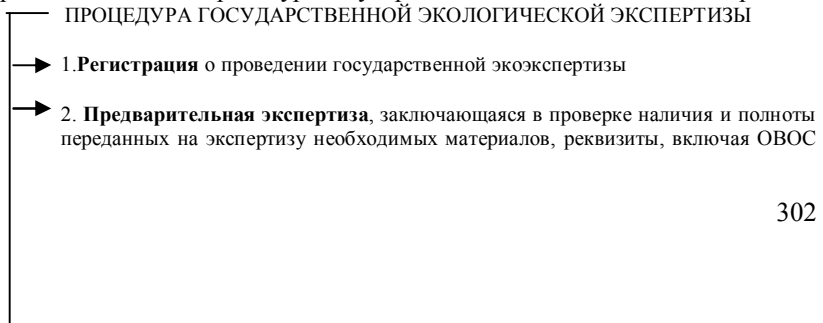


Рис. 20.2. Виды экологической экспертизы

Государственная экспертиза проводится специально уполномоченным государственным органом. При наличии положительного заключения экоэкспертизы открывается финансирование реализации объекта.

Общественная экспертиза организуется и проводится по инициативе граждан и общественных организаций.

Процедура государственной экологической экспертизы. На рис. 20.3 показана процедура государственной экологической экспертизы.



планируемой хозяйственной деятельности, установлении их соответствия действующему законодательству РК и нормативным требованиям

3. **Основная стадия экспертизы**, предусматривающая необходимый уровень экспертизы, аналитическую обработку материалов, проведение сравнительного анализа и частных оценок степени экологической опасности планируемой (осуществляемой) деятельности, достаточности и достоверности обоснованной реализации объектов экспертизы

4. **Заключительная стадия экспертизы** – обобщение отдельных экспертных оценок и результатов экспертизы, подготовку экспертного Заключения с выводами о согласовании материалов или их отклонении

Рис. 20.3. Процедура государственной экологической экспертизы

Экологический аудит – это проведение ревизии экологической деятельности (экологичности) компаний. При этом объективно и систематически, документированно и регулярно проверяется соблюдение компаниями экологических требований законов, законодательных актов и нормативов, обследуется состояние окружающей среды.

Объекты и функции экологического аудита. На рис. 20.4 представлены объекты и функции экологического аудита.

ОБЪЕКТЫ

- Имущество (земельные участки, природные объекты, здания и сооружения, машины и оборудование и пр.)
- Система управления предприятием в чрезвычайных ситуациях
- Текущие операции предприятия (фирмы): производственные, коммерч. и др.
- Программы охраны окруж. среды и обеспечения безопасн. персонала и т.д.

ФУНКЦИИ

- Оценка текущей деятельности предприятия (компании) с точки зрения экологического законодательства
- Обеспечение руководства информацией, необходимой для планирования и управления
- Проверка решений руководства по вопросам, имеющим отношение к охране окружающей среды
- Укрепление доверия к компании со стороны общественности, акционеров, правительства

Рис. 20.4. Объекты и функции экологического аудита

Как правило, процедура экоаудита является добровольной, однако в случае, когда деятельность предприятия явно угрожает окружающей среде и населению, по решению органов исполнительной власти может быть проведен принудительный аудит. Государственный кон-

троль постепенно уступает место «самоконтролю», который выражается в распространении экологического аудита.

Этапы экоаудита. Экоаудит проводится в четыре этапа.

Первый этап – проведение предварительных мероприятий по экоаудированию (выбор первоочередных объектов на основе оценок экологических рисков; составление графиков проведения экоаудита; разработка плана мероприятий по экологическому аудированию).

Второй этап – собственно аудирование (беседы с руководством и сотрудниками; работа с документами, визуальное и инструментальное обследование объекта, лабораторный анализ).

Третий этап – подготовка отчета по экоаудиту, где отмечается соответствие (несоответствие) экологических характеристик объекта международным нормам, национальным законам и стандартам, нормам «самоконтроля» предприятия и взятым обязательствам, даются рекомендации по исправлению нарушений и улучшению экологических характеристик предприятия.

Четвертый этап – реализация результатов экологического аудита (доведение результатов до руководства предприятия, сотрудников, акционеров, общественности, государственных органов, партнеров по бизнесу).

Экоаудит проводится на разных уровнях:

1. внутренний на предприятии;
2. отраслевой (корпоративное);
3. внутригосударственный, инициированный госструктурами;
4. транснациональных корпораций.

Экологический аудит отличается от экологической оценки (ОВОС).

Так, экологический аудит представляет собой оценку воздействия на окружающую среду *в данный момент*, а также экологические последствия хозяйственной деятельности *в предыдущий период*. Экологическая оценка направлена *на будущее*, она описывает потенциальное воздействие предполагаемого проекта в случае его реализации. Проведение экоаудирования предприятий является обязательным условием предоставления займов и кредитов международных финансовых институтов (МБРР, ЕБРР и др.).

20.3.2. Экологический паспорт предприятия

Экологический паспорт промышленного предприятия – нормативно-технический документ, включающий данные по использованию

предприятием природных и вторичных ресурсов и определению влияния производства на окружающую среду.

В природоохранной деятельности предприятия экологический паспорт имеет огромное значение. Информация, содержащаяся в экологическом паспорте, используется для:

- оценки влияния выбросов (сбросов, отходов) загрязняющих веществ и выпускаемой продукции на окружающую среду и здоровье населения и определения платы за природопользование;
- установления предельно допустимых норм выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в окружающую среду; планирования предприятием природоохранных мероприятий;
- контроля за соблюдением предприятием законодательства в области охраны природной среды;
- а также решения других природоохранных задач.

Данные экологического паспорта позволяют провести сравнительный анализ природоохранной деятельности предприятий.

В экологическом паспорте отражаются следующие сведения:

- информация о применяемых предприятием технологиях; количественные и качественные характеристики используемых ресурсов – сырья, топлива, энергии (т.е. того, что предприятие потребляет);
- количественные характеристики выпускаемой продукции;
- количественные и качественные характеристики выбросов (сбросов, отходов) загрязняющих веществ от предприятия.

Паспорт состоит из приложений, каждое из которых характеризует определенное направление природоохранной деятельности. Паспорт ежегодно уточняется и пересогласовывается.

Для составления экологического паспорта используются технологическая документация, показатели работы очистных установок, данные анализа воздушных и водных сред.

Экологический паспорт содержит общие сведения о предприятии, но эти сведения имеют экологическую направленность. Указывается взаимное расположение данного предприятия с граничащими объектами, приводится карта-схема с нанесенными на нее источниками загрязнения атмосферы и поверхностных вод, местами забора воды (водозаборами), складирования отходов; указываются границы санитарно-защитной зоны (площадь от территории предприятия до ближайшей застройки), жилых массивов, лесов, сельско-хозяйственных угодий, транспортных магистралей, зон отдыха, рекреаций (территорий заповедников, музеев, памятников архитектуры), постов наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха предприятием и сбросом сточных вод в водные объекты; дается краткая характеристика района

расположения предприятия: метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющие условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере.

Это необходимо для установления нормативов возможных выбросов вредных веществ в атмосферу, так называемых предельно допустимых выбросов (ПДВ).

Обширной является характеристика выбросов в атмосферу. Для их оценки предварительно проводится инвентаризация всех источников выделения и загрязнения атмосферы. Если источник выделения оснащен газоочистительной установкой, то приводятся подробные сведения о ее работе.

В паспорте приводится характеристика источников водоснабжения и приемников сточных вод, местоположение водного объекта, минимальный среднемесячный расход воды в реке, показатели качества воды выше и ниже выпуска или забора воды. Эти данные затем используются для разработки проекта предельно допустимого сброса (ПДС).

Дается развернутая характеристика водопотребления, водоотведения и очистки сточных вод, которые позволяют вести учет объемов воды, использованной на предприятии, в том числе учет их потерь.

Качество окружающей среды прямо связано с технологическим процессом, поэтому в экологическом паспорте приводится краткая характеристика производства, данные об объеме выпускаемой продукции, технологические схемы с указанием вида исходного сырья и промежуточных продуктов, данные о составе и расходе сырья, вспомогательных материалов и энергоресурсов.

Сведения об использовании земельных ресурсов включают характеристику использования земли под здания и сооружения, склады, дороги, хранилища и свалки твердых отходов, накопители сточных вод, санитарно-защитные зоны.

В экологическом паспорте находит отражение характеристика отходов, образующихся на предприятии: их количество, состав, свойства, места их складирования, методы утилизации и обезвреживания.

Каждое предприятие имеет свой транспорт, в экологическом паспорте отражается его влияние на окружающую среду.

В заключительной части должен присутствовать расчет платы за выбросы, сбросы и размещение отходов загрязняющих веществ.

20.3.3. Экономический механизм управления природопользованием

Под управлением природопользованием понимается совокупность мер регулирования состояния экосистемы в целях обеспечения ее устойчивого и экологически безопасного развития. К числу важнейших механизмов управления природопользованием наряду с правовым, административным, технологическим и др. относится экономический механизм, задача которого представлена схематично на рис. 20.5.

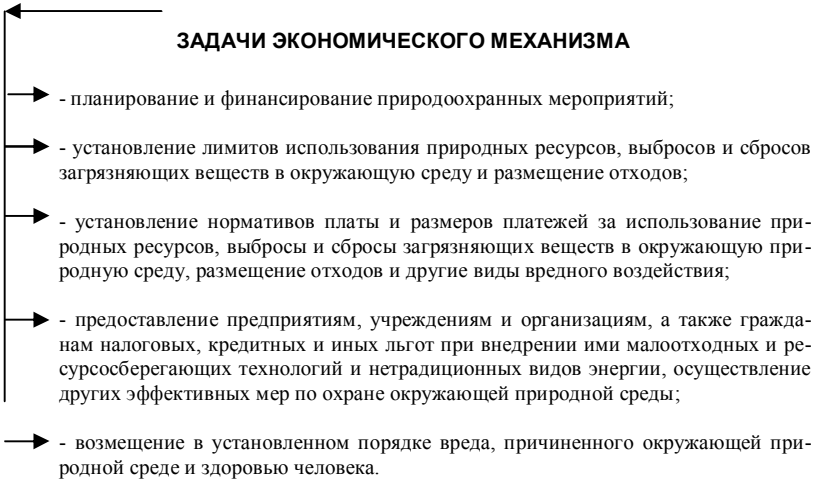


Рис.20.5. Задачи экономического механизма

Как показала практика, решение проблем окружающей среды преиму- щественно на основе административно-правовых методов, путем запретов, ограничений, мер административного и уголовного наказания неэффективно, т.к. не приводит к заметному улучшению состояния природной среды. Сегодня разработаны некоторые экономические механизмы, опирающиеся на материальную заинтересованность предприятий в решении природоохранных задач.

Экономический механизм включает следующие звенья: кадастры природных ресурсов, материально-техническое обеспечение, экологические фонды, платы за пользование природными ресурсами, за загрязнение среды, размещение вредных веществ; экономическое стимулирование; экологические фонды; экологическое страхование (рис.20.6).

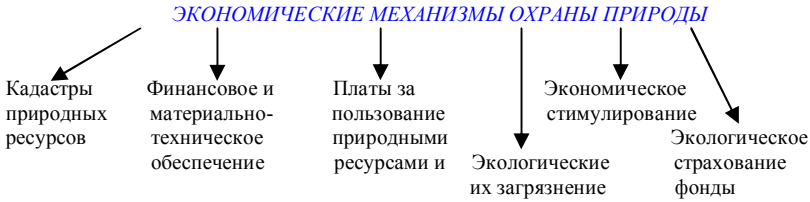


Рис.20.6. Экономические механизмы охраны окружающей природной среды

Основным принципом экономического механизма природопользования является платность, что означает использование природных ресурсов в процессе производства исключительно за плату. В основе принципа платности лежит *стоимостная оценка природных ресурсов*.

Учет и оценка природных ресурсов. Государственные природоохранительные органы Республики Казахстан совместно с органами государственной статистики, природопользователями ведут количественный и качественный учет природных ресурсов и вторичного сырья, определяют их социально-экономическую оценку (кадастры водных объектов, недр, лесов, отходов и др.).

Экономической оценке подлежат все виды природных ресурсов за исключением имеющихся в неограниченном количестве, например атмосферный воздух, вода в Мировом океане.

Экономическая оценка природных ресурсов означает количественное и качественное измерение их потребительной стоимости и предполагает определение народнохозяйственной ценности данного ресурса. Целью данной оценки является создание экономических стимулов, побуждающих предприятия к рациональному использованию и охране этих ресурсов. Экономическая оценка природных ресурсов дает возможность учесть всевозможные потери, связанные с их широким использованием, и оценить в денежном выражении экологические последствия производства на окружающую среду.

Лимиты на природопользование являются системой экологических ограничений по территориям и представляют собой установленные предприятиям-природопользователям на определенный срок объемы предельного использования (изъятия) природных ресурсов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду (ОПС) и размещения отходов производства. Эти лимиты уста-

навливаются специально уполномоченными на то государственными органами РК в области охраны ОПС, исходя из необходимости поэтапного достижения нормативных объемов использования (изъятия) природных ресурсов, ПДВ и ПДС и нормативных объемов размещения отходов производства с учетом экологической обстановки в регионе.

Плата за природопользование является одним из основных принципов закона РК об охране окружающей среды (ст. 3).

1. Плата за природные ресурсы (землю, недра, воды, лес и иную растительность, животный мир, рекреационные и другие природные ресурсы) взимается:

- за право пользования природными ресурсами в пределах установленных лимитов;
- за сверхлимитное и нерациональное использование природных ресурсов;
- на воспроизводство и охрану природных ресурсов (рис.20.7).

Плата за пользование природным ресурсом – это цена потребляемого количества ресурса. Законодательно плата за пользование природными ресурсами включена в состав налоговой системы (т.е. платежи за природные ресурсы являются налогами) (статья 28).

Плата за воспроизводство и охрану природного ресурса – это компенсация бюджетных затрат на осуществление указанной деятельности. При определении размеров этого вида платежа учитываются:

- затраты на воспроизводство природного ресурса;
- системы контроля и мониторинга состояния природного ресурса.

Этот вид платежей включается в себестоимость продукции.

ПЛАТЕЖИ ЗА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Плата за загрязнение природной среды	**Плата за пользование природными ресурсами**	**Плата за другие виды воздействия**
В пределах допустимых нормативов	В пределах установленных лимитов	
В пределах временно согласованных нормативов	За сверхлимитное и нерациональное использование	**РЕГУЛИРУЕТСЯ** Отраслевым природноресурсным законодательством
За сверхлимитное Загрязнение	За воспроизводство	
За размещение		**ПОСТУПАЕТ** на воспроизводство и охрану



Рис.20.7. Платежи за природопользование (по Культелееву С.Т., 2001)

Плата за землю регулируется Законом РК «О Земле» от 24.01.01., а также другими нормативно-законодательными документами.

Формами платы за землю показаны на рис. 20.8.

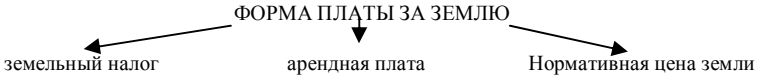


Рис. 20.8. Форма платы за землю

Земельный налог – это плата за право пользования земельным участком. Таким образом, земельным налогом облагаются собственники земли и землепользователи при постоянном землепользовании.

Размер земельного налога устанавливается в виде стабильных платежей за единицу земельной площади в расчете на год. он не зависит от результатов хозяйственной деятельности, но учитывает качественные характеристики земель.

Арендная плата – взимается за землю, предоставленную государством во временное пользование.

Размер арендной платы определяется, исходя из экономической оценки арендуемого участка, затрат на воспроизводство (поддержание состояния). Величина арендной платы базируется на нормативах земельного налога и устанавливается по взаимному соглашению арендодателя и арендатора.

Система платежей при пользовании недрами включает следующие виды платежей (рис.20.9).

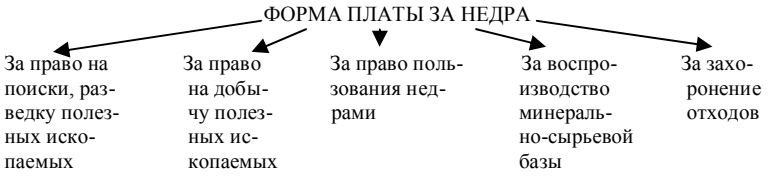


Рис. 20.9. Формы платы за недра

Кроме того, пользователи недр уплачивают налоги, сборы и другие платежи, предусмотренные законодательством. При добыче мине-

рального сырья из лучших месторождений, благодаря чему получена сверхнормативная прибыль, производится акцизный сбор.

Плата за воду определяется по тарифу за 1 м^3 воды, забираемой потребителем из водохозяйственных систем. В целях рационального использования забираемой воды для промышленных предприятий устанавливаются лимиты водопользования (месячные, годовые) (рис.20.10).

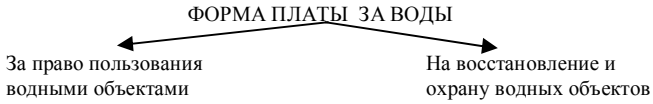


Рис.20.10. Форма платы за воды

Плата за лесные ресурсы и растительные ресурсы. Установлены следующие виды платежей за пользование лесным фондом (рис. 20.11, 20.12).



Рис. 20.11. Форма платы за ресурсы леса

Лесные подати – это плата за все виды лесопользования при краткосрочном пользовании участками лесного фонда. Размер минимальных ставок дифференцирован в зависимости от группы лесных пород, вида древесины и других показателей.

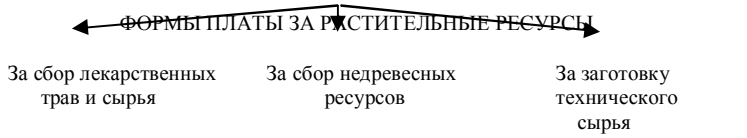


Рис. 20.12. Формы платы за растительные ресурсы

Плата за пользование животным миром представлена на рисунке 20.13.

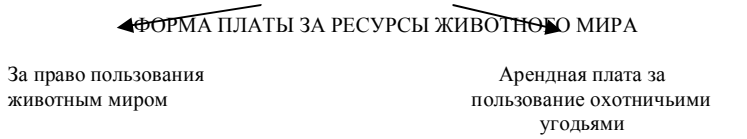


Рис.20.13. Форма платы за ресурсы животного мира

Она включает плату за лицензию на отстрел диких животных. За плату в пользование предоставляются и другие ресурсы животного мира, например, отнесенные к объектам рыболовства и др.

Платежи за загрязнение окружающей среды. Платежи предприятий за загрязнение окружающей среды устанавливаются отдельно за:

- выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, сбросы в водные объекты загрязняющих веществ, размещение отходов и другие виды загрязнения в пределах установленных лимитов;
- за сбросы, выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, размещение отходов и другие виды загрязнения сверх установленных лимитов:

Для расчета размеров платежей устанавливаются региональные нормативы платы (базовые).

Общая величина платежей предприятия за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ и размещение отходов определяются суммированием платежей *за нормативные выбросы (сбросы) и размещение отходов и за их превышение.*

Таким образом, система платежей за природные ресурсы, введенная всего несколько лет назад, стала основным действующим рычагом экономического механизма регулирования природопользования и охраны природной среды.

Экономическое стимулирование. Сущность экономического стимулирования природоохранной деятельности заключается в создании у природопользователей непосредственной *заинтересованности в осуществлении мер природоохранного характера.*

К основным видам экономического стимулирования относятся:

- льготное налогообложение и кредитование предприятий при внедрении мало- и безотходных технологий и производств, использовании вторичных ресурсов;
- применение поощрительных цен и надбавок за экологически чистую продукцию;
- освобождение от налогообложения экологических фондов;
- введение специального налогообложения экологически вредной продукции, а также продукции, выпускаемой с применением экологически опасных технологий и др.

Система налоговых льгот может иметь место при осуществлении природоохранных мероприятий на сумму в размере 30 % и больше за счет прибыли предприятия.

Экономические санкции (штрафы, выплаты и т.п.) за нарушение природоохранного законодательства, превышение допустимых объемов выбросов (сбросов, размещения) загрязняющих веществ выплачивают за счет прибыли предприятия, что также относится к рычагам экономического стимулирования природоохранной деятельности.

Экологические фонды. Согласно Закону РК «Об охране окружающей среды» фонды охраны окружающей среды могут быть государственными и общественными. Фонды образуются из средств, поступающих от предприятий, учреждений, организаций, граждан, а также иностранных юридических лиц и граждан (рис.20.14).



Рис. 20.14. Образование и распределение средств экологического фонда

Финансирование природоохранных мероприятий и экологических программ производится за счет средств бюджетов всех уровней; собственных средств предприятий; экологических фондов; фондов экологического страхования; кредитов банков; добровольных взносов населения и других источников. Источниками финансирования экофондов являются средства, поступающие от природопользователей в виде плат за загрязнение окружающей среды, полученных по искам о возмещении вреда, штрафов за нарушения Законодательства об охране окружающей среды, средств от реализации конфискованных орудий охоты и рыболовства, незаконно добытой продукции, а также иных поступлений, не противоречащих Законодательству РК.

Для решения *неотложных задач* охраны окружающей среды, восстановления потерь в окружающей среде, компенсации причиненного вреда и других мероприятий в области охраны окружающей сре-

ды создается Единая система внебюджетных государственных экологических фондов, объединяющая экологические фонды всех уровней.

Экологическое страхование. Финансовый ущерб окружающей среде, населению, хозяйству, связанный с авариями промышленных предприятий, чрезвычайно велик. Его доля в общем ущербе от загрязнения окружающей среды достигает 25 – 30 %. Возмещение этого ущерба в странах с рыночной экономикой осуществляется в первую очередь за счет владельца предприятия через систему экологического страхования. Только в случаях катастрофических размеров ущерба к его возмещению может подключиться государство.

Экологическое страхование – это страхование ответственности за ущерб, нанесенный окружающей природной среде и здоровью людей.

Предприятие (страхователь) заключает договор со страховой компанией (страховщиком) согласно этому договору, страхователь уплачивает страховой взнос, то есть вносит плату за страховую услугу. А услуга состоит в том, чтобы при наступлении страхового случая выплатить предприятию страховое возмещение, дающее страхователю средства для возмещения ущерба.

Государственное экологическое страхование предприятий, учреждений, организаций, а также граждан, объектов их собственности и доходов на случай экологического и стихийного бедствия, аварий и катастроф, может осуществляться в *добровольной и обязательной форме.*

Добровольное страхование осуществляется на основе договора между страхователем и страховщиком согласно Закону о страховании.

Обязательным является страхование, осуществляемое в силу закона. В соответствии с ним государственные органы выделяют экологически опасные предприятия (в соответствии с классом опасности объекта), подлежащие обязательному страхованию.

Оценка экономических ущербов от негативных воздействий на окружающую среду производят, имея полную информацию о качестве окружающей среды, которую получают по схеме, представленной на рис. 20.15.

В настоящее время разработано множество методик оценки экономического ущерба окружающей среды, представленные на рис. 20.16.

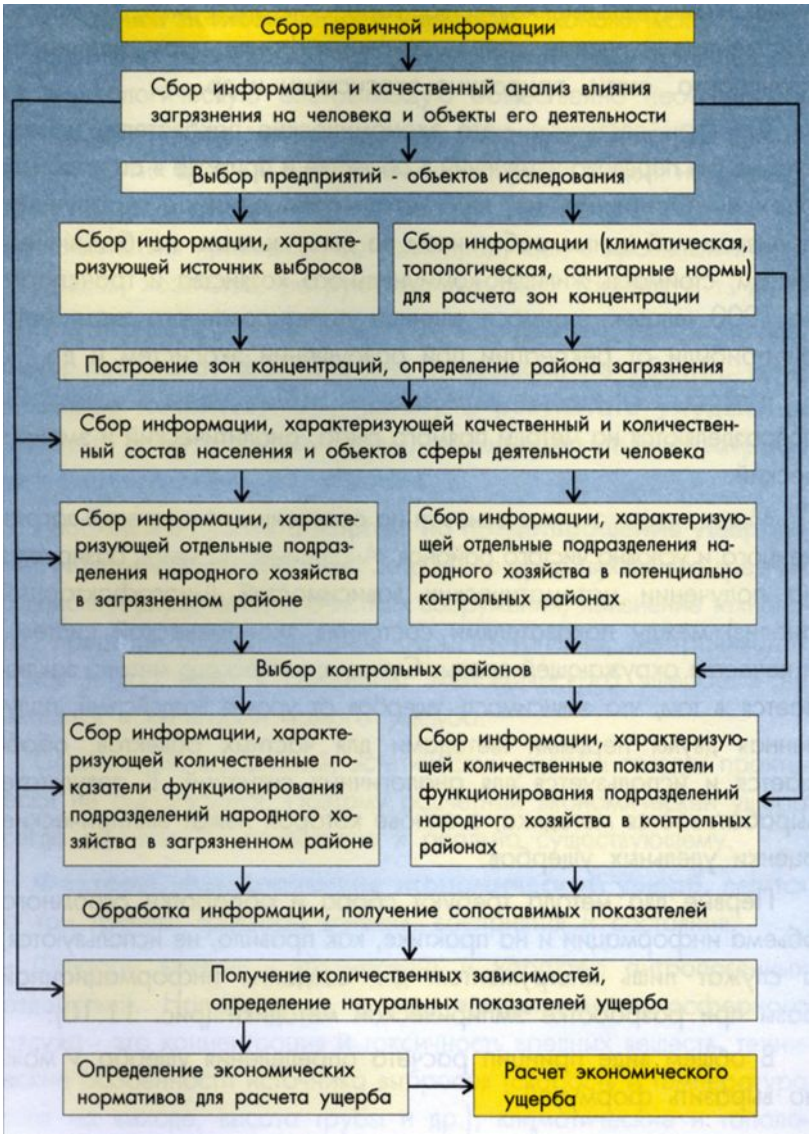


Рис.20.15. Схема сбора информации (по О.Ф.Балацкому, 1984)

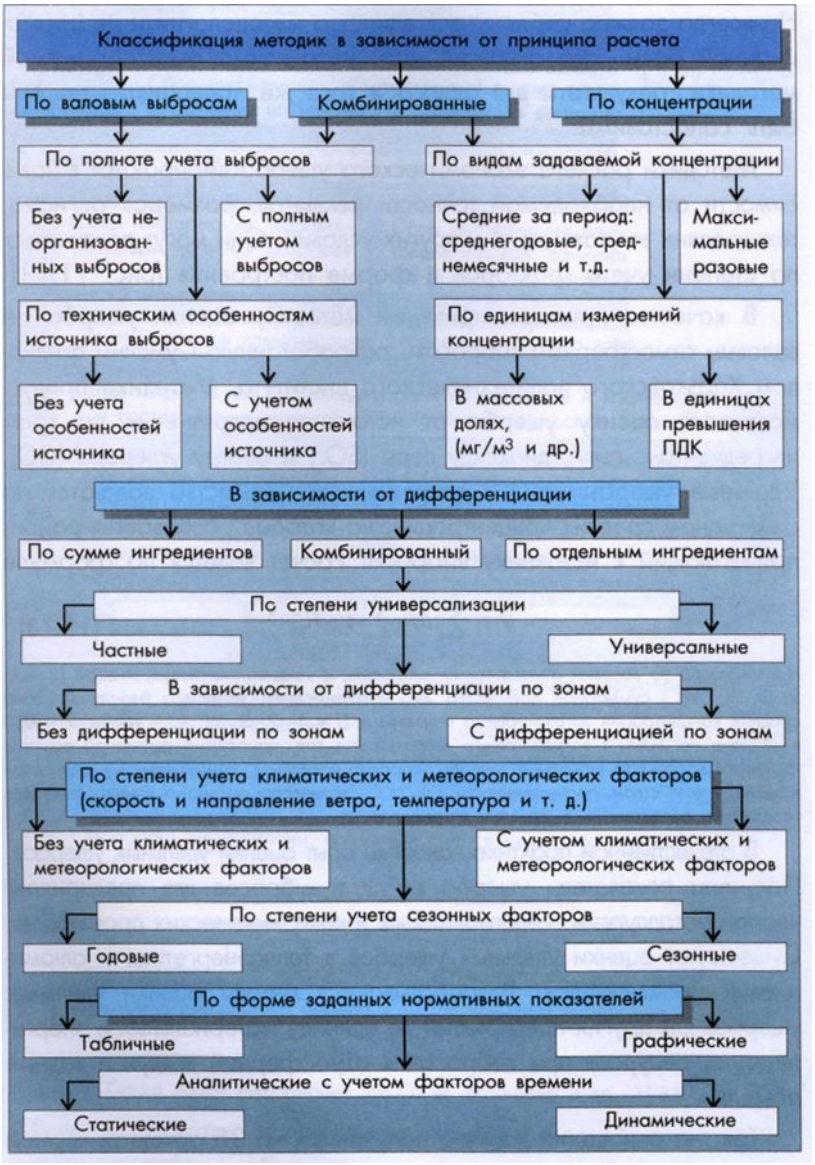


Рис. 20.16. Классификация методик оценки экономического ущерба (по О.Ф.Балацкому, 1984)

Экологический маркетинг. В связи с быстрым развитием современных технологий и процессов, снижающих воздействие на окружающую среду, а также с ускоренным формированием рынка экологических услуг, требуется соответствующее развитие **маркетинговых средств управления**:

- формирования финансовых структур поддержки и экологических действий;
- экологической оценки (аудита) уровня воздействия на окружающую среду;
- экологическое страхование действий компаний; изменение форм отчетности деятельности производителей;
- новые формы рекламы; формирование новых принципов торговли (например, продажа экологически чистых продуктов).

Методы маркетингового механизма управления зависят от типа рыночных методов.

В настоящее время известны следующие основные группы методов управления, используемые на различных стадиях маркетингового процесса, воздействующего на окружающую среду:

- *административное регулирование* – ввод нормативных стандартов и

ограничений, которые должны соблюдать фирмы-производители, а также прямой контроль и лицензирование процессов природопользования;

- *экономические стимулы*, направленные на то, чтобы заинтересовать

фирму-производителя в рациональном природопользовании;

- *система платежей* за загрязнение и *экологических налогов*;
- *распределение прав* за загрязнение и компенсационные платежи.

Так, платежи и налоги являются косвенным рычагом и заключаются в установлении платы за выбросы и сбросы, за использование первичных ресурсов, конечную продукцию и технологию. Если выбросы сокращены фирмами, то они получают специальные выплаты – субсидии (займы, гарантии займов и др.).

В системе экологического маркетинга немаловажное значение имеет экологический аудит.

В настоящее время крупные компании и банки при осуществлении масштабных и долгосрочных инвестиций, предоставлении кредита и подобных рисковых операций, связанных с расширением, модернизацией, приватизацией и другой реорганизацией промышленных пред-

приятий, проводят сами или требуют от партнеров по бизнесу проведения экологического аудита.

Экологический менеджмент. Экологическим менеджментом (ЭМ) называется безопасное управление природными процессами, которое определяется как биологическими особенностями объекта управления (какого-либо производства), так и социально-экономическими возможностями управляющего (человека).

Предметом ЭМ является процесс управления современным производством, которое должно сочетать эффективность производства с охраной окружающей среды (в том числе среды обитания человека), а также с рациональным использованием природных ресурсов.

Стратегией ЭМ в современных условиях экологического кризиса является научно-обоснованное развитие системы «человек-биосфера», которое должно вести к коэволюции природы и общества.

Функции ЭМ. ЭМ выполняет следующие *функции*:

- управление состоянием природных ресурсов;
- управление состоянием социоприродных систем;
- управление состоянием и использованием природных ресурсов;
- управление восстановлением запасов природных ресурсов;
- управление процессами антропогенной нагрузки на природу (регулирование процессов роста народонаселения, урбанизации, загрязнения ОС и использования отходов производства).

Для успешного ведения экологического менеджмента необходимы:

- новое мировоззрение экологической направленности;
- экологическая грамотность и информированность;
- изучение и контроль экологических проблем (мониторинг);
- экологизация всех сфер деятельности;
- экономическая и финансовая поддержка.

21. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ВОСПИТАНИЕ

- *Экологическое образование;*
- *Экологическое воспитание.*



Экологическое образование - целенаправленно организованный, планомерно и систематически осуществляемый процесс овладения

экологическими знаниями, умениями, навыками.

Цель и задача. Вместе с социально-гуманитарным образованием, экологическое образование в современных условиях призвано способствовать формированию у людей нового экологического сознания, помогать им в усвоении таких ценностей, профессиональных знаний и навыков, которые содействовали выходу Казахстана из экологического кризиса и движению общества по пути устойчивого развития.

В 1992 г принят закон РК «Об образовании», который определил проблему «Экологической направленности образования» как принцип государственной политики. Таким образом, законодательно созданы все условия для всесторонней подготовки населения в области экологических знаний.

В целях реализации закона «Об охране окружающей среды» было создано образовательное учреждение по экологии в Казахстане «Эко-центр» – некоммерческая организация, деятельность которой регламентируется действующим законодательством РК.

Вступившая в действие система экологического образования сегодня носит непрерывный, комплексный, междисциплинарный и интегрированный характер, с дифференциацией в зависимости от профессиональной ориентации. Вводится экологизация предметов. Созданы центры по экологическому образованию населения, апробируется и экологический компонент содержания профессионального образования. Специалисты экологического профиля готовятся сегодня во многих университетах, академиях и педагогических вузах Казахстана. Открыты магистратуры и аспирантуры по экологическим специальностям. Развивается международное сотрудничество в области образования по программе ТАСИС, «Болашак».

Координация усилий различных стран в сфере экологического образования осуществляется Организацией Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО). Ее Генеральный директор Ф. Майор, считает необходимым постановку Глобального экологического воспитания в центр всех учебных программ, начиная с дошкольных организаций и кончая вузами и системами переподготовки кадров. По его представлениям, «наше выживание, защита окружающей среды могут оказаться лишь абстрактными понятиями, если мы не внушим каждому…. простую и убедительную мысль: люди – это часть природы, мы должны любить наши деревья и реки, пашни и леса, как мы любим саму жизнь» (1990 г.)

Экологическое воспитание призвано формировать активную природоохранную позицию. Экологическое воспитание, по Н.Ф. Рей-

мерсу (1992 г.), достигается с помощью комплекса природоохранного и экологического обучения, включающего воспитание в узком смысле слова, школьное и вузовское экологическое просвещение, пропаганду экологического мировоззрения.

Впервые общество по охране природы в Казахстане было организовано в 1958 г. под названием «Друзья лесов и садов», которое в 1962 г. преобразовано в «Общество по охране природы Республики Казахстан». 16 июня 1962 г. был издан Указ «Об охране природы Казахстана». 18 июня 1991 г. – вышел Закон «Об охране окружающей природной среды в Казахской ССР». В 1991 г. в Республике образован Государственный комитет по экологии и использованию природных ресурсов. В 1997 г. вышел новый Закон «Об охране окружающей среды». В 1991 г. выпускаются газеты «Атамекен» на казахском языке, «Экокурьер» на русском языке, с 2000 г. газета «Табигат».

Основные цели экологического воспитания в современных условиях, провозглашенные в самых различных манифестациях, кодексах, сводах и т.д., могут быть сведены к следующим постулатам, которые должны быть осознаны, поняты и признаны всеми:

- Всякая жизнь самоценна, уникальна и неповторима; человек ответственен за все живое;
- Природа – была и всегда будет сильнее человека. Она вечна и бесконечна. Основой взаимоотношения с природой должна стать взаимопомощь, а не противоборство;
- Чем более разнообразна биосфера, тем она устойчивее;
- Призрак экологического кризиса стал грозной явью; оказывает на природную среду недопустимое по масштабам дестабилизирующее воздействие;
- Если все оставить так, как есть (или слегка модернизировать), то «уже скоро – спустя всего лишь 20 – 50 лет, Земля ответит одуревшему человечеству неотразимым ударом за уничтожение»;
- Сложившийся в массовом сознании в течении многих лет антропоцентрический тип сознания должен быть вытеснен новым видением мира – экоцентрическим;
- люди должны быть ориентированы и готовы к радикальному изменению системы ценностей и поведения, а именно к отказу от перепотребления (для развитых стран), от установки на многодетную семью (для развивающих стран) и от экологической безответственности и вседозволенности.

Экологическое воспитание должно базироваться на осознании того, что выход из экологического кризиса в современных условиях возможен. Успех в решении глобальной экологической проблемы за-

висит от переоценки ценностей и смены «приоритетов», а также в планировании численности населения, неустанной практической работе по реализации направлений охраны окружающей природной среды. Однако одного только экологического мышления при решении природоохранных работ будет мало, если оно не опирается на прочную экономическую основу. Т.е. при осуществлении концепции экологически устойчивого развития, экология должна развиваться наряду с экономикой с людьми, у которых сформировано экологическое сознание.

Высшей стадией экологизации сознания является *экологическая культура,* под которой понимают весь комплекс навыков бытия в контакте с окружающей природной средой. Все большое число ученых и специалистов склоняются к мнению, что преодоление экологического кризиса на основе экологической культуры – совместном гармоническом развитии природы и человека, отношении к природе не только как к материальной, но и как к духовной ценности. Российские ученые В.И. Данилов-Данильян и К.С.Лосев (1996 г.) утверждают, что человеку надо думать не об управлении эволюцией, а об управлении самим собой – т.е. следованию законам Природы. Человек должен осознавать свою роль в биосфере как один из видов, который, как и все остальные, обязан подчиняться законам развития биосферы.

Мировое сообщество не может существовать без экологической культуры, поскольку без нее трудно рассчитывать на выживание человечества в условиях экологического кризиса. Именно поэтому одним из ведущих международных проектов ООН в области культуры, науки и образования является программа «Экологическая культура». Правила «не повреди» и думать «глобально, действовать локально» обязательны для всех людей (Реймерс, 1992 г.). Во имя жизни на земле человечеству предстоит возродить, сберечь и развивать все основные ценности экологической культуры.

В настоящее время Республика Казахстан участвует в международных проектах по охране окружающей природной среды. С 1995 г. Казахстан подписал межгосударственные соглашения с США, Израилем, Грузией, Киргизией, Узбекистаном; участвует в региональной комплексной программе бассейна Аральского и Каспийского морей при поддержке Всемирного Банка, ПРООН, ЮНЕП; проектах при содействии ТАСИС; «Сточные воды Казахстана», «Питьевая вода», Национальном плане действий по охране окружающей среды для устойчивого развития. Выполняются научные исследования и экологический мониторинг всех регионов Казахстана, успешно внедряется информационно-просветительская деятельность, экологическое образование и воспитание, общественное экологическое движение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вронский В.А. Прикладная экология: Учеб. пособие. Ростов н/Д.: Феникс, 1996. 512 с.

2. Козлова Т.А., Сухова Т.С., Сивоглазов В.И. Экология: Кн. для учителя. М.: Школа-пресс, 1996. 192 с.

3. Экология: Учеб. Пособие / Под ред. С.А. Боголюбова М.: Знание, 1997. 288 с.

4. Воронков Н.А. Основы общей экологии: Учеб. пособие. М.: Агар, 1997. 87 с.

5. Алексеев В.А. 300 вопросов и ответов по экологии. Ярославль: Академия развития, 1998. 240 с.

6. Горелов А.А. Экология: Курс лекций. М.: Центр, 1998. 240 с.

7. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: Учеб. пособие для вузов. М., 1998. 320 с.

8. Экология: Краткий справочник школьника. М.: Дрофа, 1997. 112 с.

9. Реймерс Н.Ф. Экология: Теория, законы, правила, принципы и гипотезы. М.: Молодая гвардия, 1994. 367 с.

10. Киселев В.Н. Основы экологии: Учеб. пособие. Минск.: Універсітэцкае, 1998. 367 с.

11. Верзилин Н.Н., Верзилин Н.М. Биосфера, ее настоящее, прошлое и будущее. М.: Просвещение, 1976. С.58 – 80

12. Воробейков Г.А. Нитраты вокруг нас. С-Пб.: Гидрометеоиздат, 1992. 59 с.

13. Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание: Концептуальная экология. М., 1992. 368 с.

14. Экологическое состояние окружающей природной среды Республики Казахстан и меры по ее улучшению. Государственный доклад. Алматы, 1996. 129 с.

15. Алексеев С.В., Груздева Н.В., Муравьев А.Г. и др. Практикум по экологии: Учеб. пособие. М.: АО МДС, 1996. С. 66 – 68

16. Вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров и врачей / Под ред. Н.В. Лазарева и др. М.: Химия, 1977. Т. 3. 608 с.

17. Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения. М.: Владос, 1998. 384 с.

18. Информационный экологический бюллетень Республики Казахстан. 3 квартал. Алматы, 1993. 13. с.

19. Тлеубергенов С.Т. Полигоны Казахстана. Алматы: Гылым, 1997. 82 с.

20. Экология: задания, тесты. М.: Школа-пресс, 1996. 176 с.

21. Кузьменок Н.М., Стрельцов Е.А., Кумачев А.И. Экология на уроках химии. Минск: Красико-принт, 1996. 208 с.

22. Методы анализа объектов окружающей среды. Сб. статей. Новосибирск, 1988. 142 с.

23. Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды. Минск, 1995. Вып. 9. 163 с.

24. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе. Справочное издание. М.: Химия, 1991. 368 с.

25. Лапицкая М.П. Очистка сточных вод. Примеры расчетов. Минск: Вышэйшая школа, 1969. 168 с.

26. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий ОНД-86. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 93 с.

27. Челноков А.А., Ющенко Л.Ф. Основы промышленной экологии. Минск: Вышэйшая школа, 2001. 343 с.

28. Список ПДК и действующих ОБУВ загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Алматы, 1993.

29. Методика определения размеров платежей за загрязнение атмосферного воздуха передвижными источниками. Алматы, 1996.

30. Рекомендации по оформлению и содержанию проектов нормативов ПДВ в атмосферу вредных веществ для предприятий. Л., Госкомгидромет, 1988.

31. Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы. ОНД-90. С-Пб.: Госкомгидромет, 1992.

32. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах. Л.: Гидрометеоиздат, 1987.

33. Мирзаев Г.Г., Иванов Б.А. Экология горного производства. М.: Недра, 1991. 320 с.

34. Панов Г.Е., Петряшин Л.Ф., Лысяный Г.Н. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности. М.: Недра, 1986.

35. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. М.: Высшая школа, 2001. 273 с.

36. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. – М.: ЮНИТИ, 1998.

37. Мусина У.Ш. Теоретические основы охраны окружающей среды. Учеб. пособие. - Алматы: КазНТУ, 2000. 136 с.

38. Мусина У.Ш., Нуркеев С.С., Сарсенбаев С.О. Промышленная экология. Методические указания к практическим занятиям по дсциплине “Экология” для студентов всех специальностей. Алматы: КазНТУ, 2003. 28 с.

39. Вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров и врачей / Под ред. Н.В. Лазарева и др. М.: Химия, 1977. Т. 3. 608 с.

40. Тлеубергенов С.Т. Полигоны Казахстана. Алматы: Гылым, 1997.

41. Воробейков Г.А. Нитраты вокруг нас. С-Пб.: Гидрометеоиздат, 1992.

42. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия.: Учебник. М.: Логос, 2000.

43. Яковлев С.В., Стрелков А.К. Охрана окружающей среды. М.: АСВ, 1998.

44. Ревелль П., Ревелль Ч. М. Среда нашего обитания. В 4-х кн. М.: Мир, 1994.

45. Агроэкология / Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса М.: Колос, 2000.

46. Лунин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н. Физическая химия озона. М.: МГУ, 1998.

47. Чигаркин А.В. Геоэкология Казахстана. Алматы: Санат, 1995.

48. Судо М.М. Геоэкология. М.: МНЭПУ, 1999.

49. Козлов Ю.С., Меньшова В.П., Святкин И.А. Экологическая безопасность автомобильного транспорта. М.: 2000.

50. Демина Т.А. Экология, природопользование, охрана окружающей среды. М.: Пресс, 1999. 143 с.

51. Сахаев В.Г., Щербицкий Б.В. Справочник по охране окружающей среды. Киев: Будивельник, 1986.

52. Рыбальский Н.Г., Малярова М.А., Горбатовский В.В., Савицкий А.И. Экология и безопасность. Справочник в 3-х томах: Безопасность человека. Т. 1. Экологическая безопасность. Т. 2. Технологическая безопасность. Т. 3. М.: ЭКИП. АУТО, 1994.

53. Кожемякин В.А. Маплоотходные процессы и охрана окружающей среды в металлургии редких металлов. М.: Недра, 1991. 140с.

54. Сагимбаев Г.К. Экология и экономика. Алматы, 1997.

55. Чигаркин А.В. Памятники природы Казахстана. Алма-Ата: Кайнар, 1980. 144 с.

56. Степановских А.С. Охрана окружающей среды. М., 2000.

57. Цветкова Л.И., Алексеев М.И., Усанов Б.П. и др. Экология.: Учебник для технических вузов. М.: АСВ; С-Пб.: Химиздат, 1999.

58. Бродский А.К. Краткий курс общей экологии. С-Пб., 1992.

59. Киселев В.Н. Основы экологии: Учеб.пособие. Минск: Універсітэцкае, 1998.

60. Экология: Учеб. пособие / Под ред. С.А. Боголюбова. М.: Знание, 1997.

61. Степановских А.С. Прикладная экология. Охрана окружающей среды. М.: ЮНИТИ, 2003. 751 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ…….....3
ВВЕДЕНИЕ …….…....4

1. ЭКОЛОГИЯ В СИСТЕМЕ НАУК О БИОСФЕРЕ …….....6
1.1.Краткий исторический очерк развития экологии……..…...6
1.2. Структура современной экологии……....9
1.3. Взаимосвязь экологии с другими науками……..…..12

2. АУТОЭКОЛОГИЯ – ЭКОЛОГИЯ ОСОБЕЙ (ФАКТОРАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ)…….. ..17
2.1. Организмы и среды их обитания ……...17
2.2. Факторы среды…….. ..19
2.3. Закономерности действия факторов среды на организмы .... .22
2.3.1.Закон минимума Либиха ……..…...23
2.3.2. Закон толерантности (оптимума) Шелфорда….……....23
2.3.3. Обобщающая концепция лимитирующих факторов Одума……...25
2.3.4. Адаптация к природным явлениям ……....26

3. ДЕМЭКОЛОГИЯ – ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ И СООБЩЕСТВ.....31
3.1. Популяция – структурная единица вида, единица эволюции…….. ...31
3.2. Классификация популяций ……....33
3.3. Количественные показатели (характеристики, свойства) популяции……....34
3.3.1. Статические показатели популяции……....34
3.3.2. Динамические показатели популяции……....35
3.4. Действие экологических факторов на популяции……....41
3.4.1. Действие экологических факторов ……....42
3.4.2.Закон квантитативной компенсации Чижевского ……....43
3.4.3. Действие биотических факторов в популяциях……....43

4. БИОГЕОЦЕНОЛОГИЯ: ЭКОЛОГИЯ ЭКОСИСТЕМ 49
4.1. Типы экосистем ……....50
4.2.Структура биогеоценозов (экосистем)……..58
4.3.Экологические взаимодействия в экосистеме ……....59
4.3.1.Цепи питания ……...60
4.3.2.Энергия в экосистемах. Закон пирамиды энергий

(правило 10% Линдемана)……..…….... 65
4.3.3.Экологические пирамиды ……...66
4.3.4.Закон убывающей отдачи Тюрго-Мальтуса ……..... 70
4.4.Свойства экосистем. Закон конкурентного исключения Гаузе. «Золотой закон» экологии ……....71
4.4.1. Свойства экосистем……..…….....71
4.4.2. Основной «золотой» закон экологии ……....77
4.4.3. Закон (принцип) конкурентного исключения Гаузе 3

5. ВАЖНЫЕ ЗАКОНЫ И ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ…….....84

6. БИОСФЕРА И БИОСФЕРНО-НООСФЕРНАЯ КОНЦЕПЦИЯ В.И.ВЕРНАДСКОГО…….....89
6.1. Эволюция биосферы ……....89
6.2. Сфера жизни……....91
6.3. Границы биосферы ……....92
6.4. Биосферно-ноосферная концепция В.И.Вернадского…….....95
6.4.1. Учение В.И.Вернадского о биосфере…….....95
6.4.2. Ноосфера – сфера разума……....98
6.5. Функции живого вещества ……..101
6.6. Свойства живого вещества ……..103
6.7. Основные свойства биосферы……..104
6.7.1. Фотосинтез ……..104
6.7.2. Биомасса поверхности суши ……....106
6.7.3. Биомасса почвы ……..106
6.7.4. Биомасса мирового океана ……...107

7. БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРУГОВОРОТЫ……....108
7.1. Характеристика круговоротов ……....109
7.2. Круговорот воды ……..112
7.3. Круговорот углерода ……..……. .114
7.4. Круговорот кислорода ……..117
7.5. Круговорот азота ……..119
7.6. Круговорот фосфора……..122
7.7. Круговорот серы ……..…124
7.8. Круговорот неорганических катионов ……..…126
7.9. Антропогенный круговорот: круговорот ксенобиотиков (ртуть, свинец, хром).....127
8. ЧЕЛОВЕК В ЭКОСИСТЕМЕ. ЧЕЛОВЕК В БИОСФЕРЕ ……..…133
8.1. Человек как биологический вид……..…..133
8.2. Наследственность – фактор здоровья человека……..…133

8.3. Факторы, влияющие на здоровье человека……..……...135
8.4. Человек в экстремальных условиях……....146
8.5. Здоровый образ жизни……..…147

9. ПРОБЛЕМЫ ЦИВИЛИЗАЦИИ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ…….....149
9.1. Проблемы цивилизации……..…149
9.2. Глобальные экологические проблемы ……...149
9.2.1. Угроза ядерной войны……...149
9.2.2. Энергетические проблемы……....150
9.2.3. Демографическая проблема……..157
9.2.4. Продовольственная проблема……..…160
9.2.5. Глобальное загрязнение……....160

10. ГЛОБАЛЬНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ БИОСФЕРЫ…….161
10.1. Виды загрязнения биосферы…….. 161
10.2. Ксенобиотики. Экотоксиканты. Суперэкотоксиканты…....163
10.3. Глобальное загрязнение гидросферы……...…….169
10.3.1. Загрязнение Мирового океана……..…..169
10.3.2. Эвтрофикация водоемов……..170
10.3.3. Кислотные осадки……...…….173
10.4. Глобальное загрязнение атмосферы……..…..…....176
10.4.1. Озоновые дыры ……...…177
10.4.2. Аэрозоли. Смог……..182
10.4.3. «Парниковый эффект»……..187
10.5. Глобальное загрязнение литосферы ……...…..190
10.5.1. Деградация почвы ……..……....…190
10.5.2. Деградация лесов ……..……...191
10.5.3. Деградация растительного и животного мира……...192
10.6. Перестройка пирамиды жизни……...…..192

11. ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ……..... .194
11.1. Природные ресурсы. Классификация……..……..194
11.2. Природопользование……..…….195
11.3.Проблемы использования природных ресурсов……..…….198

12. ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ……202
12.1. Строение гидросферы……....202
12.2. Состав природной воды……205

12.3. Источники загрязнения поверхностных
и подземных вод.……206
12.4. Самоочищение гидросферы……...212
12.5. Очистка сточных вод. . . . . ……213
12.5.1. Механическая очистка . . . . . .……..... ..215
12.5.2. Физико-химические методы очистки .....….... ….217
12.5.3. Химические методы……....219
12.5.4. Биологическая очистка……...….220
12.5.5. Доочистка сточных вод……...222
12.5.6. Обработка осадков……..…223
12.6. Опреснение воды…….……227
12.7. Рациональное использование водных ресурсов
Казахстана……228
12.7.1 Источники загрязнения и истощения водных
ресурсов……..229
12.7.2. Меры по охране и рациональному использованию
водных ресурсов…….…..232
12.8. Конструкции и эксплуатация отдельных
очистных сооружений…….234

13. ОХРАНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ……..…251
13.1. Строение атмосферы Земли……...251
13.2. Приземный слой воздуха……254
13.3. Критерии качества атмосферного воздуха……...…254
13.4. Неблагоприятные метеорологические условия (НМУ) 255
13.5. Очистка пылегазовых выбросов в атмосферу……....258
13.5.1. Очистка газовых выбросов от пыли……..….259
13.5.2.Очистка выбросов от газообразных
токсичных примесей……..263
13.5.3. Выбор метода и оборудования, обеспечивающих
необходимую степень очистки…….....266
13.5.4. Очистка топочных газов от диоксида серы……...267
13.5.5. Очистка отходящих газов от оксидов азота……..…271
13.6. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация
предприятий, сооружений и иных объектов….....274

14. ОХРАНА ПОЧВ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ…….. ... ... .282
14.1. Строение литосферы……..283
14.2. Почвы……...284
14.2.1. Строение почвы……..……..284

14.2.2. Структура почвы ……285
14.2.3. Факторы почвообразования……....286
14.2.4. Функции почвы……....287
14.2.5. Состав почвы……....287
14.2.6. Свойства почвы, важные для плодородия……288
14.2.7. Типы почв……295
14.3. Экологическое состояние земельных ресурсов в Республике Казахстан…….....….296
14.3.1 Земельные ресурсы ……296
14.3.2. Почвы Казахстана ……...298
14.4. Источники, причины загрязнения и истощения земельных ресурсов……....302
14.4.1 Загрязнение почвы……....302
14.4.2. Истощение земель……....303
14.4.3. Эрозия почв: опустынивание ……....304
14.5. Мероприятия по защите почвы……...……..306
14.6. Режим нарушения и рекультивации земель……311
14.6.1. Воздействие промышленных предприятий на земельные ресурсы ……312
14.6.2. Показатели оценки использования земель 318
14.6.3. Пути повышения эффективности использования земель при открытой разработке месторождений……....319
14.6.4. Рекультивация нарушенных земель. ……....….321

15. СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН…….....326
15.1. Современные экологические проблемы РК……..…326
15.2. Инженерные природоохранные мероприятия……..…329
15.3. Малоотходное и безотходное производство……..……..330
15.4. Утилизация и ликвидация твердых отходов……..…..333
15.5. Радиоактивные отходы Казахстана……..……..339

16. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ…....348
16.1. Экологический контроль……348
16.2. Мониторинг…… 350
16.3. Единая государственная система мониторинга окружающей среды и природных ресурсов ……...……...355

16.3.1. Структура системы мониторинга. Виды наблюдений.... 355
16.3.2. Расчет индексов загрязнений (ИЗ)……..…356
16.3.3. Пример проведения мониторинга на радиоактивность...363

17. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ КРИЗИС И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ……..……..369
17.1. Сущность экологической проблемы…….……369
17.2. Концепции и глобальные модели будущего мира……..….370
17.3. Устойчивое развитие в Республике Казахстан…….373
17.4. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды……..….....377
17.5. Межгосударственное сотрудничество РК……384
17.6. Регионы Казахстана, взятые под особую охрану. ……...384

18. СТАНДАРТИЗАЦИЯ И НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ…..……..….389
18.1. Стандартизация в области охраны ОПС…..……...…..389
18.2. Нормирование качества окружающего природной среды ОПС……..391
18.2.1. Гигиеническое нормирование……....395
18.2.2. Санитарно-гигиеническое и санитарно-эпидемиологическое нормирование…….....396
18.3. Нормирование загрязняющих веществ в воздухе ……..398
18.3.1. Определение опасности загрязнения окружающей среды…….....401
18.3.2. Неблагоприятные метеорологические условия……...402
18.3.3. Определение категории опасности предприятия (КОП)…….....406
18.3.4. Расчет ПДВ ЗВ в атмосферу и максимальной приземной концентрации от одиночного стационарного источника……...409

18.4. Нормирование загрязняющих веществ

в водных объектах……. 411

18.4.1. Санитарно-гигиенические ПДК для воды водоемов…....411

18.4.2. ПДС – предельно-допустимый сброс ЗВ

в водные объекты……..……....412

18.4.3. Определение степени смешения и разбавления

сточных вод в водоеме, а также необходимой

степени очистки сточных вод…….....421

19. ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ……....425

19.1. Система природоохранного законодательства Казахстана ……425

19.2. Органы управления ОПС в Республике Казахстан……442

19.3. Международные конвенции и соглашения……..444

19.4. Инструкции и другие нормативно-методические документы……....446

21. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ……...…….....448

20.1. Экологическое планирование……....448

20.2. Управление природопользованием……...449

20.3. Государственный институциональный механизм управления природопользованием…….....450

20.3.1. Экологическая экспертиза промышленных предприятий……..451

20.3.2. Экологический паспорт предприятия..……..456

20.3.3. Экономический механизм управления природопользованием……..……458

21. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ВОСПИТАНИЕ…...…….470

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК……...…….474

СОДЕРЖАНИЕ ……...478

Учебное издание

Нуркеев Самат Сагиевич,
.Мусина Умут Шайхисламовна

ЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

Зав.РО	З.А. Губайдулина
Редактор	М.М. Шаймерденова
Техн.редактор	К.Ж.Кошербаева
Компьютерный набор и верстка	А.К.Алишова

Подписано в печать 30.06.05.

Тираж 500 экз. Формат 60x84 1/16. Бумага типогр.№1. Объем 30,0 п.л.
Заказ № . Цена договорная.

Издание Казахского национального технического университета
им. К.И.Сатпаева

Издательский центр КазНТУ им. К.И.Сатпаева

Алматы, ул.Ладыгина, 32